SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET

Marina Gudelj

**ANALIZA URBANIZACIJE GRADA SPLITA**

Zagreb, 2017.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za kartografiju i fotogrametriju Geodetskog fakulteta u Zagrebu, Katedra za fotogrametriju i daljinska istraživanja, pod vodstvom dr. sc. Matea Gašparovića i doc. dr. sc. Mladena Zrinjskog, te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2016./ 2017.

Sadržaj

1.UVOD

Urbanizacija, kojoj ime dolazi od latinske riječi urbus što znači grad, je naziv kojim se označava prirodni ili mehanički prirast stanovništva u gradskim područjima, širenje gradskih područja, odnosno transformacija pretežno seoskih karakteristika nekog područja u gradsko. Proces urbanizacije je započet sa samim počecima civilizacije i stvaranja gradova, ali se intenzivirao tek nakon industrijske revolucije, odnosno korištenja novih tehnologija u poljoprivredi koje su smanjile potrebu za ljudskom radnom snagom, te ekspanzije uslužnog sektora u ekonomiji. Urbanizacija sa sobom dovodi cijeli niz problema, pogotovo kada se iskazuje kao nagla koncentracija velikog broja stanovnika na relativno malom prostoru. Zbog toga je potrebna primjena posebnih mjera i postupaka u svrhu izgradnje i organizacije gradskih naselja. Veliki gradovi zahtijevaju posebno organiziran vodovod, kanalizaciju, opskrbu hranom i drugim namirnicama, elektroenergetsku i telekomunikacijsku mrežu. Pored toga se posebna pažnja mora posvetiti kvaliteti života u gradu, uključujući borbu protiv zagađenja, kriminala i raznih oblika društvene patologije. (URL 1)

Teško je izmjeriti količinu urbanizacije nekog područja, pogotovo zato jer se urbanizacija odvija na više različitih, no uzajamno uzročno-posljedičnih područja. U ovom radu naglasak neće biti na praćenje procesa urbanizacije kroz postignuća na ekonomskom polju, poboljšanju životnih standarda, već će se pratiti urbanizacija kroz promjene koje ostavljaju trajni trag na Zemljinoj površini. Širenje gradskih područja na prigradska se ostvariva prenamjenom načina korištenja zemljišta, što u većini slučajeva znači da se mijenja način korištenja neplodnih ili poljoprivrednih površina, rijeđe i šumske površina, u građevne. „Betonizacijom“, odnosno izgradnjom novih zgrada, tvorničkih postrojenja, prometne infrastrukture sve je manje područja s prirodnim pokrovom, bilo travnatim, šumskim ili nekom uzgajanom kulturom. Satelitske snimke daju stanje Zemljine površine u određenom trenutku, na određenom mjestu pomoću vrijednosti piksela. Praćenjem i manipulacijom tih snimki kroz neki vremenski period možemo dobiti vizualizaciju procesa promjene pokrova zemljišta, odnosno možemo pratiti proces razvoja i širenja gradova, proces urbanizacije.

1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja

Mnogi znanstveni radovi se bave analizom promjene zemljišnog pokrova pokušavajući detektirati, analizirati i interpretirati globalni trend širenja urbanih područja.

Pomoću tehnika daljinskih istraživanja mogu se dobiti geoprostorni podaci koji opisivaju promjene zemljišnog pokrova i promjene korištenja zemljišta nekog područja u određeno vrijeme. Iako se te promjene mogu pratiti tradicionalnim tehnikama i mjerenjima, satelitsko daljinsko istraživanje donosi širi spektar informacija, uz prednost uštede troškova i vremena (Alberti i dr., 2004; Goetz i dr., 2004; Yang, 2002) .

U današnjem svijetu konstantnih promjena važnost točnih i pravovremenih informacija o naravi i opsegu zemljišnih resursa i promjena tokom vremena se povećava. Te promjene su jako bitne znanstvenicima, planerima, upraviteljima resursa i kreatorima politike (Cetin, 2009). Osobito u brzorastućim gradskim područjima, gdje se razvijaju metode kartiranja i praćenja promjena zemljišnog pokrova pomoću Landsatovih senzora (Yuan i dr, 2005).

Cijela arhiva Landsata sada je dostupna znanstvenoj javnosti koja predstavlja bogatstvo informacija za prepoznavanje i praćenje promjena u čovjekovom i fizičkom okruženju (Chander i dr., 2009; El Bastawesy, 2014).

Digitalne tehnike daljinskih istraživanja više vremenskih satelitskih slika pomažu u razumijevanju krajobrazne dinamike. Koji ilustriraju prostorno-vremensku dinamiku korištenja zemljišta (Rawat i dr, 2015).

Alsharif i Pradhan (2014.) u svom radu za praćenje širenja urbaniziranih područja koriste regresijske modele te opisuju odnos između urbanog širenja i ostalih čimbenika. Ti čimbenici obuhvaćaju socio- ekonomska područja; udaljenost do ekonomskih centara, do poslovnih četvrti, do najbližeg urbaniziranog područja, do obrazovnih ustanova, cesta; a za urbanizirana područja se još analiziraju i; opseg, kut, ograničena područja te gustoća stanovništva. Nakon što su ti čimbenici izdvojeni računaju se regresijski modeli i analiziraju promjene.

Znanstevnici još uvijek proučavaju stupanj urbaniziranosti prema različitim kriterijima. Pokušavajući standardizirati nekakav skup parametara unutar kojeg bi se proučavala urbanizacija. Huang i dr. (2015) su razvli skup parametara koji je sadržavao i okvir razvijen od Ujedinjenih naroda. Ti parametri su obuhvaćali ekološki otisak, zeleni gradski indeks, indikator napretka, indeks zaštite okoliša, indeks ljudskog razvoja. Međutim, većina parametara zahtjeva mnoštvo podataka koji ne mogu pružiti eksplicitni obrazac urbanih promjena u okolišu.

Taubenböck i dr. (2014) u svom istraživanju nastoje analizirati prostornu evoluciju jednog urbanog područja u mega regiju u vremenskom okviru od 35 godina. Klasificiranjem satelitskih podataka izvode definicije mega regije, te prilažu skup prostornih obiljžja koji su karakterstični za evoluciju mega regije. Osim toga razvili su i primjenjuju višekratnik prostornog mjerenja na tri razine; mega regije, prostore između gradova i same gradove.

Lopez i dr. (2017) poluautomatskom klasifikacijom stvaraju bazu podataka, koja podatke dijeli na urbana i neurbana područja. Baza podataka sadrži i alternativni prikaz pojava urbanizacije koncentrirajući se na ilegalna rješenja u zaštićenim zonama. Skup podataka za alternativni prikaz su prikupili građani (volonteri) podnoseći pritužbe za ilegalno korištenje zemljišta, uništavanje zelenih površina, smeće, buku i životinje.

Na području Republike Hrvatske urbanizacijom se dosta bravio Milan Vresk. Urbanizaciju je definirao kao proces, koji je uzročno povezan s mogućnostima zapošljavanja i socijalnim prestrukturiranjem poljoprivrednog stanovništva. U svojim radovima *Prometne osovine i osovine urbanizacije Središnje Hrvatske, Suburbanizacija Zagreba, Neka obilježja urbanizacije SR Hrvatske 1981. godine, Gradska regija Zagreba, Neka obilježja urbanizacije istočne Hrvatske, Prometne osovine i osovine urbanizacije Središnje Hrvatske, Satelitizacija splitske aglomeracije, Urbanizacija Dalmacije u uvjetima litoralizacije,*urbanizaciju geovizualizira na kartografskim prikazima praćenjem socio- ekonomskih trendova, poput broja stanovnika, dnevnih migracija, mogućnošću zapošljavanja i broja radnih mjesta. U radu *Dalmacija u uvjetima litoralizacije* zaključuje da je Splitska regija najbrže rastuća i da je Dalmacija makroregija s najvišim stupnjem urbanizacije i deagrarizacije. Udio gradskog stanovništva iznosio je 1981. Godine 55,4 %, dok je udio poljoprivrednog stanovništva bio 7%. Nedostatak agrarnih površina i drugih prirodnih izvora u krškoj sredini, te razvoj nepoljoprivrednih djelatnosti, prevenstveno na obali, pospješili su deagrarizaciju i urbanizaciju.

Friganović (1992) u radu *Promjene u dinamici stanovništva Hrvatske 1981-1991. kao funkcija urbanizacije* izvodi zaključke na osnovu broja stanovnika i njihovim osclacijama. Stupanj urbanizacije vizualizira na kartama i prikazuje ih na grafovima i tablicama.

Leder i dr. (2016) u radu *Određivanje površinske temperature tla područja Splita metodom daljinske detekcije* se bavi određivanjem temperature tla na osnovu Landsat snimaka koji su klasificirani metodom nenadzirane klasifikacije.

Horvat (2014) se bavio proučavanjem promjena u načinu upotrebe i pokrovu zemljišta u sjevernoj Hrvatskoj upotrebom Landsat satelitskih snimki. Iako je Horvat kao jednu od klasa prilikom klasifikacije dobio izgrađeno područje, nije ga posebno izdvojio i objašnjavao kroz pojave koje su rezultirale promjenama.

1.2. Područje istraživanja

U ovom radu će se istraživati i analizirati promjene na području grada Splita (slika 1). Split je smješten na jadranskoj obali, u srednjoj Dalmaciji, na Splitskom (Marjanskom) poluotoku. Točnije na 43.5°N i 16.5°E. Premda s tri strane okružen morem, Split je obilježen i okolnim planinama, Mosorom na sjeveroistoku, Kozjakom na sjeverozapadu te brdom Marjan, jednom od najvažnijih gradskih simbola, na zapadnom dijelu poluotoka - u blizini stare gradske jezgre. Split okružuju otoci Brač, Hvar, Šolta i Čiovo (URL 2).



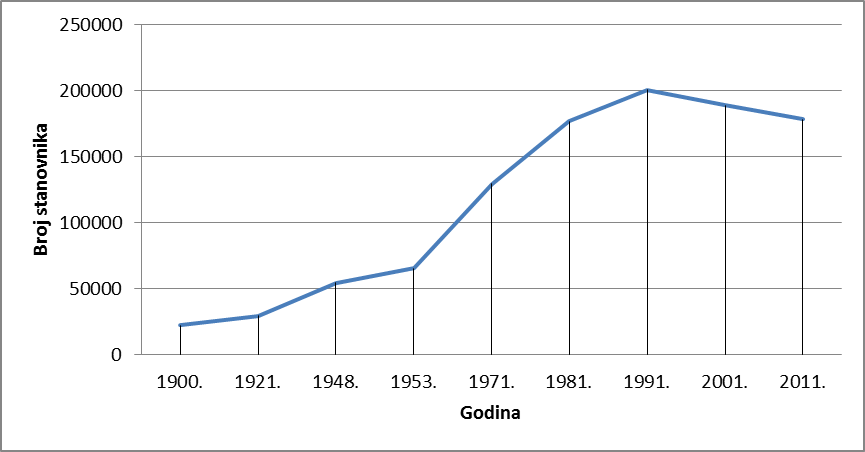
Slika 1. Geografski položaj grada Splita

Split je godinama postajao glavno industrijsko i poslovno središte srednje Dalmacije. Gospodarsko jačanje grada Splita je zahtijevalo veći broj radnika, većina tih radnika tragajući za kvalitetnijim uvjetima života se trajno preselila. U tablici 1 vidimo kako se broj stanovnika mijenjao tokom godina.

Tablica 1. Broj stanovnika grada Splita (URL 3) (izvor: 1)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Godina | 1900. | 1921. | 1948. | 1953. | 1971. | 1981. | 1991. | 2001. | 2011. |
| Broj stanovnika | 21925 | 29155 | 54187 | 64874 | 129203 | 176303 | 200459 | 188694 | 178102 |

Graf 1. Krivulja promjene broja stanovnika tokom godina



Split ima sredozemnu klimu, koju karakteriziraju suha i vruća ljeta i prohladne, ali umjerene i vlažne zime. Prosječna temperatura zraka najtoplijeg mjeseca viša je od 22°C, a najhladnijeg viša od 4°C (URL 3).

Obzirom da grad Split karakteriziraju dobar geografski položaj i povoljna klima, on se počeo davno razvijati još za vrijeme antičkog Rima. Već 17 stoljeća traje priča o Splitu, još otkako je rimski car Dioklecijan odlučio baš na tom poluotoku blizu velikog rimskog grada Salone izgraditi palaču u kojoj bi u miru proveo posljednje godine svoga života. U tih 1700 godina Palača je polako postajala i postala grad, koji danas mami bogatom tradicijom, veličanstvenom poviješću, ljepotom prirodne i kulturne baštine.

Dioklecijanova palača i cijela povijesna jezgra Splita na spisku su svjetske baštine UNESCO - a još od 1979. godine (URL 4). Sve te komponente su dovele do rasta turizma koji posljednih godina bilježi rekordne brojke (tablica 2). Razvojem turizma svake godine se pokušava osigurati što više novih smještajnih kapaciteta koji itekako utječu na vizuru grada.

Tablica 2. Broj dolazaka i ostvarenih noćenja u razdoblju od 2013. do 2016. (URL 4)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | dolasci | noćenja |
| 2013. | STRANI TURISTI | 282139 | 820604 |
| DOMAĆI TURISTI | 43161 | 93451 |
| UKUPNO | 325300 | 914055 |
| 2014. | STRANI TURISTI | 352252 | 1007997 |
| DOMAĆI TURISTI | 41802 | 103382 |
| UKUPNO | 394054 | 1111379 |
| 2015. | STRANI TURISTI | 408734 | 1215631 |
| DOMAĆI TURISTI | 48049 | 121904 |
| UKUPNO | 456783 | 1337535 |
| 2016. | STRANI TURISTI | 516458 | 1631457 |
| DOMAĆI TURISTI | 58557 | 131652 |
| UKUPNO | 575049 | 1763174 |

2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Urbanizacija je proces koji je započet u prošlom stoljeću i taje još i danas. UN predviđa da će do 2025. godine 5500 milijuna stanovnika živjeti u gradovima te implicira činjenicu da neki od gradova još nisu ni sagrađeni. Urbanizacija najviše zahvaća zemlje u razvitku, odnosno zemlje Afričkog i Azijskog kontinenta. Zemlje Europe su postigle već dovoljan stupanj urbaniziranosti, ali ta pojava u manjoj mjeri zahvaća Republiku Hrvatsku, odnosno grad Split.

Grad Split je drugi grad po veličini u Republici Hrvatskoj i glavni grad središnje Dalmacije.

Pregledavanjem dosadašnje literature nisu nađena nikakva istraživanja koja bi povezala promjene zemljišnog pokrova sa socio-ekonomskim promjenama i našla uzročno posljedične veze za grad Split. Stoga je jedno ovakvo istraživanje neophodno.

Cilj ovog rada je odrediti dinamiku i količinu promjene zemljišnog pokrova grada Splita koristeći satelitske snimke u što je moguće većem vremenskom intervalu. Nenadziranom klasifikacijom će se odrediti vrste zemljišnog pokrova za određenu godinu. Usporedbom vrijednosti klasificiranih satelitskih snimaka mogu se vidjeti promjene koje su nastale prenamjenom određene vrste zemljišta. Na taj način možemo pratiti kako se i u kojim smjerovima razvijao i širio grad.

Ovaj rad bi trebao pokazati da se značajno promjenila zastupljenost određenih vrsta zemljišnog pokrova zadnjih trideset godina. Zastupljenost izgrađenog područja se sigurno povećala, dok se zastupljenost vegetacijskog pokrova i neplodnog zemljišta smanjila.

Povećanje zastupljenosti urbanog područja mora biti uzrokovano ekonomskim rastom i migracijom stanovništva okolnih područja. Stoga će se priložiti i podaci o broju stanovnika, stanju gospodarstva i drugih društvenih pojava koji će se moći povezati s dinamikom razvoja grada, odnosno promjene vrste zemljišta.

Rezultati ovog rada će dati jedan potpuno novi pogled na ovaj problem.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1. Daljinska istraživanja

Daljinska istraživanja su znanost i umjetnost dobivanja informacija o objektima, površinama ili pojavama kroz analize podataka prikupljene instumentima, koji nisu u izravnom kontaktu s objektima, površinama ili pojavama koje su opažane (Lillesand i dr., 2014). Prvi specijalisti koji su se bavili daljinskim istraživanjem bili su astronomi koji su promatrali objekte oko Zemlje poput Isaca Newtona i Galilea. 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).

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 (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:

1. Izvor elektromagnetskog zračenja
2. Putovanje kroz atmosferu
3. Interakcija s površinom
4. Zapisivanje valova senzorom
5. Prenos, prijem i obrada
6. Interpretacija i analiza
7. Korištenje (Oštir, 2006).

3.2. Izvor podataka

Glavni izvor podataka za potrebe ovog rada su satelitske snimke Landsat misija.

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 ponavljanjem 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 upotrebe zemljišta, deforestizaciju, biološke raznolikosti, klimatske promjene, itd.

Mogućnosti Landsatovih programa rasle su sa svakom novom misijom.

Obzirom da se ovaj rad bavi analizom promjena koje se odvijaju u različitom vremenskom periodu, preuzete su snimke s različitih satelita. Satelitske snimke se nalaze na internet stranici Earth Explorer, koja je pod nadležnosti Agencije za geologiju Sjedinjenih Američkih država (USGS) (izvor: 2).

Postupak preuzimanja satelitskih snimki se sastoji od toga da prvo na interaktivnoj karti svijeta odaberemo mjesto i vremenski period za koji su potrebne satelitske snimke. Za pojedinu godinu se preuzimaju snimke iz ljetnih mjeseci. Potom se odabere satelit i prikažu rezultati. Prije samog preuzimanja snimki potrebno je provjeriti jesu li, i u kojoj količini snimke prekrivene oblacima. Kod preuzimanja je potrebno da postoji opcija Level 1 Data Product jer ta opcija garantira dostupnost svih kanala.

Za 1987., 1992. i 2011. godinu preuzete su snimke Landsat 5 satelita. U ovaj satelit je ugrađen multispektralni skener za snimanje (tablica 3) i senzor nazvan tematski kartograf (Thematic Mapper – TM) (tablica 4). Moć razlučivanja ovog satelita 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 (Oluić, 2001).

Tablica 3. Kanali multispektralnog skenera Landsat 5 satelita (URL 5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Spektralni kanali** | **Valna duljina (μm)** | **Primjena** |
| Kanal 1 - zeleni | 0.5 - 0.6 | Sedimentalna voda, opisiva područja plitke vode |
| Kanal 2 - crveni | 0.6 - 0.7 | Kuturna obilježja |
| Kanal 3 - blisko infracrveni (IC) | 0.7 - 0.8 | Vegetacijska granica između kopna i vode, zemljišna raznolikost |
| Kanal 4 - blisko infracrveni (IC) | 0.8 - 1.1 | Najbolje prodiranje atmosferske magle, ističe vegetaciju, granice između kopna i vode, zemljišna raznolikost |

Tablica 4. Kanali tematskog kartografa Landsat 5 satelita (URL 5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 - kratkovalni IC | 1.55 - 1.75 | Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake |
| Kanal 6 - Termalni IC | 10.40 - 12.50 | Termničko kartiranje i procjenjivanje vlažnosti tla |
| Kanal 7 - kratkovalni IC | 2.09 - 2.35 | Određivanje minerala i vrste stijena |

Za godinu 2001. preuzete su snimke Landsat 7 satelita. Landsat 7 ima poboljšanu verziju Thematic Mapper senzora, nazvanu Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (tablica 5). Pankromatski kanal Landsat 7 ima 15 metarsku prostornu rezoluciju, a infracrveni kanal ima 60 metarsku rezoluciju (URL 6).

Tablica 5. Kanali ETM+ senzora Landsat 7 satelita (URL 5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 - kratkovalni IC | 1.55 - 1.75 | Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake |
| Kanal 6 - termalni IC | 10.40 - 12.50 | Termničko kartiranje i procjenjivanje vlažnosti tla |
| Kanal 7 - kratkovalni IC | 2.09 - 2.35 | Određivanje minerala i vrste stijena |
| Kanal 8 - pankromatski | 0.52 - 0.9 | 15 metarska rezolucija, oštrije konture slike |

Za 2011. Godinu su postojale i satelitske snimke Landsat 7 satelita, no one nisu preuzete zbog SLC korekcije. Naime, 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. 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, 2016).

Iz priloženih tablica uočljivo je da je najveća razlika između Landsat 5 i Landsat 7 satelita u tom osmom pankromatskom kanalu ETM+ senzora. Pankromatski kanal ima rezoluciju od 15 metara, a za potrebe ove analize se koriste snimke razlučljivosti 30 metara.

Za 2016. godinu su preuzete snimke od Landsat 8 satelita. Satelit obilježavaju dva senzora za prikupljanje podataka Operational Land Imager (OLI) i Thermal Infrared Sensor (TIRS) (tablica 6). 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 7). Glavne razlike između novih TIRS i prethodnih TM/ETM senzora (osim razlika koje se odnose na dizajn senzora) je prisutnost dva TIR pojasa u atmosferskom prozoru između 10 i 12 μm, što predstavlja napredak u odnosu na jedan toplinski pojas prikazan u TM i ETM senzorima (Jiménez-Muñoz i dr., 2014).

Tablica 6. TIRS i OLI senzori Landsat 8 satelita (URL 5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 - blisko infracrveni | 0.85 - 0.88 | Određivanje sadržaja biomase i obala |
| Kanal 6 – kratkovalni infracrveni | 1.57 - 1.65 | Mjerenje vlage u tlu i vegetaciji, prodire kroz tanke oblake |
| Kanal 7 - kratkovalni infracrveni | 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 – Cirrus | 1.36 - 1.38 | Detektiranje oblaka |
| Kanal 10 – TIRS 1 | 10.60 – 11.19 | 100 m rezolucija, termalno kartiranje i procjena vlažnosti tla |
| Kanal 11 – TIRS 2 | 11.5 - 12.51 | 100 m rezolucija, poboljšano termalno kartiranje i procjena vlažnosti tla |

Administrativne granice Republike Hrvatske preuzete su s internet stranice Global Administrative Areas u .shp formatu, gdje je posebno izdvojena granica grada Splita (izvor: 3).

3.3. Korišteni softveri

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 jednostano za korisničku upotrebu (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 8).

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

1. Pregledavanje podataka
2. Istraživanje podataka i izrada karta
3. Kreiranje, uređivanje, upravljanje i izvoz podataka
4. Analiza podataka
5. Internetsko objavljivanje karata
6. Proširivanje QGIS funkcija pomoću dodataka (URL 9)

Za manipulaciju i obradu satelitskih snimki u softveru QGIS potrebno je učitat dodatak Semi- Automatic Classification. SCP je poluautomatski besplatni dodatak koji omogućuje nadziranu i nenadziranu klasifikaciju scene. Također pruža nekoliko alata za vizualizaciju prikaza, naknadnu obradu klasifikacija i izračun rastera( URL xy). Potom se učitaju skinute satelitske snimke (WGS84, UTM 33 N referentni sustav) gdje se u okviru preprocesiranja poboljšavaju ulazne snimke pretvaranjem digitalnog broja na fizičku mjeru refleksije vrha atmosfere. Također se primjenjiva i jednostavna atmosferska korekcija pomoću metode Dark Object Subtraction (DOS 1) (URL 10). Nakon toga se multispektralni kanali izrežu na administrativno područje grada Splita (slika 2).



Slika 2: Izrezani multispektralni snimci na granicu grada Splita

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

SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) je GIS softver dizajniran za jednostavnu i učinkovitu provedbu prostornih algoritama, nudi sveobuhvatan, rastući niz geoznanstvenih metoda. SAGA je slobodni softver kojeg podržavaju Windows i Linux operacijski sustavi. Pruža pristupačno korisničko sučelje i dosta opcija vizualizacije. 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 11).

Obrada i analiza statističkih podataka se vršila 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.

3.4. Klasifikacija

Multispektralna klasifikacija snimaka koristi se za postizanje tematskih informacija iz satelitskih snimaka na poluautomatski način. Postoje različiti postupci koji se koriste u procesu klasifikacije, a neki od njih zasnivaju se na teoriji vjerojatnosti.

Mjerenje vrijednosti refleksije na snimcima zavisi o karakteristikama Zemljine površine, odnosno postoji uzajamni odnos između vegetacijskog pokrivača i mjerenih vrijednosti refleksije. Da bi se dobile informacije o slikovnim podacima taj se uzajamni odnos treba pronaći. Pronalazak tog odnosa se naziva klasifikacija (Oluić, 2001).

Klasifikaciju djelimo na nadzirane i nenadzirane.

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. Jako je bitno da je interpretator upoznat s tretiranim područjem jer je njegov subjektivi doživljaj scene rezultira objektivnom klasfikacijom. Klasifikator vrši razvrstavanje piksela u klase, na osnovu njihovih statističkih vrijednosti.

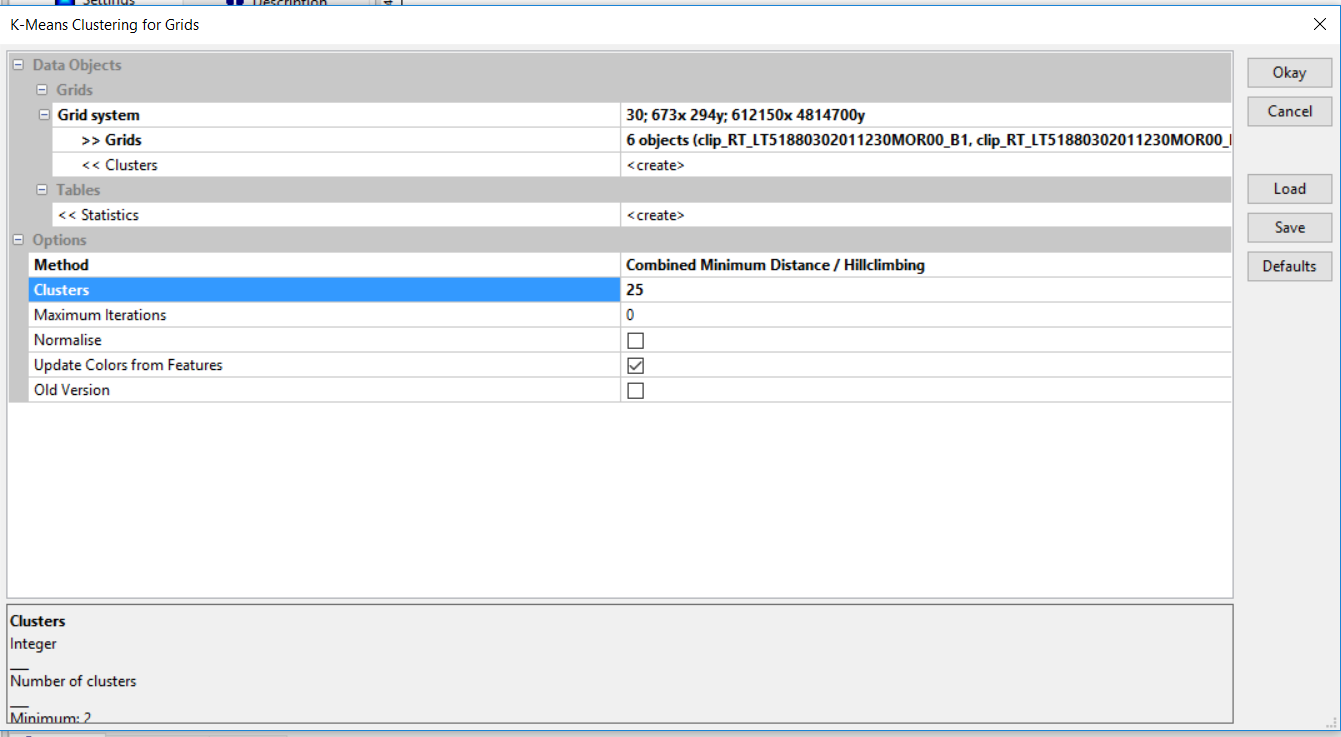
Kod nenadzirane klasifikacije piksele rasporedimo u razrede obzirom na njihovo „prirodno“ združivanje u spektralnom prostoru. Za razliku od nadzirane klasifikacije u prvom koraku nam nisu potrebna znanja o površini scene koju želimo klasificirati.

Postupak nenadzirane klasifikacije djelimo na:

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

Grupiranje ili klasterska analiza je postupak združivanja višedimenzionalnih podataka u skupine ili grupe (Bajić, 1999).

Satelitske snimke landsat satelita su klasificirane u softveru SAGA pomoću nenadzirane klasifikacije, metodom K-means (Hill-Climbing) na 25 klasa (slika 3 i slika 4). Metoda K-means 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 (Bajić, 1999).



Slika 3. Postupak klasifikacije u softveru SAGA



Slika 4. Prikaz dobivenih klasa za 2016. godinu

Nakon provedene klasifikacije dobivene klase su se spajale formirajući 4 osnovne klase: vegetacije, neplodno, more i izgrađeno. Klasa more nije predmet istraživanja ovog rada, no morala je biti uvedena kako bi se ispravno klasificirala scena. Klasa more se uvodi zato jer su Landsat snimke raterske datoteke rezolucije 30 m i kada se režu pomoću vektorske granice grada Splita moguće je da u rubnim područjima ostanu vrijednosti piksela koje prikazuju more. Vrijednost te klase je izbačna kod statističkih računanja zastupljenosti zemljišnog pokrova.

.

4. REZULTATI

4.1. Stupanj urbaniziranosti grada Splita

4.1.1. 1987. godine

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



Slika 5. Stupanj urbaniziranosti grada Splita 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 grada Splita prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vrsta zemljišnog pokrova | Površina [km^2] | Udio [%] |
| Vegetacija | 42,38 | 59,96 |
| Neplodno | 17,68 | 25,01 |
| Izgrađeno | 10,62 | 15,03 |

4.1.2. 1992. godine

Rezultat klasifikacije Landsat 5 satelitske snimke za 1992. godinu (slika 6).



Slika 6. Stupanj urbaniziranosti grada Splita 1992. 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. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu grada Splita za 1992. godinu prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vrsta zemljišnog pokrova | Površina [km^2] | Udio [%] |
| Vegetacija | 38,19 | 54,01 |
| Neplodno | 17,27 | 24,43 |
| Izgrađeno | 15,25 | 21,57 |

4.1.3. 2001. godine

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



Slika 7. Stupanj urbaniziranosti grada Splita 2001. godine

Prema rezultatima klasifikacije možda nije odmah vidljivo, ali došlo je do promjena u zastupljenosti pojedinih vrsta zemljišnog pokrova obzirom na 1992. godinu, odnosno na 1987. godinu. Najzastupljenija vrsta zemljišnog pokrova i dalje je vegetacija. Zastupljenost izgrađenog zemljišta se povećala u odnosu na neplodno zemljište. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu grada Splita za 1992. godinu prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vrsta zemljišnog pokrova | Površina [km^2] | Udio [%] |
| Vegetacija | 39,28 | 55,55 |
| Neplodno | 14,91 | 21,09 |
| Izgrađeno | 16,52 | 23,36 |

4.1.4. 2011. godine

Rezultat klasifikacije Landsat 5 satelitske snimke za 2011. godinu (slika 8).



Slika 8. Stupanj urbaniziranosti grada Splita 2011. godine

U 2011. godini su se nastavili trendovi rasta zastupljenosti izgrađenog zemljišta, a pada zastupljenosti vegetacijskog i neplodnog zemljišta. Vegetacija je najzastupljenija vrsta zemljišnog pokrova, zatim slijede izgrađeno i neplodno zemljište. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu grada Splita za 2011. godinu prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vrsta zemljišnog pokrova | Površina [km^2] | Udio [%] |
| Vegetacija | 38,75 | 54,78 |
| Neplodno | 14,57 | 20,59 |
| Izgrađeno | 17,42 | 24,63 |

4.1.5. 2016. godine

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



Slika 8. Stupanj urbaniziranosti grada Splita 2016. godine

Godine 2016. nastavljaju se trendovi pada zastupljenosti vegetacijskog i neplodnog zemljišta, a rast zastupljenosti izgrađenog zemljišta. Premda se vremenom sve više smanjuje zastupljenost vegetacijskog pokrova, ono je i dalje najzastupjenija vrsta zemljišnog pokrova. Izgrađeno zemljište je zastupljenija vrsta pokrova nego neplodno zemljište, u odnosu na ukupnu površinu grada Splita. Količina površine pojedinog zemljišnog pokrova i njegov udio obzirom na ukupnu površinu grada Splita za 2016. godinu prikazani su u tablici 1.

Tablica 11. Prikaz zastupljenosti pojedine vrste zemljišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vrsta zemljišnog pokrova | Površina [km^2] | Udio [%] |
| Vegetacija | 34,66 | 48,96 |
| Neplodno | 15,99 | 22,59 |
| Izgrađeno | 20,15 | 28,46 |

4.2. Detektirane promjene zemljišnog pokrova

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

4.2.1 Promjene zemljišnog pokrova

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1987 | 1992 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 33458 | 5056 | 6 | 1652 | 40172 |
| neplodno | 4508 | 13716 | 0 | 888 | 19112 |
| more | 80 | 0 | 806 | 3 | 889 |
| izgrađeno | 3691 | 826 | 122 | 11931 | 16570 |
| ukupno | 41737 | 19598 | 934 | 14474 | 76743 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1992 | 2001 | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno |
| vegetacija | 32974 | 6831 | 65 | 2577 |
| neplodno | 4497 | 11356 | 0 | 672 |
| more | 4 | 0 | 775 | 119 |
| izgrađeno | 3769 | 940 | 51 | 12915 |
| ukupno | 41244 | 19127 | 891 | 16283 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2001 | 2011 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 35321 | 2177 | 55 | 3493 | 41046 |
| neplodno | 2320 | 13489 | 4 | 733 | 16546 |
| more | 2 | 0 | 802 | 93 | 897 |
| izgrađeno | 2834 | 491 | 3 | 14021 | 17349 |
| ukupno | 40477 | 16157 | 864 | 18340 | 75838 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2011 | 2016 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 32967 | 3319 | 0 | 3541 | 39827 |
| neplodno | 1417 | 13607 | 2 | 1073 | 16099 |
| more | 5 | 0 | 761 | 97 | 863 |
| izgrađeno | 969 | 741 | 32 | 16092 | 17834 |
| ukupno | 35358 | 17667 | 795 | 20803 | 74623 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1987 | 2001 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 34723 | 4598 | 63 | 2066 | 41450 |
| neplodno | 1661 | 14114 | 0 | 774 | 16549 |
| more | 116 | 0 | 779 | 3 | 898 |
| izgrađeno | 5350 | 902 | 94 | 11729 | 18075 |
| ukupno | 41850 | 19614 | 936 | 14572 | 76972 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2001 | 2016 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 33672 | 1848 | 2 | 1584 | 37106 |
| neplodno | 3453 | 13316 | 0 | 962 | 17731 |
| more | 34 | 4 | 754 | 5 | 797 |
| izgrađeno | 4995 | 1374 | 142 | 15293 | 21804 |
| ukupno | 42154 | 16542 | 898 | 17844 | 77438 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1987 | 2016 | | | | | |
| klasa | vegetacija | neplodno | more | izgrađeno | ukupno |
| vegetacija | 30840 | 4321 | 17 | 1301 | 36479 |
| neplodno | 3271 | 13509 | 10 | 917 | 17707 |
| more | 75 | 1 | 714 | 7 | 797 |
| izgrađeno | 7671 | 1761 | 195 | 12251 | 21878 |
| ukupno | 41857 | 19592 | 936 | 14476 | 76861 |

7. ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorima doc. dr. sc. Mladenu Zrinjskom i dr. sc. Mateu Gašparoviću prije svega na uloženom trudu i susretljivosti. Također im se zahvaljujem na stručnim savjetima, utrošenom vremenu i velikoj pomoći pri izradi rada.

8. POPIS LITERATURE

Oštir Sam

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

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

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

Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote sensing of Environment*, *98*(2), 317-328.

Rawat, J. S., & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *18*(1), 77-84.

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., Cristóbal, J. (2014): Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *11*(10), 1840-1843.

Alsharif, A. A., Pradhan, B. (2014): Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 42(1), 149-163.

Taubenböck, H., Wiesner, M., Felbier, A., Marconcini, M., Esch, T., & Dech, S. (2014). New dimensions of urban landscapes: The spatio-temporal evolution from a polynuclei area to a mega-region based on remote sensing data. Applied Geography, 47, 137-153.

Alberti, M., Weeks, R., & Coe, S. (2004). Urban land cover change analysis in

Central Puget Sound. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,

70(9), 1043 – 1052.

Goetz, S. J., Varlyguin, D., Smith, A. J., Wright, R. K., Prince, S. D., Mazzacato, M. E., et al. (2004). Application of multitemporal Landsat data to map and monitor land cover and land use change in the Chesapeake Baywatershed. In P. C. Smits, & L. Bruzzone (Eds.), Proceedings of the second international workshop on the analysis of multi-temporal remote sensing images (pp. 223 – 232). Singapore’ World Scientific Publishing Co.

Yang, X. (2002). Satellite monitoring of urban spatial growth in the Atlanta metropolitan area. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(7), 725 – 734.

Huang, L., Wu, J., Yan, L., (2015): Defining and measuring urban sustainability: a review

of indicators. Landsc. Ecol. 30, 1175–1193.

Chander, G., Markham, B. L., Helder, D. L. (2009): Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment, 113(5), 893-903.

Bastawesy, M. E. (2014): Hydrological scenarios of the Renaissance Dam in Ethiopia and its hydro-environmental impact on the Nile downstream. Journal of Hydrologic Engineering, 20(7), 04014083.

Lopez, J. M. R., Heider, K., Scheffran, J. (2017): Human and remote sensing data to investigate the frontiers of urbanization in the south of Mexico City. Data in Brief, 11, 5-11.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., Chipman, J. (2014): Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons.

Cetin, M. (2009). A satellite based assessment of the impact of urban expansion around a lagoon. International Journal of Environmental Science & Technology, 6(4), 579-590.

Vresk, M. (1993). Prometne osovine i osovine urbanizacije Središnje Hrvatske. Hrvatski geografski glasnik, 55(1.), 81-87.

Vresk, M. (1997). Suburbanizacija Zagreba. Hrvatski geografski glasnik, 59(1.), 49-70.

Vresk, M. (1983). Neka obilježja urbanizacije SR Hrvatske 1981. godine. Acta Geographica Croatica, 17(1.), 39-53.

Vresk, M. (1978). Gradska regija Zagreba. Hrvatski geografski glasnik, 40(1.), 59-87.

Vresk, M. (1988). Neka obilježja urbanizacije istočne Hrvatske. Hrvatski geografski glasnik, 50(1.), 33-43.

Vresk, M. (1993). Prometne osovine i osovine urbanizacije Središnje Hrvatske. Hrvatski geografski glasnik, 55(1.), 81-87.

Vresk, M. (1985). Urbanizacija Dalmacije u uvjetima litoralizacije. Acta Geographica Croatica, 20(1.), 31-40.

Vresk, M. (1998). Satelitizacija splitske aglomeracije. Hrvatski geografski glasnik, 60(1.), 31-47.

Friganović, M. A. (1992). Promjene u dinamici stanovništva Hrvatske 1981-1991. kao funkcija urbanizacije. Hrvatski geografski glasnik, 54(1.), 63-73.

Leder, T. D., Leder, N., Hećimović, Ž. ()Određivanje površinske temperature tla područja Splita metodom daljinske detekcije.

Cvitanović, M. (2014). Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1991. do 2011. Hrvatski geografski glasnik, 76(1), 41-59.

Horvat, Z. (2014). Upotreba satelitskih snimaka Landsat za utvrđivanje promjena u načinu upotrebe i pokrovu zemljišta u Međimurskoj županiji u Hrvatskoj. Hrvatski geografski glasnik, 75(2.), 5-28.

URL 1: <https://sh.wikipedia.org/wiki/Urbanizacija>

URL 2: <http://www.visitsplit.com/hr/1232/polozaj>

URL 3: <http://www.dzs.hr/>, DRŽAVNI zavod za statistiku

URL 4: <http://www.visitsplit.com/hr/1416/grad-split>

URL 5: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>, USGS,

URL 6: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/>, NASA,

URL 7: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>, NASA

URL 8: <http://www.qgis.org/en/site/about/index.html>,

URL 9: <http://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/preamble/features.html>,

URL10: <http://www.directionsmag.com/entry/land-cover-classification-of-cropland-a-tutorial-using-the-semi-automa/376137>,

URL 11: <http://www.saga-gis.org/en/index.html>,

URL 12: <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>,

Izvor 3: <http://www.gadm.org/download>,

<http://search.proquest.com/openview/2b0ca680413f89277ec68a1834eee0fa/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1686344/ip?accountid=168605/ip?accountid=168605>,

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.

**Analiza urbanizacije grada Splita**

Marina Gudelj

9. SAŽETAK

Tema ovog istraživanja je analiza urbanizacije grada Splita. Istraživanje je provedeno na podacima koji su rezultat daljinskih istraživanja. Analizirano je pet setova satelitskih snimaka misije Landsat, koji prekrivaju područje grada Splita 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 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 0,79, dok je najmanja ukupna točnost 86% ), 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 prikazani u obliku raznih grafova i tablica. Kronološki gledano uočljiv je stalni trend pada postotka zastupljenosti vegetacijskog i neplodnog zemljišta, a povećanje postotka izgrađenog zemljišta. Najveće promjene zemljišnog pokrova su uočene između dva seta satelitskih snimaka koji obuhvaćaju početnu i završnu godinu istraživanja, 1987. i 2016. godinu. Godine 1987. zemljišni pokrov grada Splita je obuhvaćao 56% vegetacijskog pokrova, 25% neplodnog i 19% izgrađenog zemljišta, dok je 2016. godine zemljišni pokrov grada Splita činilo 49% vegetacijskog pokrova, 23% neplodnog i 28% izgrađenog zemljišta. Jasno je uočljivo da su razlike pokrova zemljišta velike, osobito izgrađenog zemljišta, gdje iznose 9% površine grada Splita, odnosno ukupno 6.78 km2.

Ključne riječi: urbanizacija, detekcija promjena zemljišnog pokrova, nenadzirana klasifikacija, grad Split, Landsat.

**The Analysis of Urbanization of Split**

Marina Gudelj

10. SUMMARY

The subject of this research is the analysis of urbanization of the town Split. The research is based on the results of remote sensing. Five sets of Landsat imagery, which cover the area of Split over the period of thirty years. Unsupervised classification was carried out on the imagery, arranging the scene in 4 classes: vegetation, the sea, the infertile 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 0.79, while the minimum overall accuracy was 86%), 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 shown in charts and tables. Chronologically, there is an obvious constant trend in decrease in the percentage of vegetative and infertile cover, and increase in the percentage of the built-up area. 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 56% of the vegetative cover, 25% of the infertile cover and 19% of the built-up area. In 2016 the land cover of Split was made up of 49% of the vegetative cover, 23% of the infertile cover and 28% of the built-up area. It is clear that there are big differences, especially in the built-up area, totaling 9% or 6,78 km².

Key words: urbanization, land-cover change detection, unsupervised classification, Split, Landsat

11. ŽIVOTOPIS

Marina Gudelj rođena je 7. kolovoza 1993. godine u Splitu. 2008. godine upisuje Prirodoslovno- matemtičku gimnaziju u Splitu. 2012. godine upisuje Preddiplomski studij Geodezije i geoinformatike na Falkutetu građevinarstva, arhitekture i geodezije. Preddiplomski studij završava 2015. godine te upisuje diplomski studij geodezije na Geodetskom falkutetu u Zagrebu. Dobitnica dekanove nagrade za uspjeh na Falkutetu građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu za akademsku godinu 2013./2014..