



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU – GEODETSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB – FACULTY OF GEODESY
Zavod za primijenjenu geodeziju; Katedra za instrumentalnu tehniku
Institute of Applied Geodesy; Chair of Instrumental Technique
Kačićeva 26; HR-10000 Zagreb, CROATIA
Web: <http://www.geof.unizg.hr>; Tel.: (+385 1) 46 39 222; Fax.: (+385 1) 48 28 081

Sveučilišni diplomski studij geodezije i geoinformatike

Usmjerenje: Geoinformatika

Diplomski rad

ANALIZA PROMJENA ZEMLJIŠNOG POKROVA U SPLITSKO-DALMATINSKOJ ŽUPANIJI

Izradila:

Marina Gudelj

Mosećka 109

21000 Split

mgudelj1@geof.hr

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Mladen Zrinjski

2. mentor:

dr. sc. Mateo Gašparović

Zagreb, rujan 2017.

Zahvala:

Zahvaljujem se mentorima izv. prof. dr. sc. Mladenu Zrinjskom i dr. sc. Mateu Gašparoviću na svemu što su napravili za mene, prvenstveno na uloženom vremenu, trudu te stručnim savjetima.

Veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima, koji su mi uvijek bili velika podrška.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET

ZAVOD ZA PRIMIJENJENU GEODEZIJU

STUDENICA: Marina Gudelj

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

U diplomskom radu potrebno je detektirati vrste zemljišnog pokrova u Splitsko-dalmatinskoj županiji u 1987., 2001. i 2016. godini te analizirati promjene koje su se dogodile u tom vremenskom razdoblju.

U tu svrhu je potrebno obraditi sljedeće:

- Prikupiti satelitske snimke
- Objasniti metode detekcije zemljišnog pokrova
- Analizirati i vizualizirati dobivene rezultate

U Zagrebu, 23. veljače 2017.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Mladen Zrinjski

2. mentor:

dr. sc. Mateo Gašparović

I. Autor
Ime i prezime: Marina Gudelj
Datum i mjesto rođenja: 7. 8. 1993., Split, Republika Hrvatska
II. Diplomski rad
Naslov: Analiza promjena zemljišnog pokrova u Splitsko-dalmatinskoj županiji
Mentor: izv. prof. dr. sc. Mladen Zrinjski
2. mentor: dr. sc. Mateo Gašparović
III. Ocjena i obrana
Datum zadavanja zadatka: 23. 2. 2017.
Datum obrane: 22. 9. 2017.
Sustav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad: izv. prof. dr. sc. Mladen Zrinjski dr. sc. Mateo Gašparović prof. dr. sc. Đuro Barković

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu

API	Application Programming Interface
DOS 1	Dark Object Subtraction
DN	Digital Number
EOSAT	Earth Observation Satellite Company
ETM	Enhanced Thematic Mapper
GIS	Geographic Information System
NIR	Near Infrared
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
QGIS	Quantum GIS
OLI	Operational Land Imager
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SWIR	Shortwave Infrared
TIR	Thermal Infrared
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper
UN	United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USGS	United States Geological Survey

Analiza promjena zemljišnog pokrova u Splitsko-dalmatinskoj županiji

SAŽETAK. Tema ovog istraživanja je analiza promjena zemljišnog pokrova u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Istraživanje je provedeno na podacima koji su rezultat daljinskih istraživanja. Analizirano je šest setova satelitskih snimaka misije Landsat, koji prekrivaju područje Splitsko-dalmtinske županije u vremenskom razdoblju od trideset godina. Na snimkama je provedena nenadzirana klasifikacija po metodi K-means temeljem koje su satelitske scene klasificirane u 4 klase: vegetacija, more, neplodno zemljište i izgrađeno zemljište. Nastavno su se provele interpretacija i analiza promjena zemljišnog pokrova. Za obradu satelitskih snimaka, klasifikaciju i naknadne analize korišteni su programi otvorenog koda SAGA GIS i QGIS. Iako, matrice konfuzije između pojedinih setova Landsat satelitskih snimaka pokazuju na visoku podudarnost između klasa (najmanji kappa koeficijent je 0,82, dok je najmanja ukupna točnost 91,39%), ujedno su ukazale i na promjene koje su rezultat socio-ekonomskih zbivanja. Socio-ekonomska zbivanja su paralelno proučena i priložena sa statističkim podacima u programu Microsoft Excel te su rezultati prikazani u obliku grafova i tablica. Kronološki gledano, uočljiv je stalni trend pada postotka zastupljenosti vegetacijskog zemljišta, a povećanje postotka izgrađenog i neplodnog zemljišta. Najveće promjene zemljišnog pokrova uočene su između dvaju setova satelitskih snimaka, koji obuhvaćaju početnu i završnu godinu istraživanja, 1987. i 2016. godinu. Godine 1987. zemljišni pokrov Splitsko-dalmatinske županije obuhvaćao je 74,97% vegetacijskog pokrova, 20,18% neplodnog i 4,85% izgrađenog zemljišta, dok je 2016. godine zemljišni pokrov Splitsko-dalmatinske županije činilo 73,21% vegetacijskog pokrova, 20,76% neplodnog i 6,03% izgrađenog zemljišta. Jasno je uočljivo da postoje razlike u zastupljenosti određenih vrsta zemljišnog pokrova, osobito vegetacijskog zemljišta, čija se površina smanjila za 80,56 km², odnosno 1,76% ukupne površine Splitsko-dalmatinske županije.

Ključne riječi: detekcija promjena zemljišnog pokrova, nenadzirana klasifikacija, Splitsko-dalmatinska županija, Landsat.

Analysis of Changes in the Land Cover of the Split-Dalmatia County

ABSTRACT. *The subject of this research is the analysis of changes in the land cover of the Split-Dalmatia County. The research is based on the results of remote sensing. Six sets of Landsat imagery, which cover the area of Split-Dalmatia County over the period of thirty years, have been analyzed. Unsupervised classification by method K-means was carried out on the imagery, arranging the scene in 4 classes: vegetation, the sea, the infertile area and the built-up area. Further analysis was done by interpreting and analyzing land-cover changes. SAGA GIS and QGIS programs were used for satellite image processing, classification and subsequent analysis. Even though the confusion matrices between certain sets of Landsat imagery indicate high compatibility of classes (the lowest kappa coefficient was 0.82, while the minimum overall accuracy was 91.39%), they also point out the changes which resulted from socio-economic events. Socio-economic events were examined in parallel and, as well as the statistical data, added to the Microsoft Excel software and the results are presented in charts and tables. Chronologically, there is an obvious constant trend in the decrease in the percentage of vegetative and cover, and the increase in the percentage of the built-up area and infertile cover. The greatest changes were detected between two sets of the satellite imagery which cover the first and the final year of the research, 1987 and 2016. In 1987 the land cover of Split included 74.97% of the vegetative cover, 20.18% of the infertile cover and 4.85% of the built-up area. In 2016 the land cover of Split was made up of 73.21% of the vegetative cover, 20.76% of the infertile cover and 6.03% of the built-up area. It is clear that there are differences in the presence of certain types of land cover, in particular of the vegetation land, whose surface area decreased by 80.56 km², or 1.76% of the total area of the Split-Dalmatia County.*

Keywords: *landcover change detection, unsupervised classification, Split-Dalmatia County, Landsat.*

SADRŽAJ

1. UVOD	8
2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA.....	9
2.1. DEFINICIJA I CILJEVI DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA	9
2.2. ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE	11
2.3. ELEKTROMAGNETSKI SPEKTAR	13
2.4. INTERAKCIJA S ATMOSFEROM	14
2.4.1. Raspršivanje	14
2.4.2. Apsorpcija	16
2.4.3. Lom valova	17
2.5. INTERAKCIJA S POVRŠINOM.....	17
2.5.1. Spektralni potpis	18
2.6. VRSTE SENZORA	18
2.7. TRANSMISIJA PODATAKA IZ SATELITA U PRIJAMNE STANICE NA ZEMLJI.....	19
3. SATELITSKA MISIJA LANDSAT	20
3.1. LANDSAT 4 I LANDSAT 5	21
3.2. LANDSAT 7.....	23
3.3. LANDSAT 8.....	25
4. KLASIFIKACIJA	26
4.1. NADZIRANA KLASIFIKACIJA	26
4.2. NENADZIRANA KLASIFIKACIJA.....	27
4.3. OCJENA TOČNOSTI KLASIFIKACIJE	28
5. SPLITSKO-DALMATINSKA ŽUPANIJA.....	29
6. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	32
6.1. PREUZIMANJE SATELITSKIH SNIMAKA.....	32
6.2. KORIŠTENI SOFTVERI ZA OBRADU SATELITSKIH SNIMKI.....	32
6.3. POSTUPAK DOBIVANJA REZULTATA	34
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	38
7.1. REZULTATI KLASIFIKACIJE ZEMLJIŠTA PO GODINAMA.....	38
7.1.1. Stanje 1987. godine.....	38
7.1.2. Stanje 2001. godine.....	39
7.1.3. Stanje 2016. godine.....	41
7.2. DETEKTIRANE PROMJENE ZEMLJIŠNOG POKROVA.....	42

7.2.1. Promjene zemljišnog pokrova 1987.–2001. godine.....	42
7.2.2. Promjene zemljišnog pokrova 2001.–2016. godine.....	44
7.2.3. Promjene zemljišnog pokrova 1987.–2016. godine.....	45
7.3. INTEGRACIJA SOCIO-EKONOMSKIH POKAZATELJA S DETEKTIRANIM PROMJENAMA ZEMLJIŠNOG POKROVA	48
8. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA	52
MREŽNE ADRESE	54
POPIS SLIKA.....	57
POPIS TABLICA.....	58
ŽIVOTOPIS	59

1. UVOD

Tijekom evolucije čovjeka iz osobe koja živi u skladu s prirodom i njenim zakonima, odnosno nomada, u čovjeka koji „vlada“ prirodom i postavlja joj zakone, značajno i trajno je promijenjen izgled Zemljine površine. Sjedilački način života je rezultirao time da je danas mali postotak Zemljine površine ostao lišen čovjekovog utjecaja. Intenzitet interakcije čovjeka i prirode je uzrokovan socio-ekonomskim čimbenicima. Globalni trend rasta broja stanovnika praćen gospodarskim rastom uzrokuje promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta. Rastuća potražnja sadržaja koji su nužni za napredak, moglo bi se reći i za opstanak, poput stanova, tvorničkih postrojenja, prometne infrastrukture i dr., zadovoljena je promjenom pokrova zemljišta. Većinom se smanjuje udio zemljišnog pokrova prekrivenog vegetacijom i neplodnim zemljištem, dok se s druge strane povećava postotak izgrađenog zemljišta.

Za istraživanje Zemljine površine prikladne su tehnike daljinskih istraživanja pomoću kojih nije nužan fizički kontakt s predmetima i fenomenima od interesa. Tehnikama daljinskih istraživanja prikupljaju se podaci o velikim područjima brzo te zadovoljavajuće kvalitete. Landsat satelitska misija već preko 40 godina svojim satelitima prikuplja multispektralne snimke Zemljine površine koje su dio arhive neprocjenjive vrijednosti za znanstvena istraživanja. Satelitske snimke daju stanje Zemljine površine u određenom trenutku, na određenom mjestu pomoću vrijednosti piksela. Za potrebe ovog rada preuzete su satelitske snimke Landsat 5, Landsat 7 i Landsat 8 satelita u vremenskom periodu od trideset godina, odnosno 1987., 2001. i 2016. godine. Praćenjem i manipulacijom tih snimki kroz neki vremenski period dobivaju se brojke koje su osnova daljnje analize podataka.

Znanstvenici još nisu pronašli model kojim bi analizu promjene pokrova zemljišta uniformno opisali prema nekom standardiziranom obrascu. Intenzitet i količina promjene nisu jednaki za sva područja stoga se najbolje opisuju pomoću parametara koji vrijede za lokalne uvjete. U ovom radu će se osim brojčanih podataka o količini i udjelu određene vrste zemljišnog pokrova priložiti i integrirati statistički podaci o socio-ekonomskim prilikama kako bi se što bolje objasnio intenzitet promjena na području Splitsko-dalmatinske županije. Kartografskoj vizualizaciji stanja zemljišnog pokrova određenih godina, dat će se i statistički podaci koji su uzročno-posljedično povezani s promjenama u obliku tablica i grafova.

2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA

Daljinska istraživanja razvila su se u svrhu promatranja površine Zemlje (njenih resursa) i promjenama na njoj posredstvom reflektiranog ili emitiranog elektromagnetskog zračenja. Prvi specijalisti koji su se bavili daljinskim istraživanjem bili su astronomi koji su promatrali objekte oko Zemlje poput Isaca Newtona i Galilea Gallileia. Povijest daljinskih istraživanja je relativno kratka u odnosu na ljudsku povijest. Glavna prekretnica u razvoju daljinskih istraživanja je otkriće fotografije u 19. stoljeću. Fotografija je krucijalna komponenta za preslikavanje Zemljine površine te praćenje pojava i fenomena na njoj (Bajić 1999).

2.1. Definicija i ciljevi daljinskih istraživanja

Ljudi su vizualna bića i uvijek su znali da je stvari puno lakše razumjeti, ako ih vide nego da ih samo čuju ili pročitaju. Čak i jednostavna slika može bolje opisati neki fenomen nego tekst ili kako se kaže: „Slika vrijedi tisuću riječi“. Proučavajući, čitajući i analizirajući slike, ljudi postaju sve uspješniji u njihovoj interpretaciji. Slike nam daju prostornu dimenziju objekata, informacije o njihovom položaju, veličini i odnosu među njima.

Definicija daljinskog istraživanja je široka i odraz je različitih područja primjene. Neki od njih su poprilično veliki, drugi dosta ograničeni, ali svi imaju nešto zajedničko (Oštir 2006).

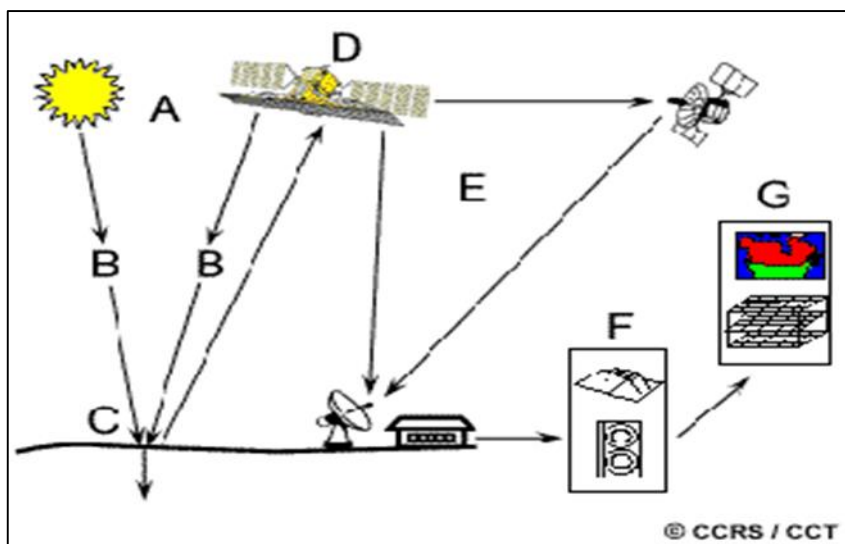
Daljinska istraživanja su znanost i tehnologija prikupljanja, obrade i analize snimka, zajedno s drugim fizikalnim podacima o Zemlji i ostalim planetima, pomoću senzora u svemiru, zraku i na površini (URL 1). Daljinska istraživanja koriste elektromagnetsko zračenje kako bi prikupili informacije o oceanima, Zemljinoj površini i atmosferi bez fizičkog kontakta s objektima, površinom ili fenomenima koji se proučavaju (Martin 2014).

Cilj daljinskih istraživanja je brzo i ekonomično dobivanje podataka i informacija zadovoljavajuće preciznosti, prvenstveno relativno velikih područja. Naime, ovom tehnikom moguće je po želji veliki dio Zemljine površine slikovito topografski prikazati i ispitivati, a sustavnim, ponavljanim snimanjem moguće je pratiti i registrirati dnevne, sezonske i godišnje promjene. To se posebno zapaža na snimcima dobivenim s pomoću umjetnih Zemljinih satelita sukcesivnim, ponovljenim letom satelita iznad istog područja. Tako se npr. mogu dobro zapažati i pratiti dinamika razvoja različitih fenomena, kao što su šumski požari, vulkanska aktivnost, veća klizanja zemljišta, razvoj usjeva i procjena prinosa, stanje šumske vegetacije, poplave, temperature površine Zemlje na različitim visinama i intenzitet klorofila u površinskom dijelu morske vode, te njihovi učinci, zatim zagađenje okoliša (kopna, mora i

atmosfera), površinska eksploatacija mineralnih sirovina i dr. Iz navedenog možemo zaključiti da je osnovni cilj daljinskih istraživanja prikupljanje željenih informacija na temelju aerosnimaka i satelitskih snimaka (Oluić 2001).

Daljinsko istraživanje je postupak koji se temelji na interakciji zračenja upadnog elektromagnetskog vala (svjetla) na promatrani objekt. Pri tome se obično može razdvojiti na sedam sastavnih dijelova (slika 1) (Oštir 2006):

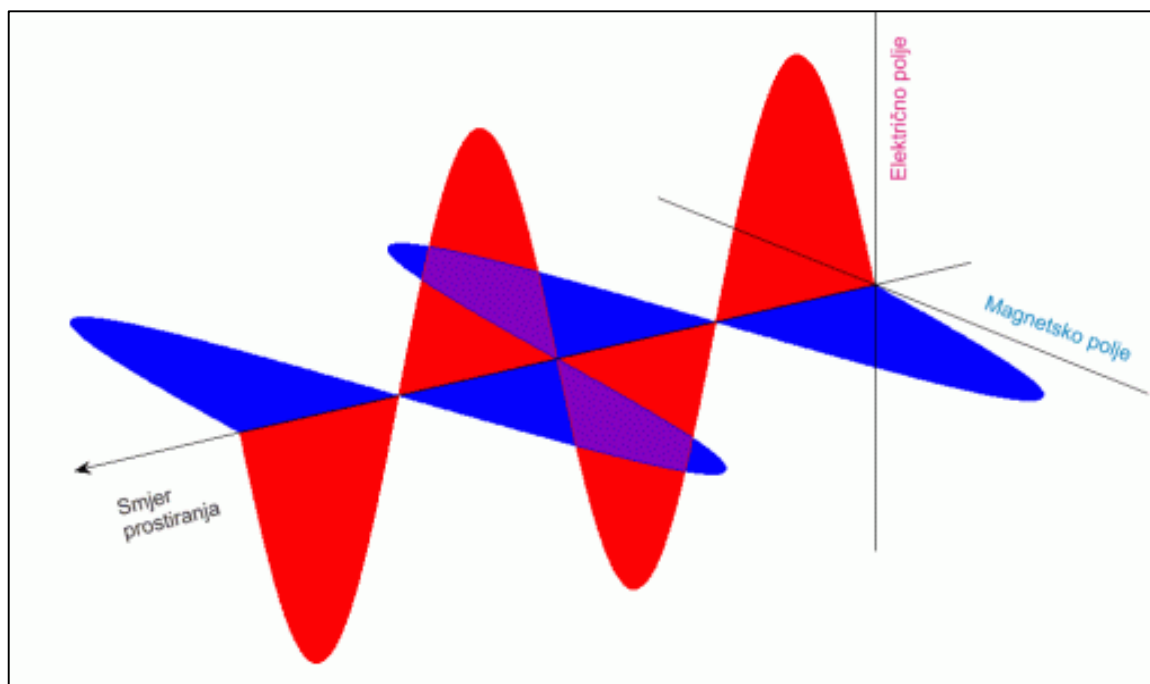
1. Izvor elektromagnetskog zračenja (A) – prvi uvjet za daljinsko istraživanje je izvor elektromagnetskog zračenja, bilo da osvjetljavamo ili promatramo predmete koji sami zrače. Najčešći izvor zračenja je Sunce, u daljinskom istraživanju se koristimo i umjetnim izvorima (radarske antene) i iskorištavanjem vlastitog (toplinskog) zračenja objekta.
2. Putovanje kroz atmosferu (B) – kada valovi putuju kroz atmosferu, s njom komuniciraju. Pri tome, prelaze slojeve atmosfere u jednom smjeru (od površine do senzora) ili u dva smjera (izvor energije – Sunce ili aktivni instrument – do površine i natrag).
3. Interakcija s površinom (C) – kada val dosegne Zemljinu površinu, on s njom komunicira. Način komunikacije ovisi o svojstvu površine i o svojstvu valova.
4. Zapisivanje valova senzorom (D) – nakon što se valovi rasprše na površini ili se emitiraju, mora ih detektirati senzor (koji je na udaljenosti, nije u kontaktu s objektom). Senzori detektiraju elektomagnetske valove i pretvaraju ih u običan zapis (fotografski ili digitalni zapis).
5. Prijenos, prijem i obrada (E) – signali snimljeni pomoću senzora, moramo preuzeti, obično u elektroničkom obliku s radio valovima na prijemnim stanicama na Zemlji. Prijemne stanice analiziraju podatke i od njih stvaraju sliku, tiskanu ili (i) u zadnje vrijeme najčešće digitalnu.
6. Interpretacija i analiza (F) – obrađene slike objašnjavamo, što se može učiniti vizualno ili (i) digitalno, te se pokušava izvući što više informacija o promatranom objektu.
7. Korištenje (G) – posljednji, ali vjerojatno najvažniji element u procesu, korištenje informacija daljinskog istraživanja koje smo dobili interpolacijom (tumačenjem) ili rješavanjem problema.



Slika 1. Princip daljinskih istraživanja (URL 2)

2.2. Elektromagnetsko zračenje

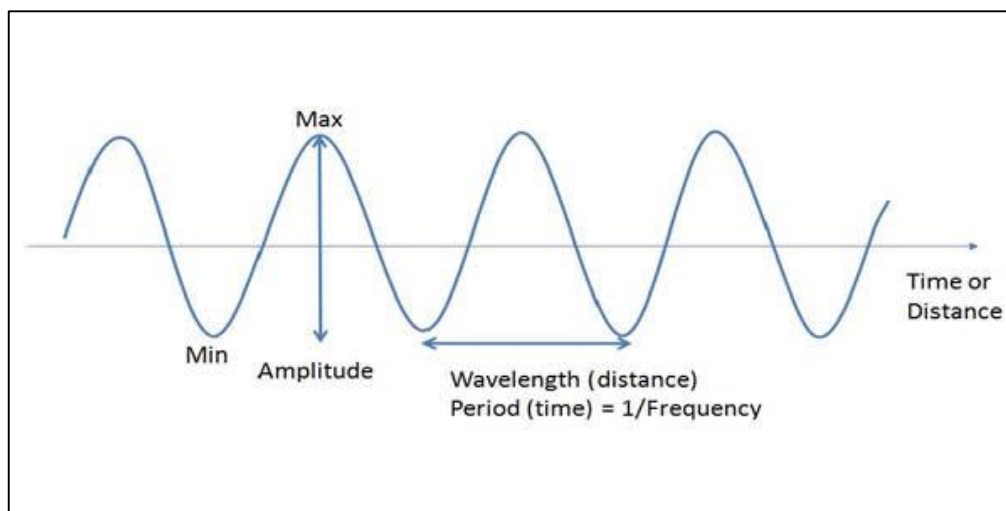
Elektromagnetsko zračenje je kombinacija oscilirajućeg električnog i magnetskog polja koja zajedno putuju kroz prostor u obliku međusobno upravnih valova (slika 2). Ovo zračenje je nosilac elektromagnetske interakcije (sile) i može se interpretirati kao val ili kao čestica, ovisno o slučaju. Čestice koje određuju elektromagnetsko zračenje su fotoni (URL 3).



Slika 2. Elektromagnetski val (URL 4)

Svaki val, pa tako i elektromagnetski, opisuju sljedeća tri svojstva ili parametra (slika 3):

- valna duljina (λ)
- frekvencija (ν)
- amplituda (A).



Slika 3. Svojstva vala (URL 5)

Valna duljina (λ) daje udaljenost između uzastopnih točaka, koje osciliraju s jednakom fazom (brijegovi, dolovi), frekvencija (ν) je mjerilo za broj oscilacija u jedinici vremena. Frekvencija i valna duljina su međusobno povezani preko brzine zračenja:

$$c = \lambda \nu, \quad (1)$$

gdje je c brzina svjetlosti, koja je u praznom prostoru (vakumu) konstantna i iznosi $c_0 = 299792458 \text{ m/s} \approx 300000 \text{ km/s}$. U svim medijima (tvarima) je brzina svjetlosti manja nego u vakumu.

Elektromagnetski val se ponaša kao val i kao tok fotona, što nazivamo dualizam. Elektromagnetske valove opisujemo kao valove obzirom na brzinu širenja, valne duljine ili frekvencije. Kad ga opisujemo kao struju čestica dajemo mu energiju (E). Potonji je izravno povezan s frekvencijom:

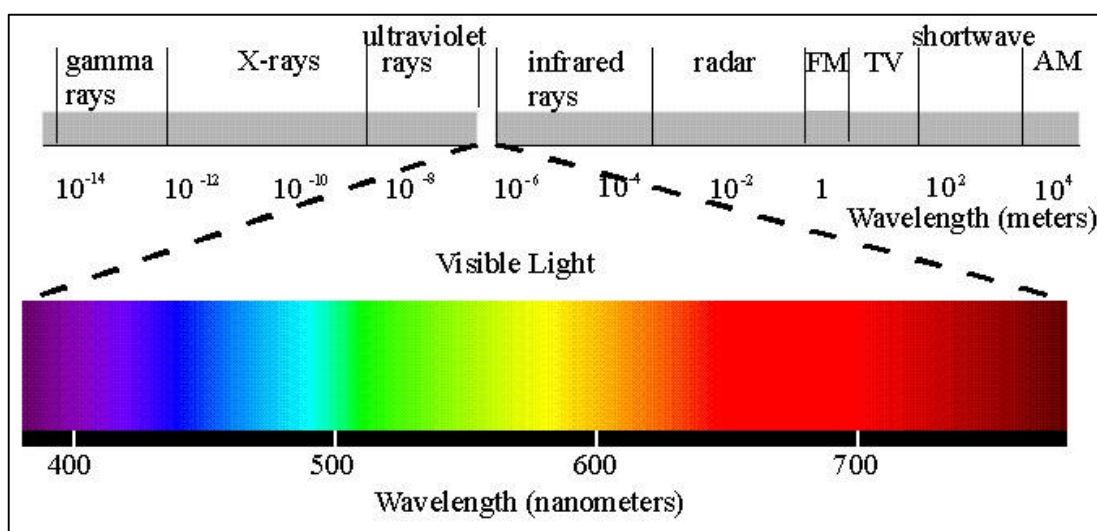
$$E = h\nu, \quad (2)$$

pritom je Planckova konstanta $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$. Veća frekvencija ν (manja valna duljina) znači veću energiju E , manja frekvencija (veća valna duljina) znači manju energiju. Valovi s

dužim valnim duljinama su stoga manje opasni za žive organizme od valova s kraćim duljinama. Polovica valne energije je pohranjena u električno polje, a druga polovica u magnetskom polju (Oštir i Mulahusić 2014).

2.3. Elektromagnetski spektar

Sva tijela koja imaju neku temperaturu isijavaju elektromagnetske valove različite valne duljine. Konačni raspon valnih duljina je povezan s elektromagnetskim spektrom (slika 4). Kreće se u rasponu od gama zračenja do radio valova (Bakker i dr. 2004).



Slika 4. Spektar elektromagnetskog vala (URL 6)

Većinom se za daljinska istraživanja koristi samo određeni dio elektromagnetskog spektra:

- ultraljubičasto od 0,03 do 0,4 μm ,
 - fotografski osjetljivo 0,3 - 0,4 μm ,
- vidljivo od 0,4 do 0,7 μm ,
 - plavo 0,4 - 0,5 μm ,
 - zeleno 0,5 - 0,6 μm ,
 - crveno 0,6 - 0,7 μm ,
- infracrveno od 0,7 do 100 μm ,
 - infracrveno reflektirano (blisko) 0,7 - 1,0 μm ,
 - fotografski osjetljivo 0,7 - 0,9 μm ,
 - srednje 1,5 - 3,0 μm ,
 - infracrveno toplinsko, kratkovalno 3,0 - 5,0 μm ,

- infracrveno toplinsko, dugovalno 8,0 - 14,0 μm ,
- mikrovalno područje 1 mm - 30 cm,
- područje radiovalova, valna duljina > 30 cm.

2.4. Interakcija s atmosferom

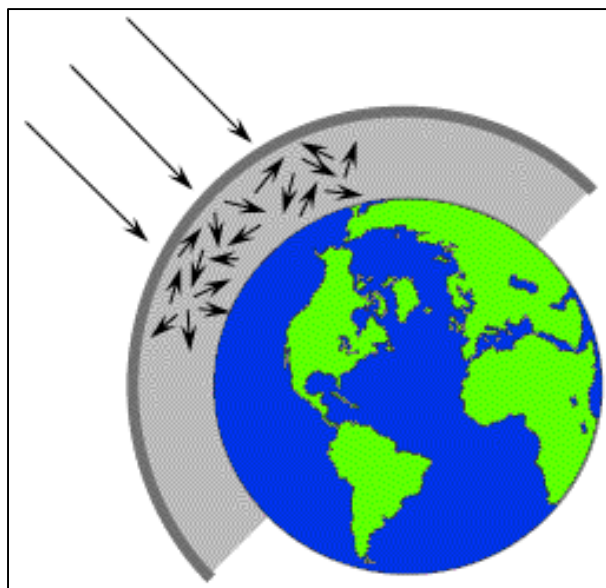
Zračenje koje dolazi sa Sunca mora proći atmosferu da stigne do Zemljine površine. Atmosfera je plinoviti omotač oko Zemlje kojeg drži Zemljina gravitacija. Atmosfera sadrži 77% dušika, 21% kisika, 0,93% argona, 0,03% ugljičnog dioksida, ozon, vodenu paru, prašinu i druge elemente u tragovima.

Interakcija elektromagnetskog zračenja s atmosferom je bitna za daljinska istraživanja iz dva osnovna razloga. Prvo, informacija nošena elektromagnetskim zračenjem koje stiže do Zemlje je modificirano. Drugo, interakcijom atmosfere i elektromagnetskih valova možemo dobiti i neke informacije o atmosferi. Dio energije koji dolazi od Sunca se izgubi jer je čestice atmosfere raspršuju, apsorbiraju i lome (Aggarwal 2004).

2.4.1. Raspršivanje

Do raspršivanja dolazi kada val padne na neku česticu atmosfere, kao što su prašina, magla, sumaglica, dim, molekule plina i dr. Pri tome se promjeni smjer vala (slika 5). Intenzitet raspršenja ovisi o velikom broju faktora, među kojima su najvažniji; valne duljine zračenja, gustoća i veličina čestica te duljina puta koji val prijeđe u atmosferi. Postoje tri vrste raspršenja (Oštir 2006):

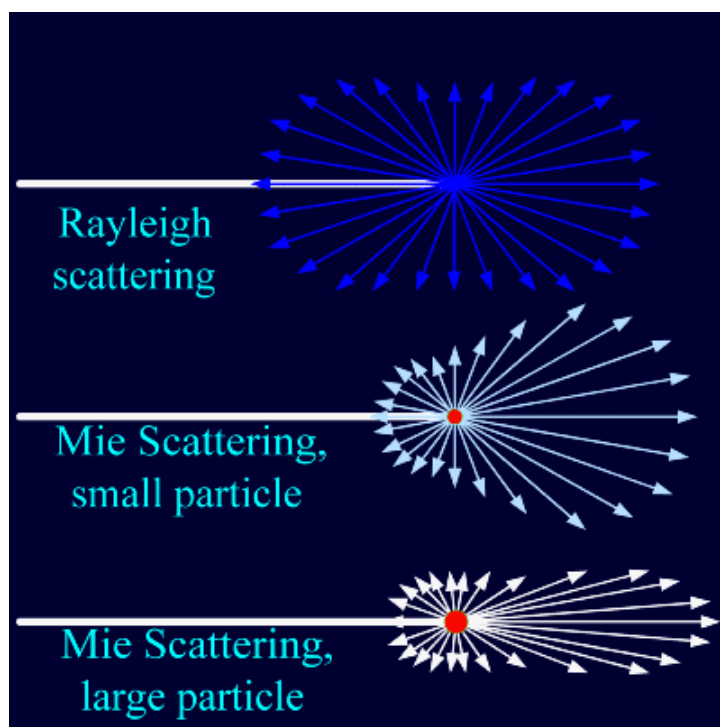
- Rayleighevo,
- Mieovo i
- Neselektivno.



Slika 5. Raspršenje (URL 7)

Rayleighevo raspršenje (slika 6) je uzrok plave boje neba, odnosno crvene i narančaste boje koje se vide za vrijeme zalaska sunca. Sredinom dana, kada je sunce visoko na nebu, put koji mora proći sunčeva zraka kroz atmosferu je relativno kratak i okomit, stoga promatrač na Zemlji vidi plavo svjetlo koje je preusmjereno Rayleigevim raspršenjem. Za vrijeme zalaska Sunca, dok je mali kut upada sunčevih zraka, promatrač na Zemlji vidi samo one valne duljine koje su prošle duži put kroz atmosferu, zato vidimo crvene komponente sunčevih zraka. Promjenjive koncentracije atmosferske prašine i vodenih kapljica uzrokuju promjenjivu vidljivost i različite boje zalaska. Također, ovo raspršenje je važna komponenta u razumijevanju atmosferskih efekata pri prijenosu zračenja.

Mieovo raspršenje (slika 6) je uzrokovano većim atmosferskim česticama poput praha, peludi, dima i vodenih kapljica. Ove čestice se čine male prema onima koje susrećemo svakodnevno, no dosta su veće nego one koje uzrokuju Rayleighevo raspršivanje. Čestice koje uzrokuju Mieovo raspršenje imaju približno jednaki promjer kao i valne duljine. Mieovo raspršenje je ovisno o valnoj duljini te je izraženije u nižim slojevima atmosfere.



Slika 6. Rayleighevo i Micovo raspršenje (URL 8)

Neselektivno raspršenje uzrokuju čestice koje su mnogo veće od valne duljine zračenja. U bliskom infracrvenom i vidljivom spektru, velike čestice mogu biti kapi vode i prašina. Neselektivno znači da raspršenje nije ovisno o valnoj duljini, stoga se opaža bijela ili siva svjetlost, sve vidljive valne duljine se raspršuju jednako (Campbell i Wynne 2011).

2.4.2. Apsorpcija

Za razliku od raspršivanja, atmosferska apsorpcija rezultira efektivnim gubitkom energije prolazeći kroz atmosferu. Ovo uključuje apsorpciju energije na određenim valnim duljinama. Glavni apsorbenti solarnog zračenja u ovom slučaju su: vodena para, ugljični dioksid i ozon. Navedeni plinovi snažno utječu na dizajn sustava daljinskih istraživanja jer nastoje apsorbirati elektromagnetsku energiju u specifičnim valnim duljinama. Atmosferski prozori su dijelovi atmosfere u kojima atmosfera propušta zračenje (Lillesand i dr. 2014).

Najznačajniji atmosferski prozori su u intervalima elektromagnetskog spektra:

- 0,4 – 1,1 μm (vidljivo i blisko infracrveno)
- 3,5 – 5,0 μm (termalno infracrveno)
- 8,0 – 14,0 μm (termalno infracrveno)
- 1,0 mm (mikrovalno).

2.4.3. Lom valova

Pri prolazu optičkog vala kroz materijale različite gustoće dolazi do loma ili refrakcije vala. Kada svjetlost putuje iz optički rjeđeg medija u gušći, ona se lomi od normale. Usporavanje valova u gušćem materijalu i mijenjanje smjera dovodi do te pojave.

Pri prolazu iz optički gušćeg sredstva u optički rjeđe valovi se lome. Upadna zraka, lomljena zraka i normala leže pri lomu u istoj ravnini. Za smjer zrake važi zakon loma:

$$n \sin \alpha = n' \sin \alpha', \quad (3)$$

pri čemu su α i α' kutovi loma, n i n' su odgovarajući indeksi loma. Indeks loma je povezan s brzinom svjetlosti u određenom materijalu i za svaki je materijal konstanta:

$$C = c_0 / n. \quad (4)$$

Što je indeks loma veći, jači je lom. Budući da se indeks loma atmosfere mijenja s njenom visinom, lom svjetlosti pri putovanju kroz atmosferu vrlo je složen.

Lom svjetlosti uzrokuje pomak zvijezda s obzirom na njihov prividni položaj, pored toga malo i izobličava sliku Zemlje iz svemira. Treba se poštovati geometrija snimanja te na slikama eliminirati horizontalni pomak, kojeg uzrokuje lom (Oštir 2006).

2.5. Interakcija s površinom

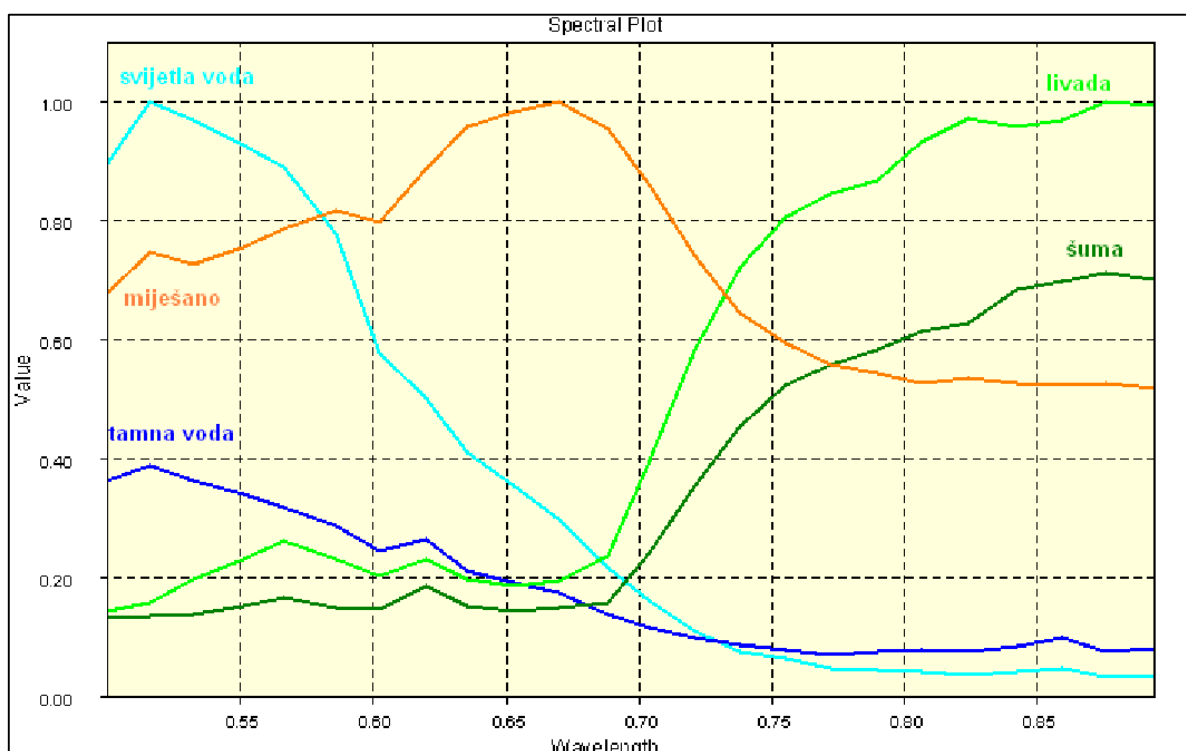
U primjeni daljinskih istraživanja na zemlji i vodi zanima nas reflektirano zračenje jer pomoću njega možemo spoznati različite karakteristike površine. Refleksija se javlja kada je zračenje odbijeno od podloge i onda mijenja smjer. Apsorpcija se javlja kada podloga apsorbira zračenje. Transmisija se javlja kada zračenje prođe kroz podlogu. Postoje dvije vrste refleksije koje se javljaju zrcalna refleksija i raspršna refleksija. Većina predmeta na površini Zemlje je između zrcalne i raspršne refleksije.

Zrcalna refleksija se javlja kada je površina glatka te se sva (ili skoro sva) energija usmjerava od površine u istom smjeru. Vjerojatnije je da će se refleksija pojaviti kada je Sunce visoko na nebu. Uzrok zrcalne refleksije može biti npr. vodena površina, stakleni krov. Na slikama se vidi kao svijetla mrlja.

Raspršna refleksija se javlja kada je površina neravna i energija se reflektira u različitim smjerovima. Hoće li se od neke podloge zraka reflektirati zrcalno ili raspršno, ili kombinirano, ovisi o stupnju nepravilnosti površine i od valne duljine dolaznog zračenja.

2.5.1. Spektralni potpis

Osnovna pretpostavka daljinskih istraživanja je da svaka specifična podloga ima svoj jedinstveni i karakteristični način interakcije sa zračenjem. Ponašanje interakcije je opisano spektralnim potpisom podloge. Krivulja spektralnog potpisa (slika 7) opisuje spektralni odaziv podloge određenih valnih duljina elektromagnetskog spektra, koja, pak ovisi o nekoliko faktora; orijentaciji Sunca (solarni azimut), visini Sunca na nebu (solarni kut elevacije), smjeru u kojem se senzor nalazi u odnosu na nadir (kut pogleda), prirode podloge. Svaki objekt na površini Zemlje ima svoj jedinstveni spektralni potpis (Reddy 2006).



Slika 7. Spektralni potpis određenih objekata (Bajić 1999)

2.6. Vrste senzora

Senzor je element osjetljiv na pojas elektromagnetskog zračenja. Služi za pretvorbu intenziteta tog zračenja u električne veličine, bilo napona, bilo jakosti struje (URL 9).

Spektar elektromagnetskog zračenja sadrži širok raspon valnih duljina. Ni jedan postojeći instrument ne može odjednom obuhvatiti ovakav raspon. Senzori se konstruiraju da registriraju šire ili uže spektralno područje.

Osnovna podjela senzora zasniva se na porijeklu registrirane energije. Prema ovom kriteriju senzore dijelimo u dvije kategorije (URL 10):

- Pasivni senzori: detektira i zapisuje prirodnu elektromagnetsku energiju reflektiranu i emitiranu s površine objekta,
- Aktivni senzori: šalje vlastitu elektromagnetsku energiju za osvjetljavanje scene, a reflektirani dio energije ponovno prihvaća. Među aktivnim sensorima u daljinskim istraživanjima najpoznatiji je radar.

Prema konstrukciji i načinu rada, senzori se mogu svrstati u tri osnovne kategorije koje čine (URL 10):

- foto-optički sustavi
- elektro-optički sustavi
- mikrovalni sustavi.

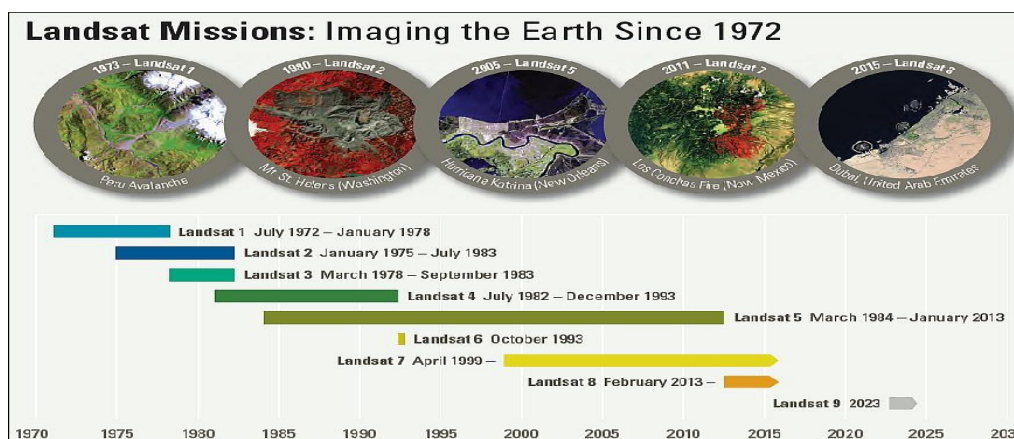
2.7. Transmisija podataka iz satelita u prijamne stanice na Zemlji

Snimljeni satelitski podaci automatski se odašilju u prijamne stanice na Zemlji u realnom vremenu, gdje se registriraju na visokoosjetljivim magnetskim trakama. Druga je mogućnost da se snimljeni podaci snime i pohrane na magnetski medij instaliran u satelitu, i naknadno se odašilju u prijamnu stanicu. Postoji veći broj prijamnih zemaljskih stanica, koje su raspoređene na različitim dijelovima našeg planeta. Iz analognih signala senzora uzimaju se uzorci, koji se konverterom pretvaraju u numeričke (digitalne), pri čemu se svakoj vrijednosti sivila ili „sjaja“ pridružuje digitalni broj. U ovisnosti o satelitu identificira se 64 do 256 razina sivila. Signali se primaju, pojačavaju i kodiraju na mediju s velikom gustoćom zapisa, potom se šalju na Zemlju u realnom vremenu, ili se registriraju za odloženo emitiranje. U prijamnoj zemaljskoj stanici primaju se sa satelita poslani podaci i registriraju kao numerički (Oluić 2001).

3. SATELITSKE MISIJE LANDSAT

Godine 1972. NASA je lansirala ERTS-1 (Earth Resources Tehnology Satellite), prvi satelit koji je bio namijenjen isključivo opažanju kopnenih površina. Satelit je kasnije preimenovan u Landsat 1. Idejni tvorac Landsat 1 misije smatra se William Thomas Pecora, znanstvenik i inženjer koji je u periodu od 1965. godine do 1971. godine bio direktor USGS agencije. Od tada Landsatovi sateliti kontinuirano snimaju podatke o stanju na površini Zemlje, obalnoj zoni, vodama, stanju atmosfere, itd. Suradnja između US Geological Survey (USGS) i National Aeronautics and Space Administration (NASA) je urodila Landsat satelitskom misijom. NASA se više bavi tehničkim pitanjima realizacije sustava, dok se USGS bavi dobivenim proizvodima i njihovom upotrebom. Naime NASA razvija instrumente za daljinsko istraživanje i platforme za satelite, senzore i hardvere koji su potrebni za rad cijelog sustava. USGS se bavi prijemom podataka na Zemlji, kontrolom na Zemaljskim stanicama, obradom sirovih podataka i distribucijom podataka do korisnika. Program je na početku vodila NASA, a 1983. godine ga je preuzela NOAA. Godine 1985. dobiveni podaci iz satelitskih misija su postali javno dostupni te su se koristili s različitim ciljevima i namjenama.

Landsat sustav je postao toliko popularan i uspješan zbog kvalitetne tehničke izvedbe koja nam omogućava opažanje površine Zemlje s dobrom prostornom razlučivosti. Širinom pojasa snimanja i periodičnim vremenskim ponavljanjima dobiva se zadovoljavajuća prekrivenost površine. Četrdesetogodišnje kontinuirano prikupljanje podataka dalo je arhivu neprocjenjive vrijednosti, koja nam omogućava praćenje i usporedbu raznih pojava, kao npr. promjenu zemljišnog pokrova zemljišta, deforestizaciju, biološke raznolikosti, klimatske promjene, itd. Mogućnosti Landsatovih programa rastle su sa svakom novom misijom. Slika 8 prikazuje razvijanje Landsatovih misija.



Slika 8. Kronologija Landsatovih misija (URL 11)

3.1. Landsat 4 i Landsat 5

Sateliti Landsat 4 i Landsat 5 pripadaju drugoj generaciji Landsatovih satelita. Sateliti iz ove generacije razlikuju se od drugih po konstrukciji, visini orbite i sensorima za snimanje. Sateliti Landsat 4 i Landsat 5 imaju nominalnu visinu putanje 705 km, a ciklus nadlijetanja iste točke na Zemljinoj površini iznosio je 16 dana. Jedan snimak pokriva površinu Zemlje od 185 x 185 km. Satelit Landsat 4 je lansiran 1982. godine, a Landsat 5 je lansiran 1984. godine. U ovim satelitima je ugrađen multispektralni skener za snimanje (tablica 1) i novi senzor nazvan tematski kartograf (Thematic Mapper – TM). Tematski kartograf se odlikuje značajnim poboljšanjima u odnosu prema prethodno postavljenom multispektralnom skeneru (tablica 2). Povećana mu je moć razlučivanja i sada umjesto 80 m iznosi samo 30 m (za termalni kanal 120 m), a snimanje se obavlja u 7 spektralnih kanala, u oba smjera okomito na pravac kretanja letjelice. Svi spektralni kanali, osim šestog, imaju po 16 detektora, dok šesti ima samo 4, tako da ukupan broj detektora iznosi 100 (Oluić 2001).

Tablica 1. Kanali multispektralnog skenera Landsat 4 i Landsat 5 satelita (URL 12)

Spektralni kanali	Valna duljina (μm)	Primjena
Kanal 1 – zeleni	0,5 – 0,6	Sedimentarna voda, opisiva područja plitke vode
Kanal 2 – crveni	0,6 – 0,7	Kulturna obilježja
Kanal 3 – NIR	0,7 – 0,8	Vegetacijska granica između kopna i vode, zemljišna raznolikost
Kanal 4 – NIR	0,8 – 1,1	Najbolje prodiranje atmosferske magle, ističe vegetaciju, granice između kopna i vode, zemljišna raznolikost

Tablica 2. Kanali tematskog kartografa za Landsat 4 i Landsat 5 (URL 12)

Kanali	Valne duljina (μm)	Primjena
Kanal 1 – plavi	0,45 – 0,52	Mjerenje dubine vode i kartiranje, razlikovanje tla od vegetacije, te listopadnog i crnogoričnog raslinja
Kanal 2 – zeleni	0,52 – 0,60	Mjeri vrh refleksije, praćenje napretka vegetacije
Kanal 3 – crveni	0,63 – 0,69	Odvajanje vegetacije i ostalih područja
Kanal 4 – blisko IC	0,77 – 0,90	Određivanje sadržaja biomase i obala
Kanal 5 – SWIR	1,55 – 1,75	Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake
Kanal 6 – Termalni IC	10,40 – 12,50	Termičko kartiranje i procjenjivanje vlažnosti tla
Kanal 7 – SWIR	2,09 – 2,35	Određivanje minerala i vrste stijena

Iste godine nakon lansiranja Landsat 5 satelita kongres je donio odluku da se satelitska misija može privatizirati. NOAA, agencija zadužena za sve Landsat misije je tražila komercijalnog dobavljača Landsat podataka i našla ga je u tvrtki za satelitsko promatranje Zemlje (Earth Observation Satellite Company – EOSAT). Ugovorom je EOSAT dobio punomoć za arhiviranje, prikupljanje i distribuciju aktualnih podataka, kao i odgovornost za izgradnju, pokretanje i rad novih satelita, uz državne subvencije. EOSAT je bio zakonski ograničen stoga je skupa s NOAAom digao cijenu Landsat podataka. Mnoga opažanja između 1984. i 1999. godine su propuštena jer nije bilo kupaca. Loš marketing i mali budžet rezultirali su samo sa dva već stara satelita, NOAA je naredila EOSATu da isključi satelite, no misija je spašena intervencijom kongresa i predsjednika.

Satelit Landsat 4 je prestao sa svojim djelovanjem još davne 1993. Satelit Landsat 5 djeluje i danas te je time itekako premašio očekivanu trajnost od 3 godine. Landsat 5 je ušao u Guinnessovu knjigu rekorda kao najdugovječniji operativni satelit za promatranje Zemlje (URL 13).

3.2. Landsat 7

Državni satelit Landsat 7 je lansiran 1999. godine. Landsat 7 je imao poboljšanu verziju Thematic Mapper senzora koji je bio ugrađen u Landsat 4 i Landsat 5 satelite, nazvanu Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). ETM+ (tablica 3) također uključuje dodatne značajke koje ga čine svestranim i učinkovitim instrumentom pri globalnom praćenju promjena, određivanju i opažanju zemljišta, i velikom području kartiranja.

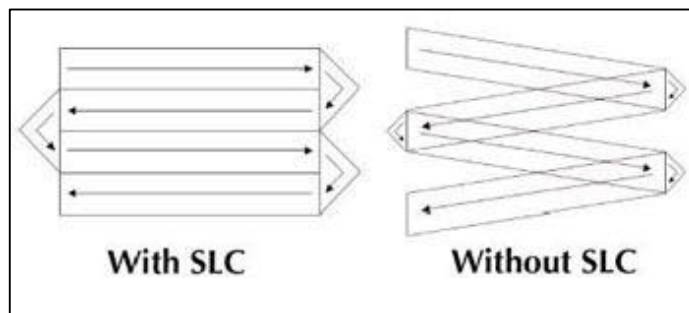
Pankromatski kanal Landsat 7 satelita ima 15 metarsku prostornu rezoluciju, multispektralni kanali imaju 30 metarsku prostornu rezoluciju, a termalni kanal ima 60 metarsku prostornu rezoluciju. Landsat 7 ima i puni otvor blende, 5%-tnu apsolutnu radiometrijsku kalibraciju (URL 14).

Tablica 3. Kanali ETM+ senzora Landsat 7 satelita (URL 12)

Kanali	Valne duljina (μm)	Primjena
Kanal 1 – plavi	0,45 – 0,52	Mjerenje dubine vode i kartiranje, razlikovanje tla od vegetacije, te listopadnog i crnogoričnog raslinja
Kanal 2 – zeleni	0,52 – 0,60	Mjeri vrh refleksije, praćenje napretka vegetacije
Kanal 3 – crveni	0,63 – 0,69	Odvajanje vegetacije i ostalih područja
Kanal 4 – NIR	0,77 – 0,90	Određivanje sadržaja biomase i obala
Kanal 5 – SWIR	1,55 – 1,75	Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake
Kanal 6 – termalni	10,40 – 12,50	Termičko kartiranje i procjenjivanje vlažnosti tla
Kanal 7 – SWIR	2,09 – 2,35	Određivanje minerala i vrste stijena
Kanal 8 – pankromatski	0,52 – 0,90	15 metarska rezolucija, oštrije konture slike

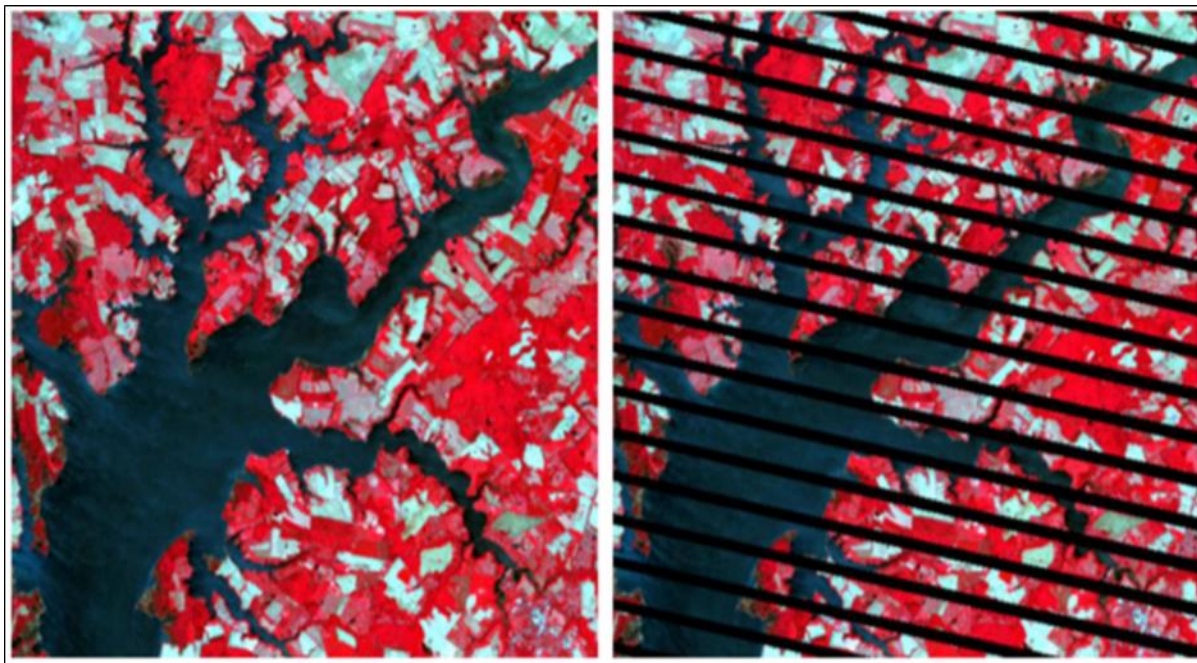
ETM+ senzor spada u poprečne skenere gdje njihanje zrcala snimanja zajedno s gibanjem platforme stvara linije koje nisu usporedne jedna s drugom (slika 9), stoga koristimo tako zvani popravljач linija skeniranja (scan line corrector, SLC). Zrcala se gibaju okomito na os zrcala,

sinkronizirano s gibanjem platforme i tako kompenziraju mjerenje vidnog polja na površini. Ovakvim načinom snimanja dobiju se usporedne linije.



Slika 9. Prikaz rada SLC popravke (URL 15)

U svibnju 2003. godine senzor ETM+ na Landsat 7 satelitu je doživio kvar na sustavu za kompenzaciju snimanih linija. Radi nedjelovanja korekcije snimljene linije se poklapaju na sredini i imaju velike praznine na rubovima slike (slika 10). Nedostajuće podatke nije moguće nadomjestiti, no promjenom algoritama obrade može se zadržati 80% piksela. Analize su pokazale da je moguće primjenom interpolacijskih metoda popuniti nedostajuće dijelove, a da se pritom dobiju geometrijski i radiometrijski dobre slike. Treba napomenuti da se interpolacijom ne mogu nadomjestiti prave vrijednosti, stoga je primjena ovakvih slika ograničena (Oštir i Mulahusić 2014).



Slika 10. Prikaz interpolirane snimke (lijevo) i originalne snimke (desno) Landsat 7 satelita (Zhu i dr. 2012)

3.3. Landsat 8

Landsat 8 je lansiran 2013. godine kao rezultat suradnje NASAe i USGСа. Za satelit su karakteristična dva senzora za prikupljanje podataka (tablica 4). Prvi senzor je Operational Land Imager (OLI), ima 9 spektralnih kanala, koji obuhvaćaju vidljivi, blisko infracrveni i kratkovalni infracrveni dio spektra, te je jedan kanal pankromatski. Drugi senzor je Thermal Infrared Sensor (TIRS) i ima 2 spektralna kanala koji obuhvaćaju dugovalni infracrveni (termalni) dio spektra. Ova dva senzora pružaju prekrivenost kopna s prostornom rezolucijom od 30 metara (vidljivi, blisko infracrveni, kratkovalni infracrveni), 100 metarskom (termalni) i 15 metarskom (pankromatski) (URL 16).

Tablica 4. TIRS i OLI senzori Landsat 8 satelita (URL 12)

Kanali	Valne duljina (μm)	Primjena
Kanal 1	0,43 – 0,45	Proučavanje magle i obala
Kanal 2 – plavi	0,45 – 0,51	Mjerenje dubine vode i kartiranje, razlikovanje tla od vegetacije, te listopadnog i crnogoričnog raslinja
Kanal 3 – zeleni	0,53 – 0,59	Mjeri vrh refleksije, praćenje napretka vegetacije
Kanal 4 – crveni	0,64 – 0,67	Odvajanje vegetacije i ostalih područja
Kanal 5 – NIR	0,85 – 0,88	Određivanje sadržaja biomase i obala
Kanal 6 – SWIR	1,57 – 1,65	Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake
Kanal 7 – SWIR	2,11 – 2,29	Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake
Kanal 8 – pankromatski	0,50 – 0,68	15 m rezolucija, oštrije konture slike
Kanal 9	1,36 – 1,38	Detektiranje oblaka
Kanal 10 – TIRS	10,60 – 11,19	100 m rezolucija, termalno kartiranje i procjena vlažnosti tla
Kanal 11 – TIRS	11,50 – 12,51	100 m rezolucija, poboljšano termalno kartiranje i procjena vlažnosti tla

4. KLASIFIKACIJA

Svrstavanje cjelokupnog sadržaja multispektralne scene u klase s obzirom na intenzitet reflektiranog i emitiranog elektromagnetskog zračenja sa snimljenog objekta u dijelovima spektra elektromagnetskog zračenja detektiranog multispektralnim senzorom. Svrstavanje u klase obavlja se na temelju ranijih spoznaja o intenzitetu refleksije i emisije elektromagnetskog zračenja u pojedinim dijelovima elektromagnetskog spektra objekata interesantnih za klasifikaciju (URL 9).

Postupak klasifikacije satelitskih snimaka dijelimo u nekoliko koraka:

- odabir primjerenih snimaka,
- predobrada, ako je potrebna,
- priprema testnih područja,
- razvrstavanje u razrede,
- prepoznavanje razreda i
- procjena rezultata.

Klasifikacija snimaka omogućava spektralni potpis ili spektralni odaziv, koji je značajan način refleksije elektromagnetskog vala ovisno o valnim duljinama (Oštir 2006).

Klasifikacija se dijeli na nadziranu i nenadziranu.

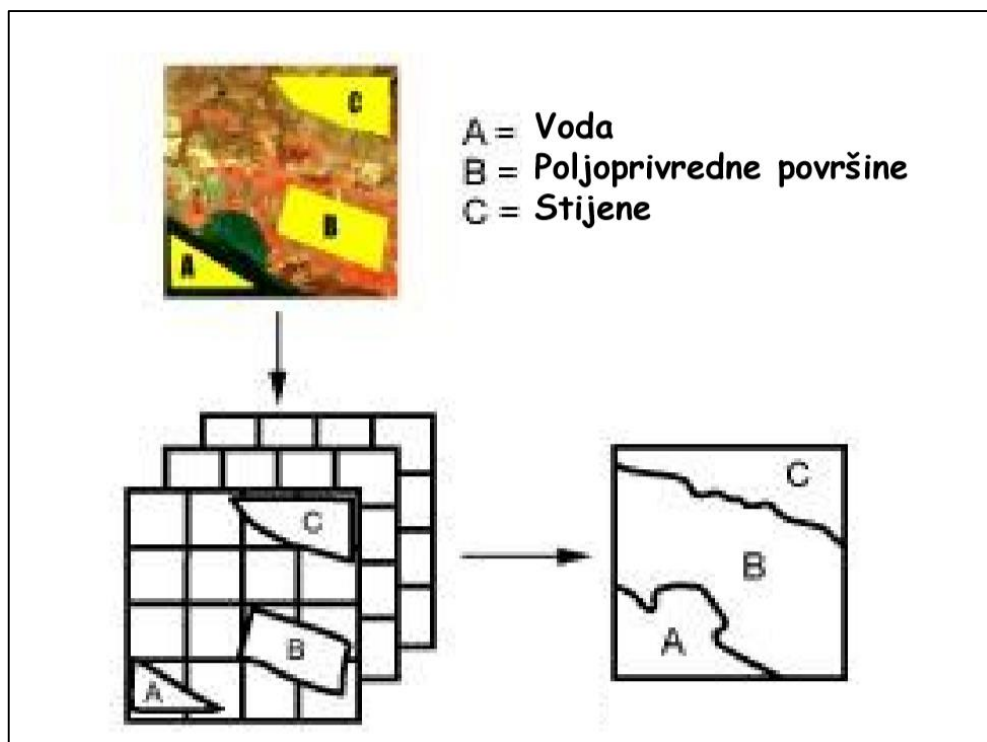
4.1. Nadzirana klasifikacija

Za potrebe izvođenja nadzirane klasifikacije interpretator scene mora sam odabrati reprezentativne uzorke pojedinih klasa. Kako bi klasifikacija bila što točnija, poželjno je da interpretator dovoljno proučio raznolikost scene za klasifikaciju, kako bi mogao sa sigurnošću izdvojiti određene reprezentativne uzorke (slika 11). Jako je bitno da je interpretator upoznat s tretiranim područjem jer je njegov subjektivni doživljaj scene rezultira objektivnom klasifikacijom.

Klasifikator vrši razvrstavanje piksela u klase, na osnovu njihovih statističkih vrijednosti.

Postoji više vrsta algoritama za klasificiranje (Bajić 1999):

- minimum udaljenosti do srednjaka
- paralelopipedna (pravokutna) klasifikacija
- klasifikacija s maksimalnom sličnošću.



Slika 11. Prikaz principa nadzirane klasifikacije (Bajić 1999)

4.2. Nenadzirana klasifikacija

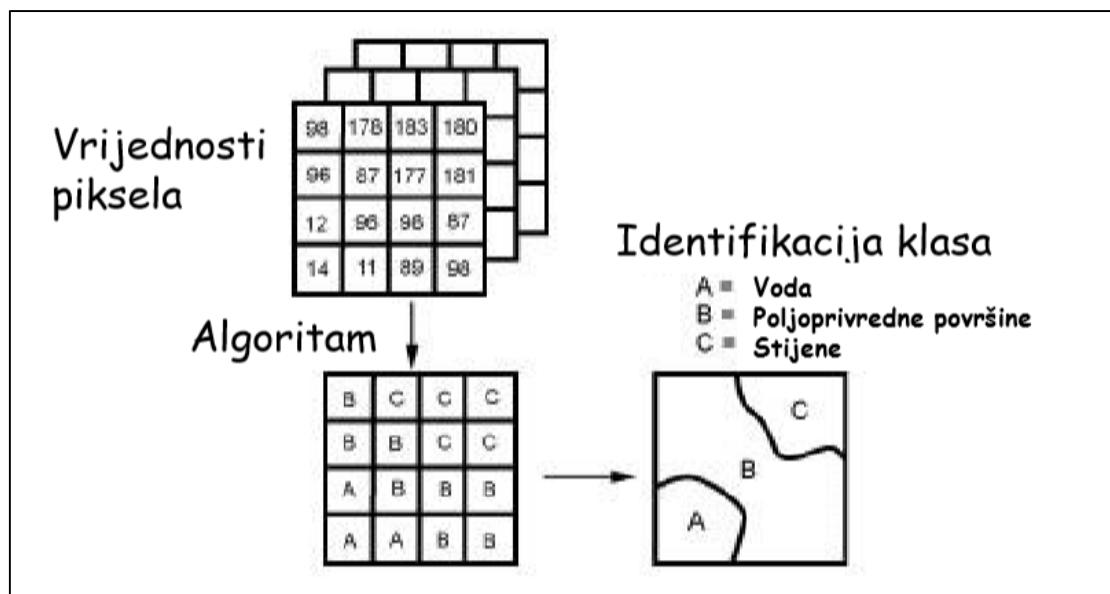
Kod nenadzirane klasifikacije piksele rasporedimo u razrede obzirom na njihovo „prirodno“ združivanje u spektralnom prostoru (slika 12). Za razliku od nadzirane klasifikacije u prvom koraku nam nisu potrebna znanja o površini scene koju želimo klasificirati.

Postupak nenadzirane klasifikacije se dijeli na:

- grupiranje (združivanje u razrede) i
- prepoznavanje razreda.

Grupiranje ili klasterska analiza je postupak združivanja višedimenzionalnih podataka u skupine ili grupe. Pri tom koristimo različite matematičke algoritme (Bajić 1999):

- Klasifikaciju neizrazitih C srednjaka
- Klasifikaciju K srednjaka
- ISODATA klasifikaciju.



Slika 12. Prikaz principa nenadzirane klasifikacije (Bajić 1999)

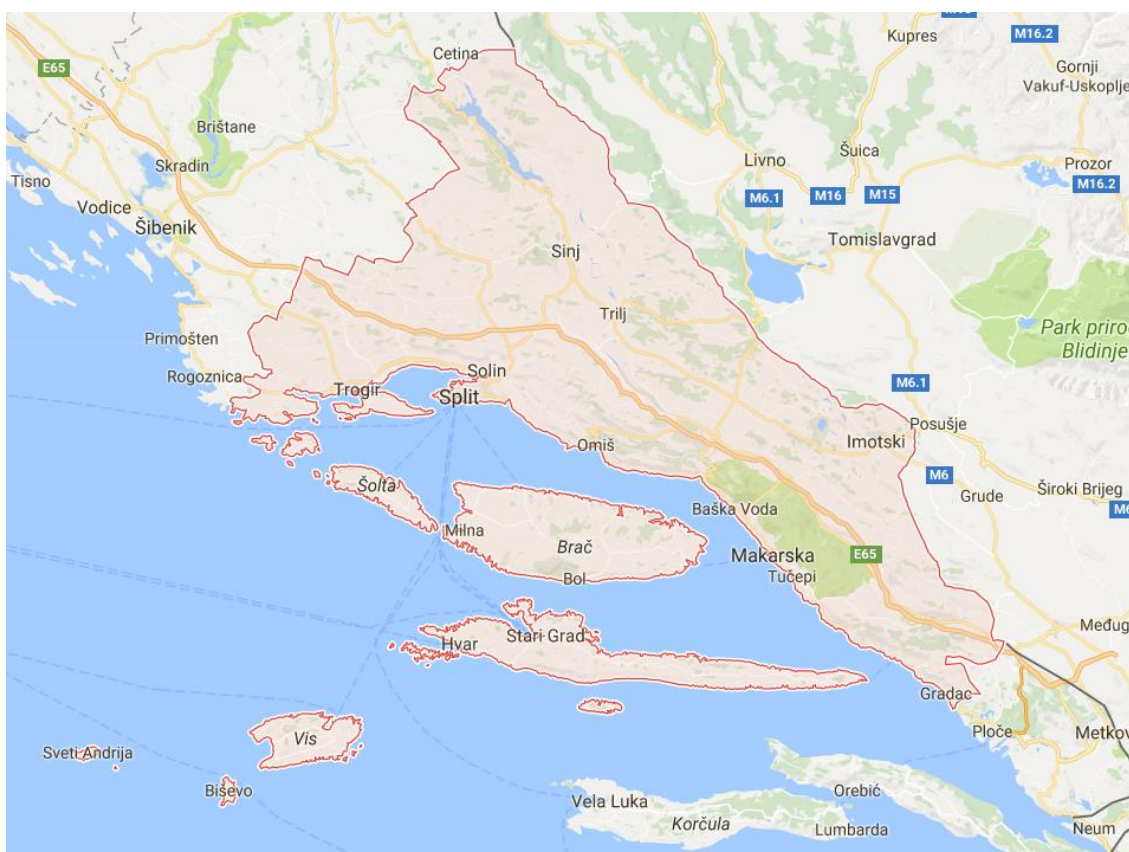
4.3. Ocjena točnosti klasifikacije

Nakon provedene klasifikacije potrebno je ispitati koliko vjerno izlazna klasifikacija predstavlja tretiranu scenu. Postoji više vrsta pokazatelja točnosti klasifikacije (Bajić 1999):

- Raster udaljenosti
- Dendogram
- Dijagram raspršenja
- Matrica istomjesnog ponavljanja
- Elipsa raspršenja
- Matrica konfuzije.

5. SPLITSKO-DALMATINSKA ŽUPANIJA

Splitsko-dalmatinska županija je geografski smještena na središnjem dijelu jadranske obale. Proteže se od Vrlike na sjeveru do najudaljenijeg hrvatskog otoka Palagruže na jugu, od Marine na zapadu do Vrgorca na istoku. Splitsko-dalmatinska županija graniči: na sjeveru s Republikom Bosnom i Hercegovinom, na istoku s Dubrovačko-neretvanskom županijom, a na jugu se prostire do granice teritorijalnog mora Republike Hrvatske (slika 13).



Slika 13. Geografski položaj Splitsko-dalmatinske županije (URL 17)

Županija se dijeli u tri geografske podcjeline: zaobalje, priobalje i otoke. Zaobalje, u kontinentalnom dijelu županije, ispresijecano je planinama koje se pružaju paralelno s obalom. Kraj je rijetko nastanjen i ekonomski siromašan. Priobalje čini uski pojas uz more između planinskih lanaca i mora. To je područje visoko urbanizirano i ekonomski razvijenije u odnosu na zaobalje. Otoci su slabo nastanjeni, ekonomski su razvijeniji od zaobalja, međutim zbog različitih prilika imali su trajnu emigraciju stanovnika.

Splitsko-dalmatinska županija prostire se na 14106,40 km² s prosječnom gustoćom nastanjenosti od 100,2 st/km² (URL 18).

Županija kao administrativna jedinica, ima 364 naselja, 55 administrativnih samouprava, od kojih je 16 sa statusom grada i 39 sa statusom općine. Središte županije je grad Split u kojemu su smještene uglavnom sve regionalne i makroregionalne funkcije. Pored Splita, važnu subregionalnu funkciju imaju naselja Sinj, Imotski, Vrgorac, Makarska i otočna središta (URL 19).

Županija se nalazi u zoni jadranskog tipa mediteranske klime čije su osnovne osobine suha i vruća ljeta te blage i vlažne zime. Krećući se od otočnog preko obalnog do zaobalnog područja, srednje godišnje temperature opadaju, a povećava se ukupna količina oborina. Klima otočkog područja je topla s obiljem sunca i temperaturama koje rijetko padnu ispod nule, te s malo oborina, za razliku od klime zaobalnog područja gdje temperature tijekom jesenskih i zimskih mjeseci često padaju ispod nule, a prisutna je i veća količina oborina. Klima priobalja je karakterizirana maksimalnim oborinama u hladno doba godine te vrućim i suhim izrazito vedrim ljetom. Temperatura najhladnijeg mjeseca se kreće između $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$, dok je srednja temperatura najtoplijeg mjeseca veća od $22,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prevladavajući vjetrovi su bura i jugo čija učestalost iznosi 35 do 55% godišnje. Jadransko more kao prirodni rezervoar relativno tople vode s temperaturom od 10 do $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ najvažniji je indikator klimatskih karakteristika na širem području županije (URL 18).

Geomorfološki, dominira krševit i vapnenački sastav terena, s brojnim kraškim formama od kojih su najvažnija kraška polja (Cetinsko, Hrvatačko, Sinjsko, Mućko-postinjsko, Konjsko, Dugopolje, Dicmansko i Imotsko polje, Rastok i Vrgorsko jezero). Atmosferski i ini utjecaji rezultirali su pojavama abrazije, erozije, denudacije, akumulacije, klizanja, odronjavanja i osipanja. U pogledu rudnih bogatstava, na području županije iskorištavaju se kamen, cementni lapor, glina, gips, šljunak, pijesak, dolomit. Rezultat raznolikosti krša u reljefskom i klimatskom pogledu, geološko-petrografskoj građi, načinu uslojenosti, čvrstoći i sastavu stijena je velika pedološka razvrstanost, koja se ogleda u nagloj izmjeni različitih tipova hidromorfni i amorfni tala na relativno malom prostoru.

U pogledu hidrogeologije i vodnih resursa, u zaobalnom dijelu ističu se kraška polja kao slivna područja, ali iz kojih se voda drenira podzemnim tokovima. Na obali, osim površinskih vodnih tijekova (rijeke Cetina, Jadro i Žrnovnica) postoje veći dotoci podzemnih voda iz kraškog zaleđa (npr. ponornica Vrlike i Matice u Imotskom odnosno Vrgoračkom polju). Na otocima nema površinskih voda, a i podzemne vode su skromnih količina (tzv. leće), počesto pomiješane sa slanom vodom.

Flora i fauna na području Županije bogate su i raznolike, s velikim brojem endemskih, ugroženih i zaštićenih vrsta. Kod flore razlikuju se područja šumske vegetacije, (antropogeni)

travnjaci (livade i pašnjaci), vegetacija pukotina stijena, vegetacija točila, obalne pjeskovite i šljunkovite sipine te vegetacija u zoni prskanja mora. Bogata je i podmorska fauna, a posebno ističemo područja morskih cvjetnica. Specifična karakteristika faune županije je bogatstvo različitih podzemnih staništa, špilja i jama te podzemnih voda, osobito u području krša, bogatih reliktnim oblicima. Slično je i kod vodenih staništa s reliktom čovječje ribice. Zakonom su zaštićene i velike zvjeri, primjerice vuk, ris i medvjed (planinsko područje). Na području županije obitavaju i posljednji primjerci npr. eleonoring sokola i nekih vrsta šišmiša .

Najvažnija gospodarska djelatnost je turizam koji je stalno u porastu, dok su s druge strane proizvodnja i poljoprivreda u opadanju. Turizam predstavlja jednu od najvažnijih i najperspektivnijih gospodarskih grana za Splitsko-dalmatinsku županiju, ponajprije zahvaljujući izvanrednoj geografsko-reljefnoj konfiguraciji, odličnim klimatološkim uvjetima te bogatoj kulturnoj baštini. Ipak, kvaliteta turističke ponude je još uvijek daleko ispod potencijala kojim županija raspolaže. To se ponajprije odnosi na raspoloživost hotelskog smještaja visoke kategorizacije te kvalitetu izvanpansionske ponude, posebno izvan glavne sezone, kao i nedovoljno razvijene selektivne oblike turizma (URL 19).

6. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

6.1. Preuzimanje satelitskih snimaka

Prvi korak je bio pribaviti podlogu na kojoj će se raditi. Podloga je multispektralna satelitska snimka koja se može skinuti sa stranica Earth Explorera (URL 20).

Postupak dobivanja satelitskih snimaka je sljedeći:

- prvo na interaktivnoj karti svijeta odaberemo mjesto koje nas zanima
- potom odaberemo vremenski period
- nakon toga odaberemo satelite čije snimke želimo.

Prilikom preuzimanja satelitskih snimki napravljen je predpregled kako bi se vidjelo postoje li oblaci iznad područja od interesa. Snimke su većinom preuzimane u ljetnim mjesecima. Pregledavajući arhivu satelitskih snimki nije pronađena samo jedna snimka koja obuhvaća cijelo područje od interesa stoga su preuzete dvije snimke (tablica 5). Obzirom da je cilj ovog rada analiza, preuzima se više satelitskih snimaka iz različitih razdoblja radi provedbe usporedbe.

Tablica 5. Preuzeti satelitski snimci

Datum		Satelit
1987.	08.09.	Landsat 5
	01.09.	
2001.	15.04.	Landsat 7
	02.06.	
2016.	05.07.	Landsat 8
	15.08.	

6.2. Korišteni softveri za obradu satelitskih snimki

Za obradu i manipulaciju satelitskih snimki korišteni su softveri SAGA (verzija 4.0.1) i QGIS (verzija 2.14.10).

QGIS je geografsko informacijski sustav otvorenog koda. Sučelje mu je tako napravljeno da bude jednostavno za korisničku upotrebu (engl. user friendly). QGIS je službeni projekt organizacije Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Može se koristiti na Linux, Unix,

Mac OSX, Windows i Android platformama, a podržava brojne vektorske i rasterske formate i funkcionalnosti, kao i baze podataka (URL 21).

QGIS pruža uobičajene GIS funkcionalnosti od kojih neke dolaze kao dio programa, a ostale se nadograde pomoću dodataka. QGIS ima šest osnovnih kategorija (URL 22):

- Pregledavanje podataka
- Istraživanje podataka i izrada karta
- Kreiranje, uređivanje, upravljanje i izvoz podataka
- Analiza podataka
- Internetsko objavljivanje karata
- Proširivanje QGIS funkcija pomoću dodataka.

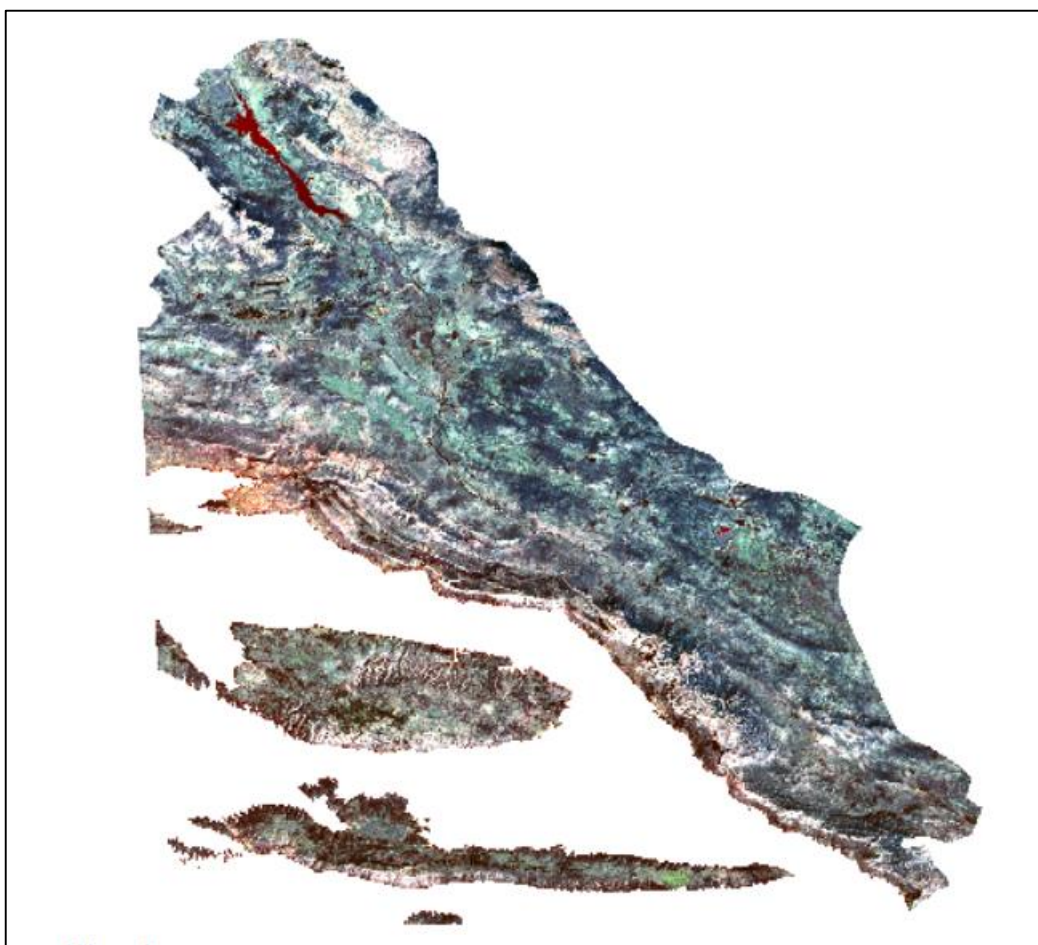
Za manipulaciju i obradu satelitskih snimki u softveru QGIS potrebno je učitati dodatak Semi-Automatic Classification (SCP). SCP je poluautomatski besplatni dodatak koji omogućuje nadziranu i nenadziranu klasifikaciju scene. Također, SCP pruža nekoliko alata za vizualizaciju prikaza, naknadnu obradu klasifikacija i izračun rastera (URL 23).

SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) je GIS softver dizajniran za jednostavnu i učinkovitu provedbu prostornih algoritama, koji nudi sveobuhvatan, rastući niz geoznanstvenih metoda. SAGA je softver otvorenog koda koji se može koristiti na Windows i Linux operacijskim sustavima. Pruža pristupačno korisničko sučelje i velik broj opcija za analizu i vizualizaciju prostornih podataka. Struktura softvera je modularna. Osnova sustava je Application Programming Interface (API), koji pruža modele podataka, osnovne definicije programiranja znanstvenih modula te brojne korisne klase i funkcije. Grafičko korisničko sučelje omogućuje korisniku upravljanje i vizualizaciju podataka, kao i izvršavanje analiza i manipulacija pomoću modula (URL 24).

Obrada i analiza statističkih podataka za potrebe ovog rada napravljena je u softveru Microsoft Excel (2010). Microsoft Excel je program za proračunske tablice koji je razvijen od strane Microsofta te je dio sastavnog programskog paketa Microsoft Office. Microsoft Excel uglavnom služi kao alat za rješavanje problema matematičkog tipa pomoću tablica i polja koje je moguće povezivati različitim formulama i vizualizirati različitim oblicima grafova. Može se koristiti i za izradu jednostavnijih baza podataka (URL 25).

6.3. Postupak dobivanja rezultata

Preuzete satelitske snimke se učitavaju u softveru QGIS u WGS84, UTM 33 N referentnom sustavu (slika 14). Učitane snimke se u okviru predprocesiranja poboljšavaju, a njihove se vrijednosti pretvaraju iz digitalnog broja u fizičku mjeru refleksije vrha atmosfere. U procesu predprocesiranja, obavlja se i atmosferska korekcija satelitskih snimki po metodi Dark Object Subtraction (DOS 1, URL 26). Ta metoda pretpostavlja da postoji barem nekoliko piksela unutar slike koji bi trebali biti crni i takva crna refleksija je nazvana kao tamni objekt koji je čista voda i sjena čija je vrijednost digitalnog broja (DN) nula ili blizu nule (Chavez 1988).



Slika 14. RGB prikaz donjeg dijela Splitsko-dalmatinske županije

Kada je izvršena predobrada snimki, prelazi se u softver SAGA gdje se vrši klasifikacija, analiza i interpretacija.

Satelitske snimke Landsat satelita su klasificirane u softveru SAGA pomoću nenadzirane klasifikacije, metodom K-means (Combined Minimum Distance/ Hillclimbing) na 30 klasa

(slika 15 i slika 16). K-means je algoritam iterativnog razvrstavanja u klastere. Prvi korak je definiranje proizvoljnog početnog vektora klasa potencijalnih obilježja na sceni. Nakon toga se svaki piksel pridružuje najbližoj klasi. Ciljna (objektna) funkcija ove metode je zbroj kvadrata udaljenosti piksela x prema srednjaku $C(x)$ razmatrane klase:

$$SS_{\text{distances}} = \sum [x - C(x)]^2. \quad (5)$$

Minimiziranje $SS_{\text{distances}}$ ekvivalentno je minimiziranju srednje kvadratne pogreške (MSE), koja mjeri varijabilitet unutar klase:

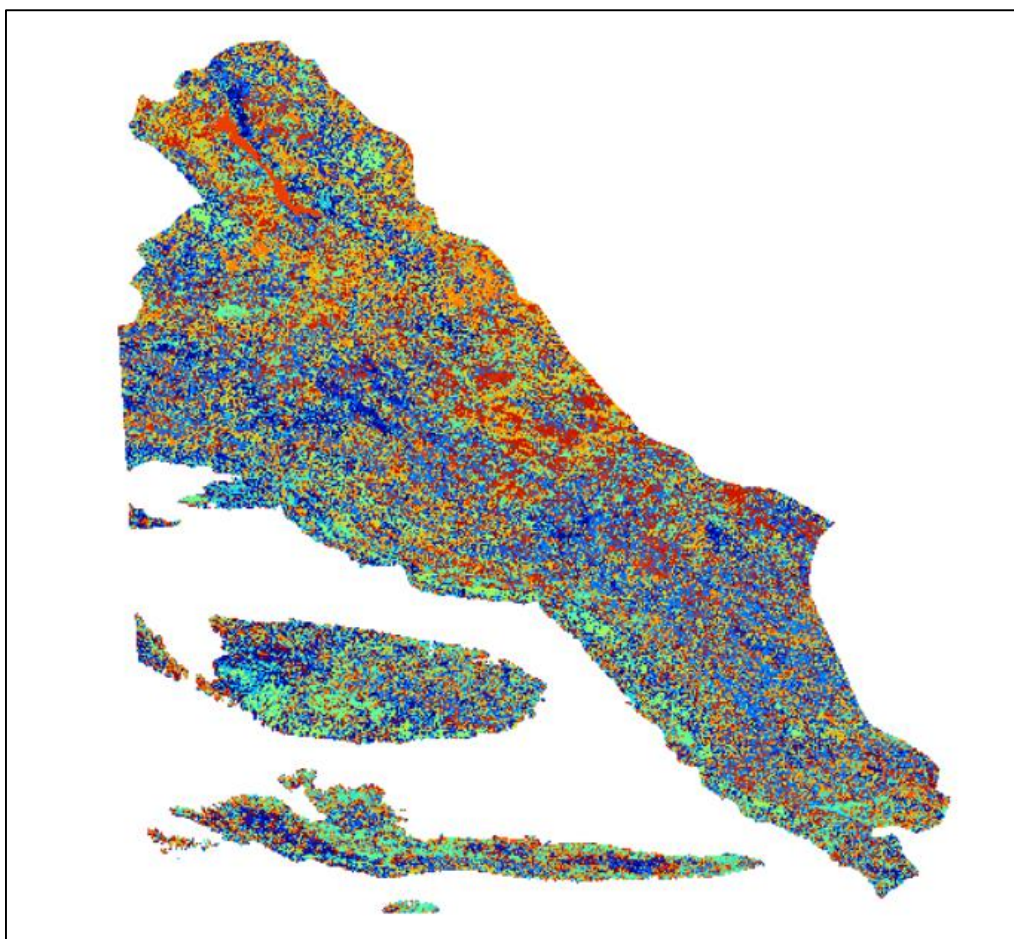
$$MSE = \sum [x - C(x)]^2 / (N - c)b = SS_{\text{distances}} / (N - c)b, \quad (6)$$

gdje je N broj piksela, c je broj klasa, b je broj spektralnih kanala. Broj klasa za *K-means* metodu je konstantan i a priori zadan.

K-means metoda analizira ulazne rastere kako bi se odredile lokacije početnih centara klasa. U svakom koraku iteracije pikseli se pridružuju najbližoj klasi nakon čega se računaju novi centri klasa. Novi centar klase je točka koja minimizira zbroj kvadrata udaljenosti između piksela u klasi i centra klase. U svakoj iteraciji se centar klase pomiče, zbog toga se mijenja pridruživanje piksela nekoj klasi. Proces se zaustavlja sve dok pomaci centara klasa ne postanu manji od specificiranog praga ili ako je dosegnut maksimalan broj iteracija. Minimum distance svaki piksel unutar slike pridružuje klasi kojoj je najbliži. Za svaku klasu se određuje srednjak u svakom kanalu te se zatim nepoznati pikseli pridružuju klasi čiji su srednjaci najbliži vrijednosti nepoznatog piksela (Bajić 1999). Hill Climbing algoritam za histogram ulazne slike generira broj klasa i inicijalnih centara potrebnih za klasificiranje. Ova metoda nadilazi nedostatak slučajne inicijalizacije u tradicionalnom klasificiranju te ubrzava rad računala, smanjujući broj iteracija (Chandana i dr. 2014).

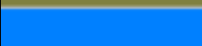
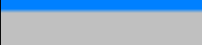
K-Means Clustering for Grids	
Data Objects	
Grids	
Grid system	30; 3167x 3328y; 604740x 4770660y
>> Grids	6 objects (clip_clip_RT_LC81880302016228LGN00_B2, clip_clip_RT_LC81880302016228L
<< Clusters	<create>
Tables	
<< Statistics	<create>
Options	
Method	Combined Minimum Distance / Hillclimbing
Clusters	30
Maximum iterations	0
Normalise	☐
Update Colors from Features	☒
Old Version	☐

Slika 15. Postupak klasifikacije u softveru SAGA



Slika 16. Prikaz dobivenih klasa za 2001. godinu

Nakon provedene klasifikacije dobivene klase su se spajale formirajući 4 osnovne klase (slika 17): vegetacije, neplodno, more i izgrađeno.

	vegetacija
	nepodno
	more
	izgrađeno

Slika 17. Formirane klase

Klasa vegetacija predstavlja skup zimzelenih i crnogoričnih šuma, trave, makije i niskog raslinja te poljoprivrednog zemljišta.

Reprezentativne uzorke za klasu nepodno zemljište čine stjenovito tlo i drugi krški oblici te tlo koje se ne obrađuje, a na njemu se nije pojavila nikakva vegetacija.

Klasa more nije predmet istraživanja ovog rada, no morala je biti uvedena kako bi se ispravno klasificirala scena. Ova klasa se uvodi zato jer su Landsat snimke rasterske datoteke rezolucije 30 m i kada se režu pomoću granice grada Splita, koja je vektorska datoteka moguće je da u rubnim područjima ostanu vrijednosti piksela koje prikazuju more. Vrijednost te klase je izbačena kod statističkih računanja zastupljenosti zemljišnog pokrova.

Prometnice, zgrade, kuće, industrijska postrojenja i drugi umjetni objekti su zastupljeni u klasi izgrađeno.

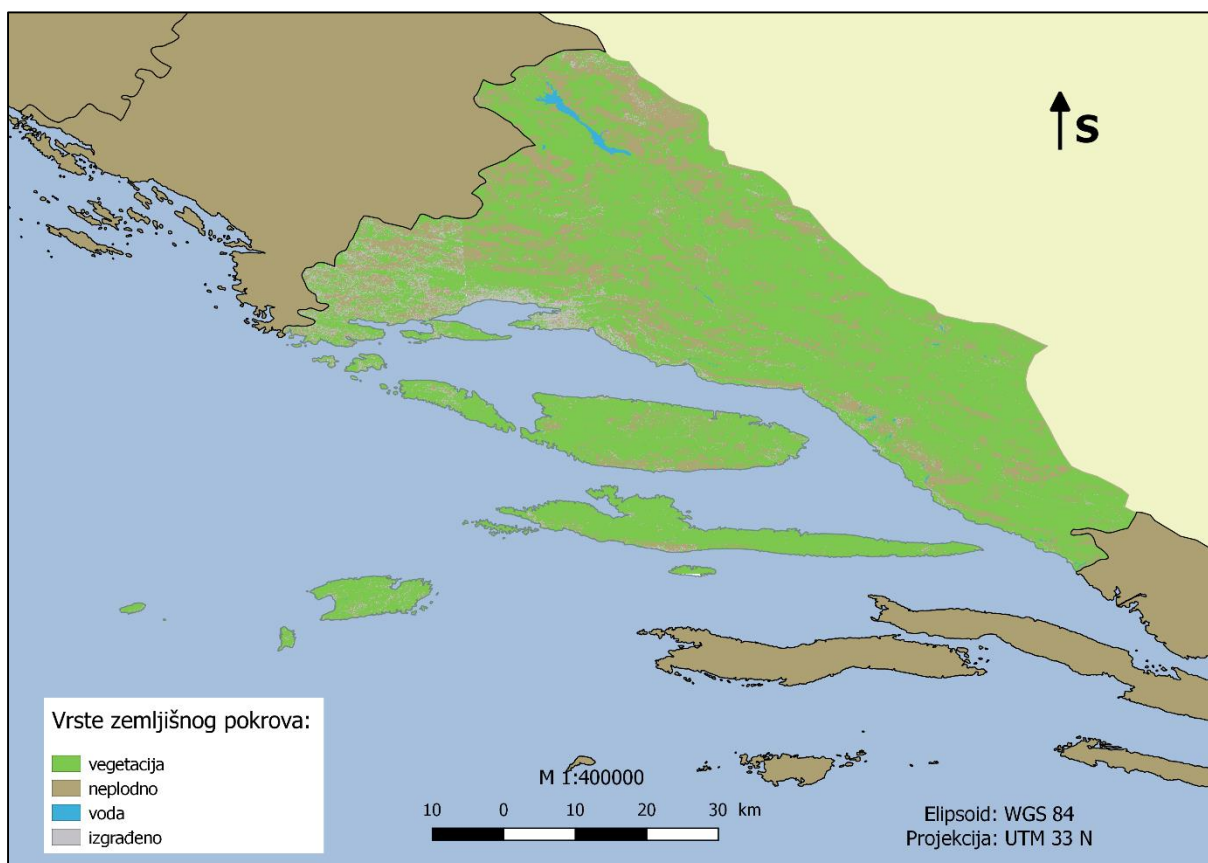
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U poglavlju 7.1. prikazani su rezultati dobiveni u ovom istraživanju. Dakle, prije svega riječ je o rezultatima klasifikacije zemljišta po godinama za koje je provedeno istraživanje (1987., 2001., i 2016.). U poglavlju 7.2. prikazani su rezultati analize u detekciji promjena. Naime, radi se o međusobnim uspoređivanjem klasificiranih snimki različitih vremenskih razdoblja te analizi i interpretaciji promjena. U poglavlju 7.3. prikazana je integracija socio-ekonomskih pokazatelja s detektiranim promjenama zemljišnog pokrova.

7.1. Rezultati klasifikacije zemljišta po godinama

7.1.1. Stanje 1987. godine

Rezultat klasifikacije Landsat 5 satelitske snimke za 1987. godinu (slika 18).



Slika 18. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987. godine

Prema rezultatima klasifikacije vidljivo je da je najzastupljenija vrsta zemljišnog pokrova vegetacija, potom neplodno tlo, a najmanje je zastupljeno izgrađeno zemljište. Količina

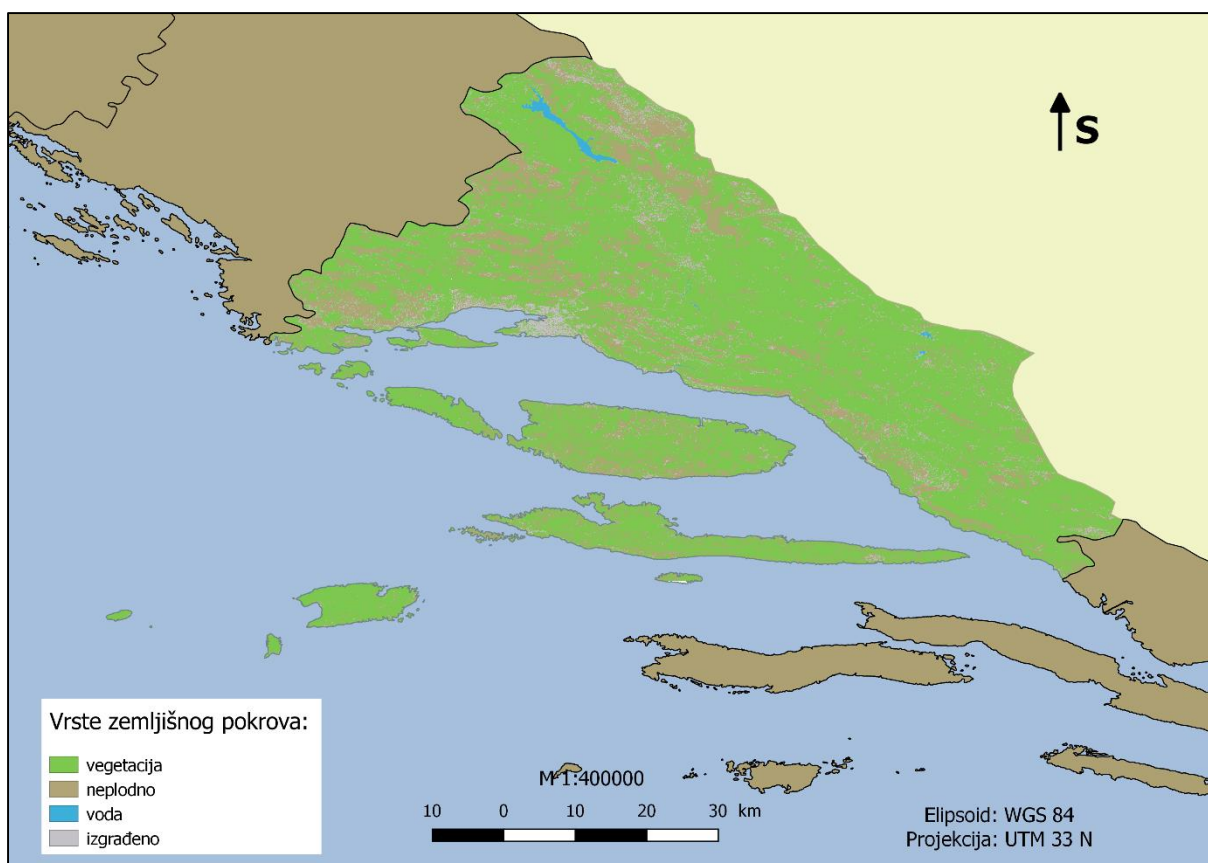
površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu Splitsko-dalmatinske županije prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 1987. godinu

Vrsta zemljišnog pokrova	Površina [km ²]	Udio [%]
Vegetacija	3528,15	74,97
Neplodno	949,66	20,18
Izgrađeno	228,38	4,85

7.1.2. Stanje 2001. godine

Rezultat klasifikacije Landsat 7 satelitske snimke za 2001. godinu (slika 19).



Slika 19. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 2001. godine

Prema rezultatima klasifikacije vidljivo je da je kao i 1987. godine isti poredak zastupljenosti pojedinih zemljišnih pokrova. Najzastupljenija vrsta zemljišnog pokrova je vegetacija, potom

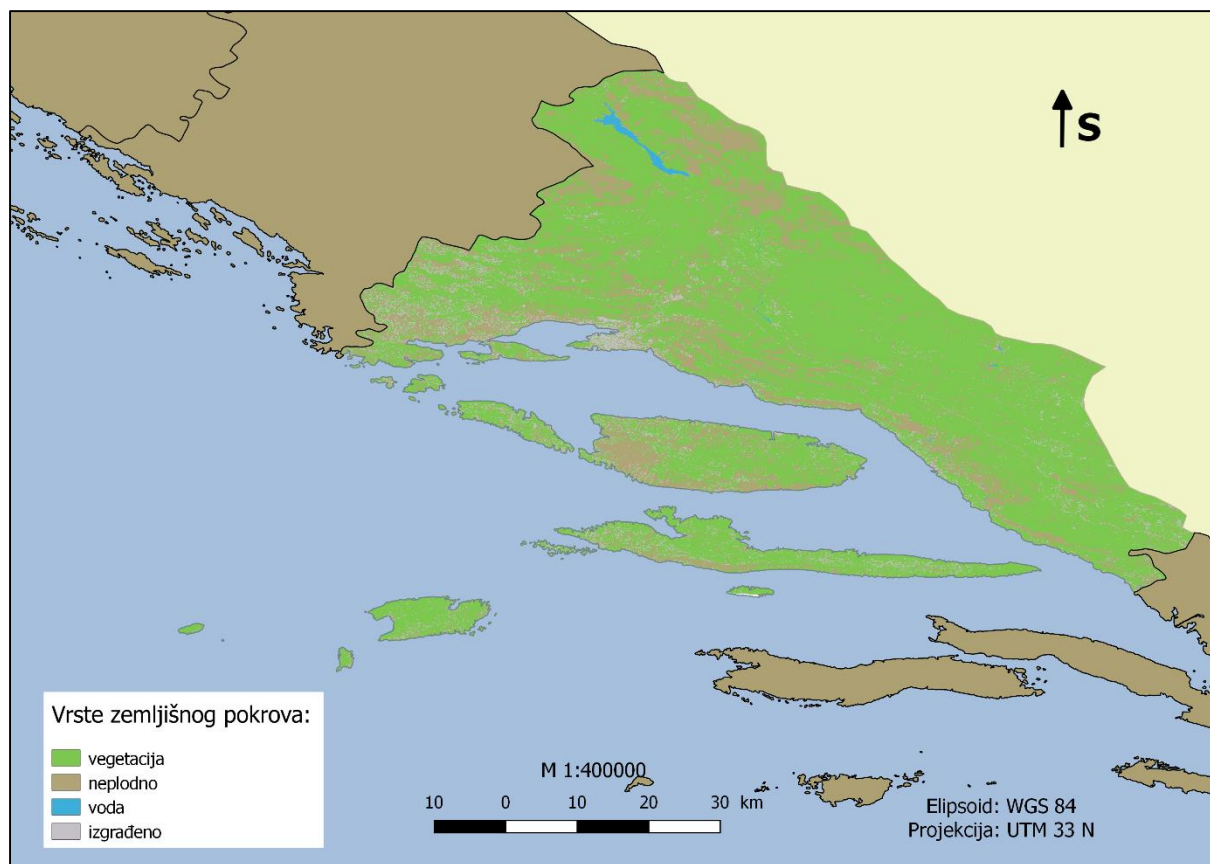
neplodno tlo, a najmanje je zastupljeno izgrađeno zemljište. Porast zastupljenosti neplodnog zemljišta dijelom je rezultat činjenice da je donji dio satelitske snimke Splitsko-dalmatinske županije snimljen u četvrtom mjesecu kada vegetacija nije na svom maksimumu. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu Splitsko-dalmatinske županije za 2001. godinu prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 2001. godinu

Vrsta zemljišnog pokrova	Površina [km²]	Udio [%]
Vegetacija	3439,42	73,04
Neplodno	1026,39	21,80
Izgrađeno	243,29	5,17

7.1.3. Stanje 2016. godine

Rezultat klasifikacije Landsat 8 satelitske snimke za 2016. godinu (slika 20).



Slika 20. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 2016. godine

Godine 2016. bilježi se pad zastupljenosti neplodnog zemljišta, a rast zastupljenosti izgrađenog zemljišta. Vegetacijski pokrov je najzastupljenija vrsta zemljišnog pokrova. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu Splitsko-dalmatinske županije za 2016. godinu prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 2016. godinu

Vrsta zemljišnog pokrova	Površina [km ²]	Udio [%]
Vegetacija	3447,59	73,21
Neplodno	977,89	20,76
Izgrađeno	283,95	6,03

7.2. Detektirane promjene zemljišnog pokrova

Promjene zastupljenosti određenog zemljišnog pokrova u različitim vremenskim razdobljima dane su pomoću matrice konfuzije i histograma promjena.

Matrica konfuzije prikazuje referentne i testne podatke. Referentni podatci su prikazani u stupcima matrice, to su točni podatci poznati a priori. Redci sadrže testne podatke dobivene daljinskim istraživanjima (klasifikacijom ili drugim metodama interpretacije). Na presjeku stupca i retka iste klase nalaze se točni podatci, koji su dijagonalni elementi, te pokazuju koliko je točnih uzoraka pojedine klase. Nadalje ukupna točnost testnih podataka se definira kao omjer zbroja dijagonalnih podataka i ukupnog broja. Osim procjene ukupne točnosti, matrica konfuzije omogućava analizu točnosti testnih podataka po klasama i utvrđivanje grešaka gubljenja (engl. omission error) i grešaka dodavanja (engl. commission error). Greška gubljenja nastaje kada se dio uzoraka razmatrane klase alocira u druge klase. Greška dodavanja nastaje kada se dio uzoraka drugih klasa alocira u razmatranu klasu (Bajić 1999).

Točnost između referentnih i testnih podataka je dana pomoću kappa koeficijenta. Vrijednosti kappa koeficijenta mogu varirati, no vrijednosti između 0,41 i 0,6 predstavljaju umjerenu točnost u klasifikaciji, vrijednosti između 0,61 i 0,80 visoku točnost, a vrijednosti više od 0,8 vrlo visoku točnost klasifikacije (Viera i Garrett 2005).

Histogram je klasični grafički prikaz relativnih učestalosti vrijednosti karakteristika (izmjerenih vrijednosti) jednog procesa, zbog razjašnjenja širine rasipanja i tržišta razdiobe (položaj, oblik). Tako se mogu lakše uočiti zakonitosti (URL 27).

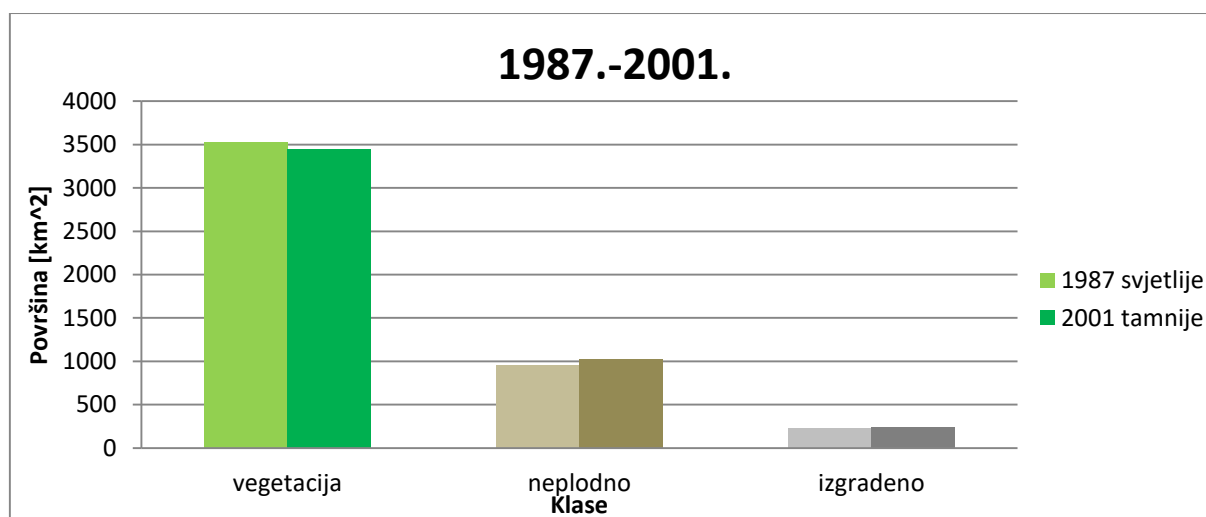
7.2.1. Promjene zemljišnog pokrova 1987.–2001. godine

U ovom poglavlju prikazane su promjene zemljišnog pokrova u periodu od 1987. do 2001. godine.

Tablica 9. Matrica konfuzije 1987. i 2001. godine

		1987				
2001	Klasa	Vegetacija	Neplodno	Voda	Izgrađeno	Ukupno
	Vegetacija	3135291	382480	4345	101605	3623721
	Neplodno	260827	675135	313	109987	1046262
	Voda	2589	751	38361	4513	46214
	Izgrađeno	128391	70664	138	53661	252854
	Ukupno	3527098	1129030	43157	269766	4969051
		kappa 0,82				
		ukupna točnost 92,11%				

U matrici konfuzije (tablica 9) referentne podatke predstavlja klasificirana snimka za 1987. godinu, a testne podatke klasificirana snimka za 2001. godinu. Pomoću matrice konfuzije mogu se uočiti promjene koje su se desile na zemljištu u vremenskom razdoblju od četrnaest godina. U tom vremenskom razdoblju udio vegetacijskog pokrova obzirom na ukupnu površinu Splitsko-dalmatinske županije se smanjio za 1,93%, odnosno za 88,73 km². Povećanje obzirom na ukupni udio bilježi neplodno zemljište, kojem se površina povećala za 76,72 km² ili 1,62%. Zastupljenost izgrađenog područja se povećala za 0,31%, odnosno možemo reći da se izgrađeno područje proširio za 14,91 km². Promjene su grafički prikazane u histogramu (slika 21).



Slika 21. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987.-2001.

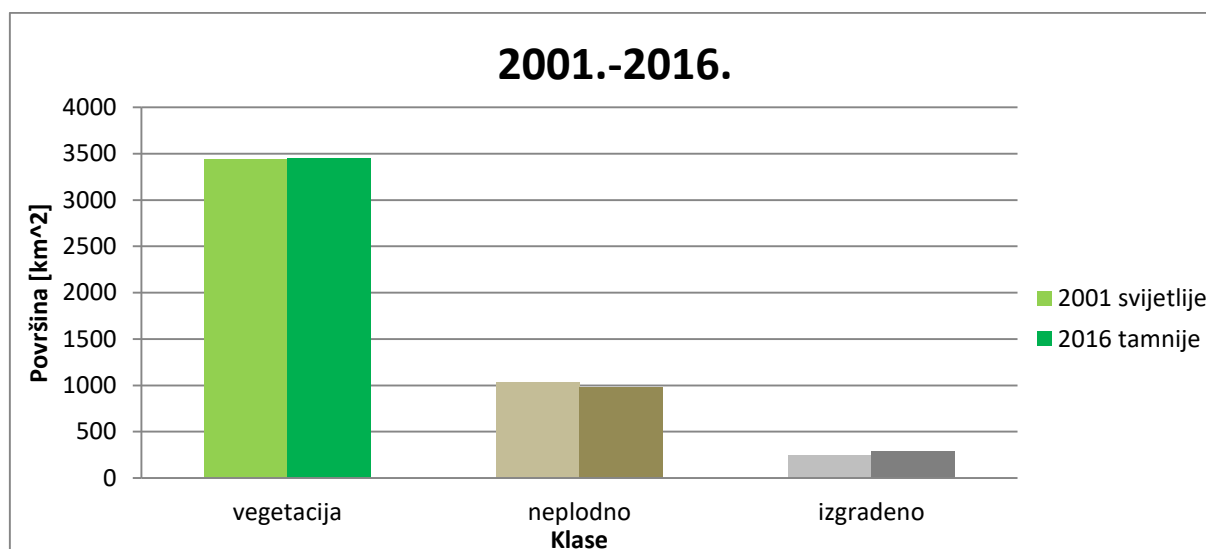
7.2.2. Promjene zemljišnog pokrova 2001.–2016. godine

U ovom poglavlju prikazane su promjene zemljišnog pokrova u periodu od 2001. do 2016. godine.

Tablica 10. Matrica konfuzije 2001. i 2016. godine

2016.	2001.					
	Klasa	Vegetacija	Neplodno	Voda	Izgrađeno	Ukupno
	Vegetacija	3072377	281140	365	210118	3564000
	Neplodno	413563	658047	1315	58810	1131735
	Voda	758	2369	39257	761	43145
	Izgrađeno	87355	136081	1840	44432	269708
	Ukupno	3574053	1077637	42777	314121	5008588
kappa 0,82						
ukupna točnost 91,97%						

U ovom vremenskom razdoblju od petnaest godina desile su se velike promjene načina korištenja zemljišta (tablica 10). Dio neplodnog zemljišta je prenamijenjen u građevinsko, a dio je zarastao vegetacijom. Ove promjene su rezultirale smanjenjem udjela zastupljenosti neplodnog zemljišta za 1,03%, odnosno 48,50 km². Zastupljenost udjela vegetacijskog zemljišta se povećala za 0,17%, što iznosi 8,1 km². Također se zastupljenost izgrađenog zemljišta povećala za 0,86%, odnosno 40,66 km². Promjene su grafički prikazane u histogramu (slika 22).



Slika 22. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 2001.-2016.

7.2.3. Promjene zemljišnog pokrova 1987.–2016. godine

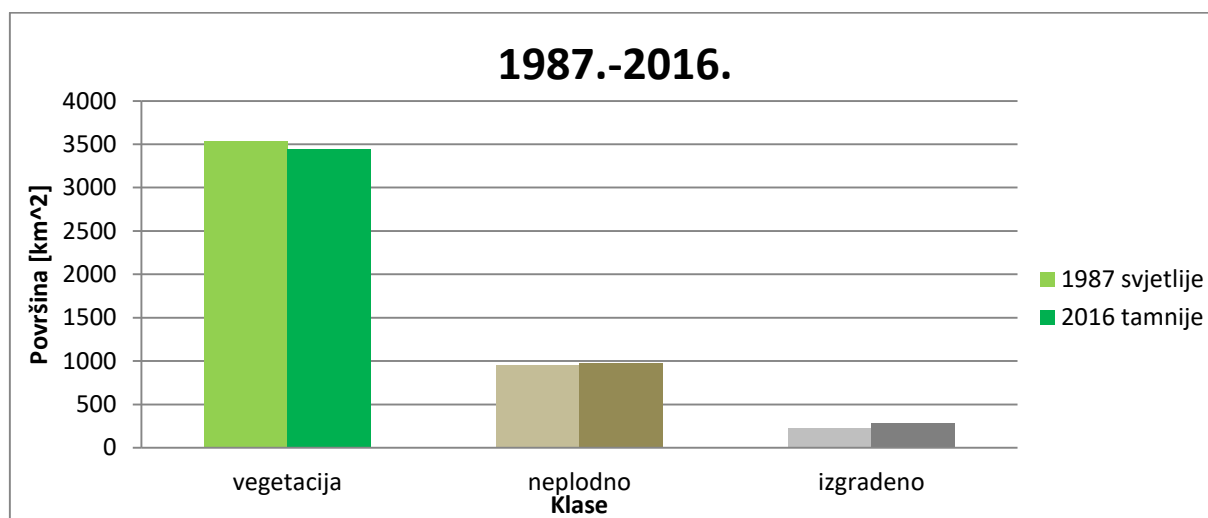
U ovom poglavlju prikazane su promjene zemljišnog pokrova u periodu od 1987. do 2016. godine.

Tablica 11. Matrica konfuzije 1987. i 2016. godine

		1987.				
2016.	Klasa	Vegetacija	Neplodno	Voda	Izgrađeno	Ukupno
	Vegetacija	3026098	357419	4387	204339	3592243
	Neplodno	368474	624503	32	52280	1045289
	Voda	1650	5525	38335	706	46216
	Izgrađeno	107894	88791	32	56527	253244
	Ukupno	3504116	1076238	42786	313852	4936992
		kappa 0,80				
		ukupna točnost 91,39%				

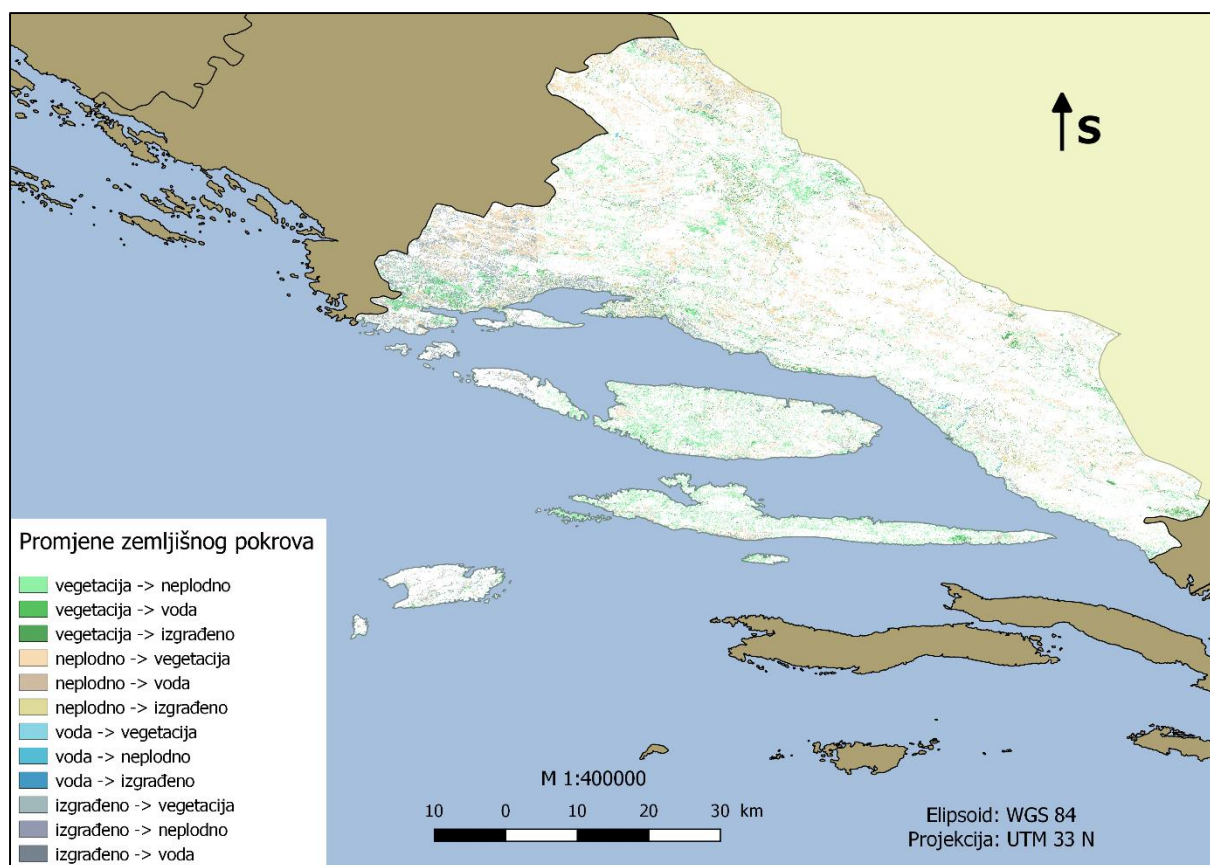
U vremenskom razdoblju od trideset godina dosta se promijenila struktura zemljišta (tablica 11). Najveći porast zastupljenosti je zabilježen kod izgrađenog zemljišta kojem se površina povećala za 1,18%, što iznosi 55,57 km² obzirom na ukupnu površinu Splitsko-dalmatinske županije. Dio vegetacijskog zemljišta je postao neplodan, a drugi dio je pretvoren u građevinsko zemljište, što dovodi do smanjena udjela zastupljenosti za 1,76%, odnosno 80,56 km².

Neplodno zemljište se proširilo za 28,22 km² u odnosu na ukupnu površinu, što dovodi do povećanja za 0,59%. Promjene su grafički prikazane u histogramu (slika 23).

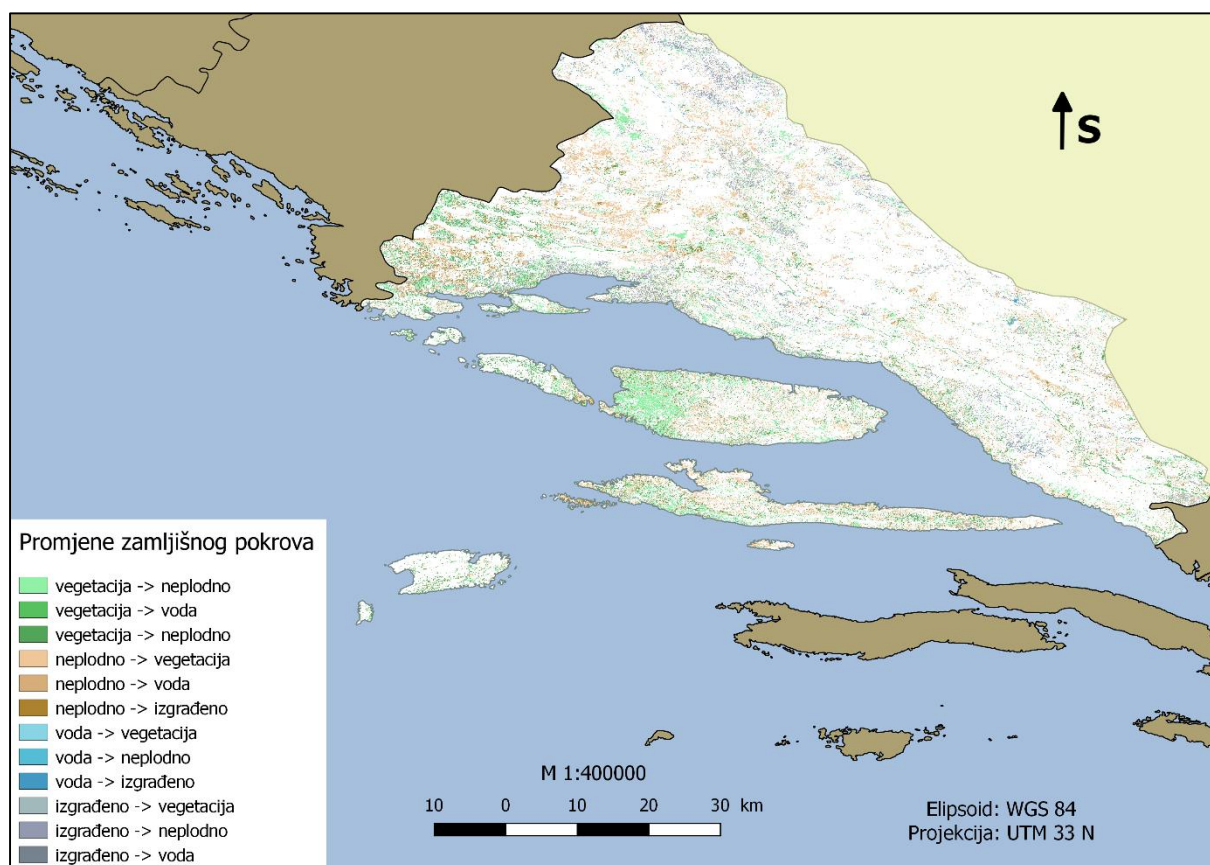


Slika 23. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987.-2016.

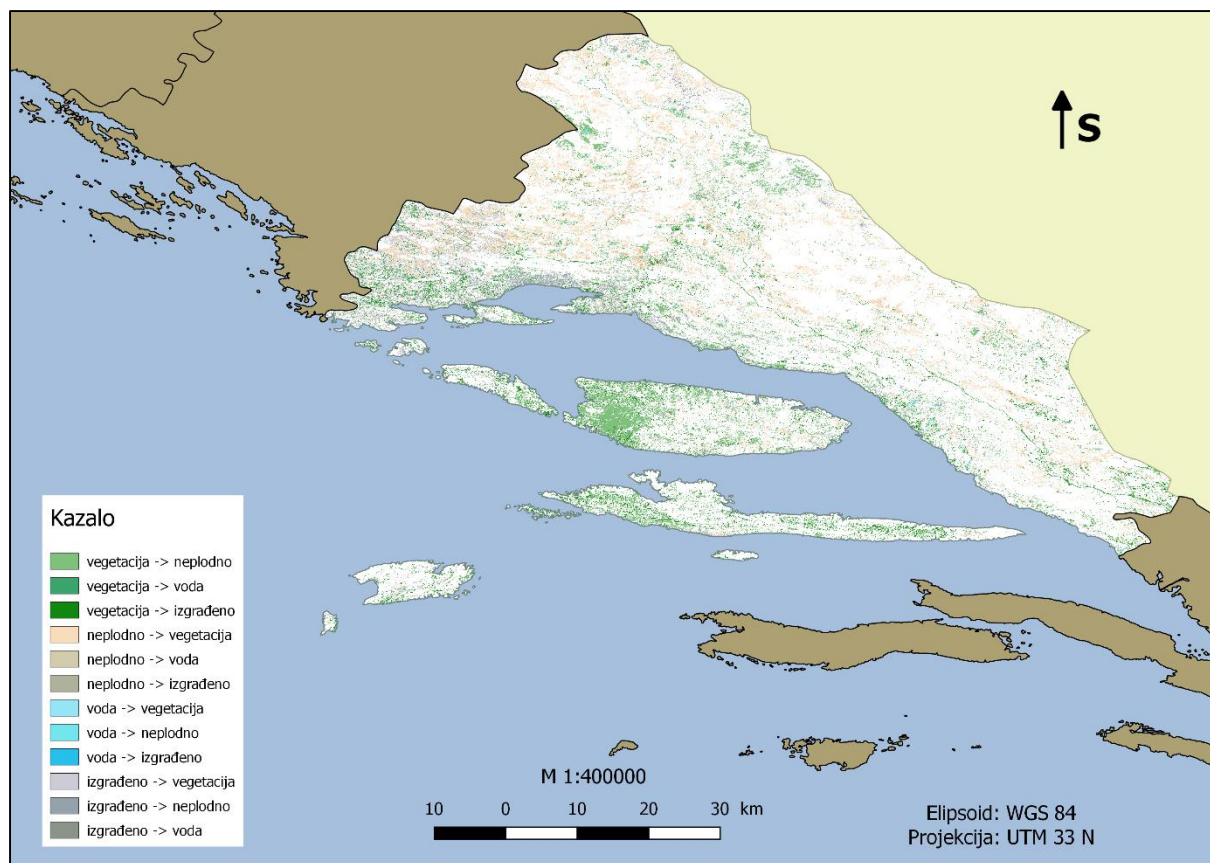
Kako bi se ispitalo gdje su se promjene na zemljištu u Splitsko-dalmatinskoj županiji točno dogodile, odnosno u kojim smjerovima i na kojim područjima se detektirala promjena, izrađeni su i grafički prikazi promjena zemljišnog pokrova (slika 24, slika 25 i slika 26). Ti grafički prikazi su napravljeni analizirajući razlike zemljišnog pokrova u proizvoljnom vremenskom razdoblju te na njima vidimo kako se mijenjao udio pojedinih klasa zemljišta.



Slika 24. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 1987. do 2001. godine



Slika 25. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 2001. do 2016. godine

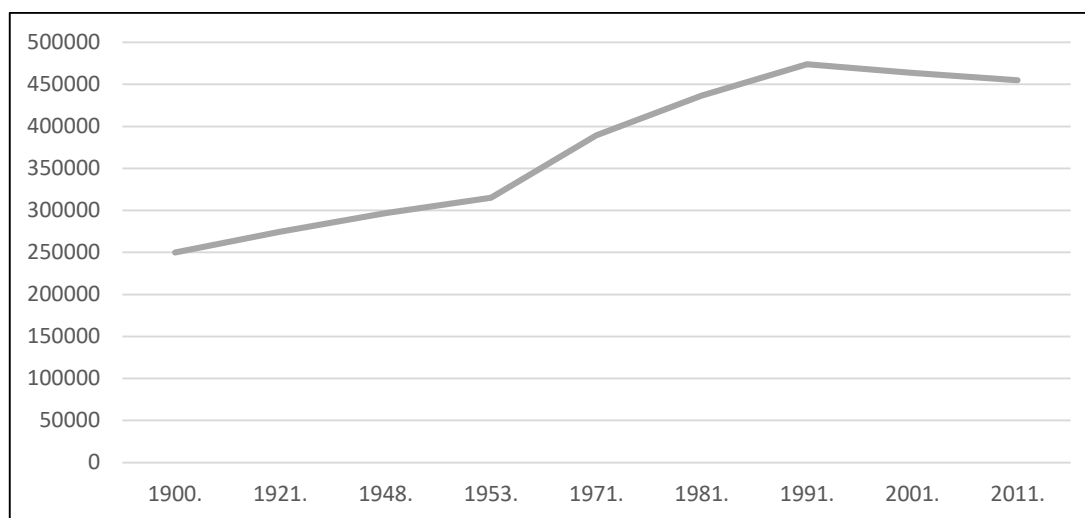


Slika 26. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 2001. do 2016. godine

7.3. Integracija socio-ekonomskih pokazatelja s detektiranim promjenama zemljišnog pokrova

Većina djelatnosti koje se obavljaju na nekom području i koje pridonose gospodarstvu, ovise o geografskim i klimatskim obilježjima tog područja. Dinamika promjena zemljišnog pokrova je preslika intenziteta društvenih promjena, odnosno globalnih i lokalnih trendova koji se mogu proučavati u uzročno-posljedičnim odnosima. Te promjene se ne mogu jednoznačno opisati, nego ovise o skupu različitih socio-ekonomskih faktora koje treba pratiti i analizirati kroz vrijeme kako bi se odredili trendovi.

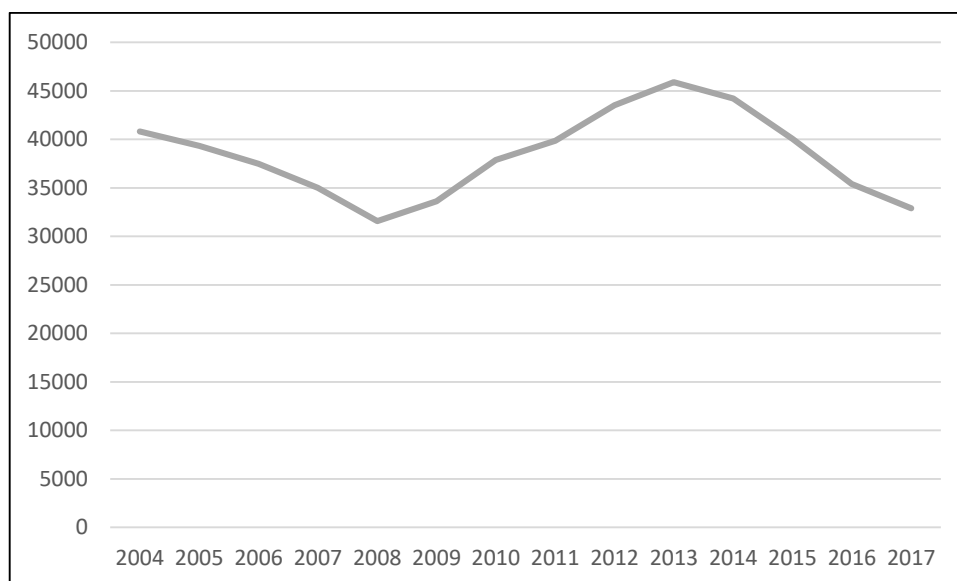
Splitsko-dalmatinska županija je imala konstantan rast broja stanovnika do 1991. godine, nakon koje se bilježi pad broja stanovnika (slika 27). Porast stanovnika do 1991. uzrokuje širenje izgrađenog područja. Porast izgrađenog zemljišta je posljedica i toga što je turizam preuzeo primat i postao glavna grana gospodarstva (tablica 12), u godinama kada se bilježi konstantan pad broja stanovnika. Opadanjem poljoprivredne i industrijske proizvodnje dosta ljudi je izgubilo posao (slika 28) i prekvalificiralo se za zapošljavanje u uslužnim djelatnostima. Stoga se može i očekivati pad zastupljenosti poljoprivrednog zemljišta.



Slika 27. Trend promjene broja stanovnika Splitsko-dalmatinske županije

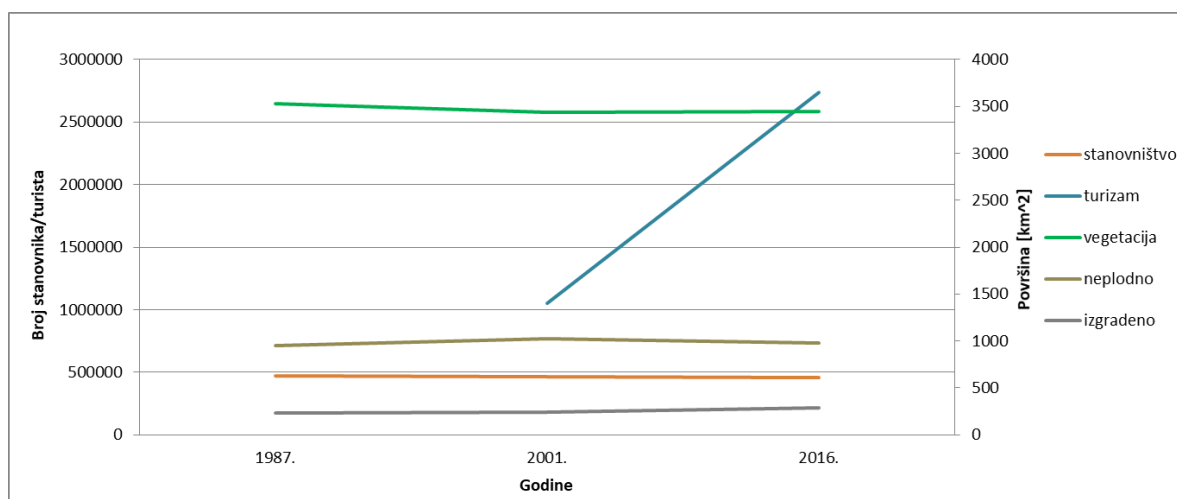
Tablica 12. Broj turističkih dolazaka u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Godina	Domaći	Strani	Ukupno
2000.	169765	725130	894895
2001.	169301	881605	1050906
2002.	181095	996047	1177142
2003.	187113	1049457	1236570
2004.	196704	1170246	1366950
2005.	205618	1299648	1505266
2006.	214639	1334618	1549257
2007.	247989	1483050	1731039
2008.	235765	1510546	1746311
2009.	213475	1444470	1657945
2010.	199811	1437845	1637656
2011.	206095	1571605	1777700
2012.	191988	1642888	1834876
2013.	196312	1841665	2037977
2014.	196581	2016322	2212903
2015.	217536	2256002	2473538
2016.	232571	2504733	2737304



Slika 28. Broj nezaposlenih u Splitsko-dalmatinskoj županiji od 2004. do 2017. godine

Državni zavod za statistiku (URL 28) je zapravo arhiva različitih parametara koje treba obraditi i integrirati s dinamikom promjena kako bi se vizualizirala uzročno-posljedična veza. Statistički pokazatelji su integrirani s podacima o zastupljenosti pojedine vrste zemljišta u određenom vremenskom razdoblju (slika 29).



Slika 29. Integracija socio-ekonomskih pokazatelja s dinamikom promjene zemljišnog pokrova

8. ZAKLJUČAK

Pomoću tehnika daljinskih istraživanja provodi se prostorno-vremenska analiza, u kojoj su detektirane, analizirane i interpretirane promjene zemljišnog pokrova. Na različitim setovima satelitskih snimaka Landsat misije provedena je nenadzirana klasifikacija, po K-means metodi, koja je zemljište Splitsko-dalmatinske županije razdvojila na vegetacijsko, neplodno i izgrađeno.

Rezultati istraživanja su geovizualizirani pomoću kartografskog prikaza klasificiranih scena pojedinih satelitskih snimki i tablica koje prikazuju količinu, kao i udio površine pojedine vrste zemljišnog pokrova.

Uspoređujući klasificirane snimke pratila se dinamika promjene načina korištenja zemljišta i zemljišnog pokrova. Dinamika promjena je prikazana pomoću histograma promjena, matrica konfuzije te kartografskim prikazom promjena.

Cilj ovog rada je ostvaren kada su se dobile konkretne brojke koje opisuju površinu prekrivenu određenom vrstom zemljišnog pokrova u promatranom vremenskom razdoblju. Kroz analize su se detektirali i vizualizirali smjerovi promjena pokrova zemljišta i zastupljenost svake vrste zemljišnog pokrova (zemljište prekriveno vegetacijom, neplodno zemljište i izgrađeno zemljište).

U tridesetogodišnjem razdoblju u Splitsko-dalmatinskoj županiji je nestalo 80,56 km² vegetacijskog zemljišta, koje je prenamijenjeno u izgrađeno ili neplodno zemljište, stoga se povećao udio zastupljenosti izgrađenog zemljišta za 55,57 km², kao i neplodnog zemljišta za 28,22 km² u odnosu na ukupnu površinu županije. U ovom razdoblju uočen je konstantan trend porasta zastupljenosti izgrađenog zemljišta.

Kako bi se dobila šira slika detektiranih promjena zemljišnog pokrova uzeli su se u obzir i fenomeni koji su utjecali na promjene i prenamjenu načina korištenja zemljišta, odnosno zemljišnog pokrova. Socio-ekonomski pokazatelji integrirani su s detektiranim promjenama zemljišnog pokrova.

S obzirom na sveprisutnost i aktualnost ove teme, ovo istraživanje može biti polazna točka nekim novim analizama i istraživanjima, koji će imati pristup satelitskim snimkama bolje rezolucije i širem spektru statističkih podataka socio-ekonomskih pokazatelja te na taj način nadograditi i usporediti postojeće analize i rezultate.

LITERATURA

Aggarwal, S. (2004): Principles of Remote Sensing, Proceedings of the Training Workshop 7-11 July, 2003, Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology, World Meteorological Organization, Geneva, 23-38.

Bajić, M. (1999): Daljinska istraživanja, bilješke, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Bakker, W. H., Grabmaier, K. A., Hunneman, G. C., Van Der Meer, F. D., Prakash, A., Tempfli, K., Reeves, C. V. (2004): Principles of remote sensing, an introductory textbook, The international institute for geo-informational science and earth observation (ITC), Enschede, the Netherlands.

Campbell, J. B., Wynne, R. H. (2011): Introduction to Remote Sensing, A Division of Guilford Publications, New York, United States of America.

Chandana, B., Srinivas, K., Kumar, R. K. (2014): Clustering algorithm combined with hill climbing for classification of remote sensing image, International Journal of Electrical and Computer Engineering, 4(6), 923-930.

Chavez, P. S. Jr. (1988): An Improved Dark Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data, Remote Sensing of Environment, 24, 459-479.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., Chipman, J. (2014): Remote sensing and image interpretation, John Wiley and Sons, New Aster, United States of America.

Martin, S. (2014): An introduction to ocean remote sensing, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Oluić, M. (2001): Snimanje i istraživanje Zemlje iz svemira, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.

Oštir, K. (2006): Daljinsko zaznavanje, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Ljubljana, Slovenija.

Oštir, K., Mulahusić, A. (2014): Daljinska istraživanja, Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina.

Reddy, M. A.(2006): Remote Sensing and Geographical Information Systems, Hyderabad, India.

Viera, A. J., Garrett, J. M. (2005): Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic, Fam. Med., 37(5), 360-363.

Zhu, X., Liu, D., Chen, J. (2012): A new geostatistical approach for filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images, Remote sensing of Environment, 124, 49-60.

MREŽNE ADRESE

URL 1: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing,
<http://www.isprs.org/documents/statutes16.aspx>, (10.9.2017.)

URL 2: Natural Resources Canada,
<http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/images/resource/tutor/fundam/images/rsprocess.gif>, (3.5.2017.).

URL 3: Wikipedia, https://sh.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_zra%C4%8Denje,
(6.7.2017.).

URL 4: Instrukcije, <http://www.instrukcije-hr.com>, (6.7.2017.).

URL 5: Physics,
<http://www.echocardiographer.org/Echo%20Physics/Wave%20parameters.html>, (6.7.2017.).

URL 6: Satimagingcorp, http://news.satimagingcorp.com/wp-content/uploads/2007/05/electromagnetic_spectrum_26-may-07.jpg, (6.7.2017.).

URL 7: Soonet, <http://hosting.soonet.ca/eliris/remotesensing/bl130lec3.html>, (8.7.2017.).

URL 8: University of Oregon, <http://uoregon.edu/pub/class/atm/index.html>, (8.7.2017.).

URL 9: Državna geodetska uprava, <http://www.dgu.hr/rjecnik-geodetskih-pojmova/>,
(11.7.2017.).

URL 10: Predavanja,
<http://147.91.21.108/f1/Predavanja/Fotogrametrija%20i%20daljinska%20detekcija%201%20-%20Osnovni%20pojmovi%20daljinske%20detekcije.pdf>, (11.7.2017.).

URL 11: EOportal, <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-7>,
(20.5.2017.).

URL 12: USGS <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>, (28.5.2017.).

URL 13: NASA, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-5/>, (10.5.2017.).

URL 14: NASA, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/>, (10.5.2017.).

URL 15: USGS, <https://landsat.usgs.gov/slc-products-background>, (10.5.2017.).

URL 16: NASA, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>, (13.5.2017.).

URL 17: Google maps, <https://www.google.hr/maps/place/Splitsko-dalmatinska+%C5%BEupanija/@43.4580522,15.6022948,8z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x1335612655a56cd9:0x300ad50862bb520!8m2!3d43.5240328!4d16.8178377>, (18.6.2017.).

URL 18: Dalmacija, <https://www.dalmacija.hr/Portals/0/docs/Tajnistvo/%C5%BErs%20sd%C5%BE.pdf>, (30.7.2017.).

URL 19: Dalmacija, http://www.dalmacija.hr/Portals/0/docs/Tajnistvo/ROP_SD_%C5%BDupanije.pdf, (30.7.2017.).

URL 20: Earth Explorer, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, (25.3.2017.)

URL 21: QGIS-The Leading Open Source Desktop GIS, <http://www.qgis.org/en/site/about/index.html>, (12.4.2017.).

URL 22: Features, http://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/preamble/features.html, (12.4.2017.).

URL 23: Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS, <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>, (12.4.2017.).

URL 24: Software, <http://www.saga-gis.org/en/index.html>, (14.4.2017.).

URL 25: Excel, <https://products.office.com/hr-hr/excel>, (17.4.2017.).

URL 26: Land Cover Classification of Cropland: a Tutorial Using the Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS, <http://www.directionsmag.com/entry/land-coverclassification-of-cropland-a-tutorial-using-the-semi-automa/376137>, (12.4.2017.).

URL 27: Histogram, <http://www.definiraj.com/1369/histogram/>, (2.4.2017.).

URL 28: Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>, (20.8.2017.).

POPIS SLIKA

Slika 1. Princip daljinskih istraživanja (URL 2)	11
Slika 2. Elektromagnetski val (URL 4)	11
Slika 3. Svojstva vala (URL 5).....	12
Slika 4. Spektar elektromagnetskog vala (URL 6).....	13
Slika 5. Raspršenje (URL 7)	15
Slika 6. Rayleighovo i Mieovo raspršenje (URL 8)	16
Slika 7. Spektralni potpis određenih objekata (Bajić 1999).....	18
Slika 8. Kronologija Landsatovih misija (URL 11)	20
Slika 9. Prikaz rada SLC popravke (URL 15).....	24
Slika 10. Prikaz interpolirane snimke (lijevo) i originalne snimke (desno) Landsat 7 satelita (Zhu i dr. 2012)	24
Slika 11. Prikaz principa nadzirane klasifikacije (Bajić 1999)	27
Slika 12. Prikaz principa nenadzirane klasifikacije (Bajić 1999)	28
Slika 13. Geografski položaj Splitsko-dalmatinske županije (URL 17)	29
Slika 14. RGB prikaz donjeg dijela Splitsko-dalmatinske županije	34
Slika 15. Postupak klasifikacije u softveru SAGA	36
Slika 16. Prikaz dobivenih klasa za 2001. godinu.....	36
Slika 17. Formirane klase.....	37
Slika 18. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987. godine	38
Slika 19. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 2001. godine	39
Slika 20. Zastupljenost pojedine vrste zemljišnog pokrova 2016. godine	41
Slika 21. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987.-2001.	43
Slika 22. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 2001.-2016.	45
Slika 23. Histogram zastupljenosti pojedine vrste zemljišnog pokrova 1987.-2016.	46
Slika 24. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 1987. do 2001. godine.....	47
Slika 25. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 2001. do 2016. godine.....	47
Slika 26. Prikaz promjena zemljišnog pokrova od 2001. do 2016. godine.....	48
Slika 27. Trend promjene broja stanovnika Splitsko-dalmatinske županije	49
Slika 28. Broj nezaposlenih u Splitsko-dalmatinskoj županiji od 2004. do 2017. godine.....	50
Slika 29. Integracija socio-ekonomskih pokazatelja s dinamikom promjene zemljišnog pokrova.....	50

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kanali multispektralnog skenera Landsat 4 i Landsat 5 satelita (URL 12).....	21
Tablica 2. Kanali tematskog kartografa za Landsat 4 i Landsat 5 (URL 12).....	22
Tablica 3. Kanali ETM+ senzora Landsat 7 satelita (URL 12).....	23
Tablica 4. TIRS i OLI senzori Landsat 8 satelita (URL 12)	25
Tablica 5. Preuzeti satelitski snimci	32
Tablica 6. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 1987. godinu	39
Tablica 7. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 2001. godinu	40
Tablica 8. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta za 2016. godinu	41
Tablica 9. Matrica konfuzije 1987. i 2001. godine	43
Tablica 10. Matrica konfuzije 2001. i 2016. godine	44
Tablica 11. Matrica konfuzije 1987. i 2016. godine	45
Tablica 12. Broj turističkih dolazaka u Splitsko-dalmatinskoj županiji	49

ŽIVOTOPIS

Marina Gudelj rođena je 7. kolovoza 1993. godine u Splitu. Godine 2008. upisuje Prirodoslovno-matematičku gimnaziju u Splitu, koju završava 2012. godine. Preddiplomski studij Geodezije i geoinformatike na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu upisuje 2012. godine. Preddiplomski studij uspješno završava 2015. godine stjecanjem akademskog naziva sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka geodezije i geoinformatike. Godine 2015. upisuje diplomski studij Geodezije i geoinformatike, usmjerenje Geoinformatika na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Dobitnica je Dekanove nagrade za ostvaren uspjeh na studiranju na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu za akademsku godinu 2013/2014. Dobitnica je Rektorove nagrade Sveučilišta u Zagrebu za rad na temu „Analiza urbanizacije grada Splita“ za akademsku godinu 2016/2017. Tijekom trajanja studija obavljala je različite studentske poslove preko student servisa. Trenutno radi preko student servisa u jednoj geodetskoj tvrtki u Medulinu.

PERSONAL INFORMATION

Marina Gudelj Mosečka 109, 21000 Split (Croatia) (+385)977081917 marinagudelj12@gmail.com

WORK EXPERIENCE

01/06/2012–01/08/2012

Prometna jedinica mladeži

MUP RH, Split (Croatia)

Upavljanje i reguliranje prometa

07/08/2012–01/10/2012

Prodavačica

ZOG, Tučepi (Croatia)

Rad u fast food-u, palačinkarnici

01/07/2013–01/09/2013

Prodavačica

ZOG, Tučepi (Croatia)

Rad u fast foodu i palačinkarnici

01/04/2014–01/05/2014

Promotor

Germanija, Split (Croatia)

01/11/2015–01/10/2016

Pomoćni radnik

C&A, Split, Zagreb (Croatia)

Rad u skladištu, rad u garderobi, ispomoć u trgovini.

Pomoćni radnik, pozvan po potrebi.

15/06/2016–15/09/2016

Promotor

Shootgun, Split (Croatia)

Sezonski posao promotora.

01/05/2017–Present

Geodetski poslovi

ITB d.o.o., Medulin (Croatia)

Terenski i uredski poslovi

EDUCATION AND TRAINING

01/09/2008–10/09/2012

Srednja stručna sprema

Matematička gimnazija, Split (Croatia)

01/10/2012–10/09/2015

univ. bacc. ing. geodezije i geoinformatike

Fakultet geodezije i geoinformatike, Split (Croatia)

Dekanova nagrada za izvrsnost

01/10/2015–Present

mag. ing. geod. et geoinf.

Geodetski fakultet, Zagreb (Croatia)

Rektorova nagrada Sveučilišta u Zagrebu za rad "Analiza urbanizacije grada Splita"

PERSONAL SKILLS

Mother tongue(s)

Croatian

Other language(s)

English

German

UNDERSTANDING		SPEAKING		WRITING
Listening	Reading	Spoken interaction	Spoken production	
B2	B2	B2	B2	B1
A1	A1	A1	A1	A1

Levels: A1 and A2: Basic user - B1 and B2: Independent user - C1 and C2: Proficient user
[Common European Framework of Reference for Languages](#)

Communication skills

Stečene dobre komunikacijske vještine tokom sezonskih poslova.

Digital competence

SELF-ASSESSMENT

Information processing	Communication	Content creation	Safety	Problem solving
Proficient user	Proficient user	Proficient user	Proficient user	Independent user

[Digital competences - Self-assessment grid](#)

Osnove rada na računalu.

Poznavanje rada programa: MS Office, QGIS, AutoCAD, ProgeCAD, Sketch up, IDRISI Selva, SAGA GIS, TNT mips

Osnove programski jezika: C++, Java, Phyton, HTML, SQL