

Admir Mulahusić\*

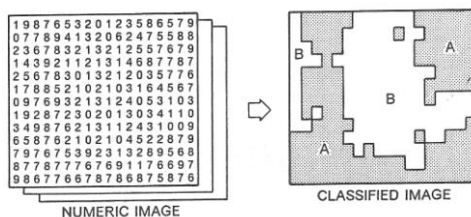
UDK 528.856

Pregledni rad

## KREIRANJE TEMATSKIH KARATA NA OSNOVU SATELITSKIH SNIMAKA KORIŠTENJEM MAXIMUM LIKELIHOOD KLASIFIKACIJE

### 1. Klasifikacija satelitskih snimaka

Digitalna slikovna klasifikacija je proces pridruživanja piksela odgovarajućim klasama (kategorijama). Upoređujući piksele moguće je sastaviti grupe istih u klase (kategorije) koje odgovaraju informacionim kategorijama. Ove klase (kategorije) formiraju regione na karti ili slici. Nakon klasifikacije digitalna slika je predstavljena kao mozaik uniformnih dijelova, od kojih je svaki dio definiran i određen bojom ili simbolom (slika 1):

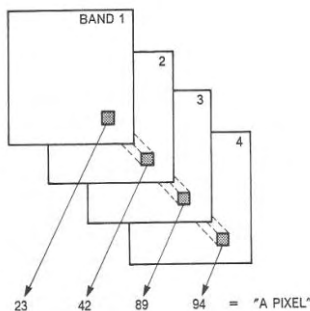


Slika 1: Numerička i klasificirana slika (Campbell, 1996)

Klasificirana slika je definirana ispitivanjem numeričke slike, a nakon toga grupiranjem piksela koji imaju iste spektralne vrijednosti. Klasa (razred) "A" je npr. formiran od jasnih piksela (vrijednosti 6, 7, 8 i 9), a "B" od tamnih (0, 1, 2 i 3). Obično ih ima mnogo više – barem 3 do 4 spektralna kanala.

Kod klasifikacije često se koristi termin "*Classifier*", koji odgovara kompjuterskom programu koji primjenjuje određene procedure za slikovnu klasifikaciju. Naučnici su razvili niz klasifikacionih strategija.

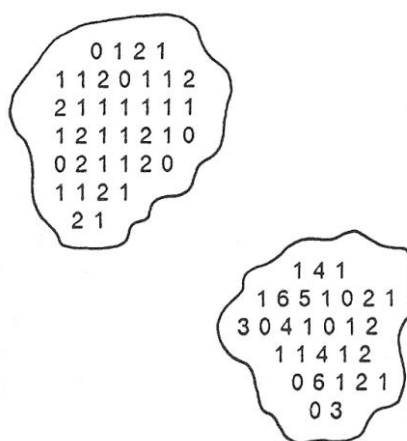
Najjednostavniji oblik klasifikacije podrazumijeva da svaki piksel pridružujemo klasi baziranoj na nekoliko mjerenih vrijednosti u nekoliko spektralnih kanala (nekada ih definiraju kao "spectral" ili "point" klasifikatori, tj. tačkasti klasifikatori). Prednost "point" klasifikatora je u jednostavnosti, a nedostatak je što ne mogu eksploatirati informaciju vezanu za susjedni piksel (slika 2).



Slika 2: "Point" klasifikatori (Campbell, 1996)

\* Mr.sc. Admir Mulahusić, dipl.inž.geod., Građevinski fakultet u Sarajevu

Alternativna i nešto kompleksnija klasifikacija razmatra piksele u njihovom prostornom okruženju na slici, a kao sredstvo korištenja informacije o teksturi. Ovo su prostorni ili susjed klasifikatori, koji ispituju male površine na slici korištenjem spektralnih informacija i informacija o teksturi za potrebe klasifikacije (Slika 3):



Slika 3: Prostorni ili susjed klasifikatori (Campbell, 1996)

Prostorni klasifikatori često su komplicirani za programiranje i skupi su za korištenje (u odnosu na "point" klasifikatore). U nekim slučajevima prostorni klasifikatori su se pokazali kao izuzetno tačni, ali i pored toga rijetko se koriste za potrebe daljinskih istraživanja.

## 2. Nadgledana i nenadgledana klasifikacija

Naredna podjela klasifikatora razlikuje nadgledanu i nenadgledanu klasifikaciju. Nadgledana zahtijeva interakciju sa analitičarem, koji mora voditi klasifikaciju identifikacijom površina na slici (za koje se zna da pripadaju određenoj kategoriji). Nenadgledana klasifikacija ima minimalnu vezu sa analitičarem u potrazi za prirodnim grupama piksela na slici. Neke od metoda ne pripadaju niti jednoj grupi u cijelosti. Tu se prije svega misli na tzv. hibridne klasifikatore, koji dijele karakteristike obje pomenute metode.

### *Prednosti nenadgledane klasifikacije*

- Ne zahtijeva široko predznanje o predmetnom terenu.
- Minimizirana je mogućnost greške ljudskog faktora. Ovdje operator samo specificira broj kategorija.
- Jedinstvene klase se prepoznaju kao različite jedinice. Takve klase (obično manje površine) mogu ostati neprepoznate kod nadgledane klasifikacije, te mogu biti pridružene drugim klasama generirajući grešku na cjelokupnu klasifikaciju.

*Nedostaci i ograničenja nenadgledane klasifikacije*

- Proizilaze iz oslanjanja na prirodna grupiranja i teškoće u podudaranju ovih grupa na informacione kategorije koje su od interesa za analitičara.
- Nenadgledana klasifikacija identificira spektralno homogene klase unutar podataka. Ove klase ne moraju odgovarati informacionim kategorijama koje su od interesa za analitičara. On je suočen sa problemom usklađivanja spektralnih klasa generiranih klasifikacijom. Rijetko se nailazi na identično (1 na 1) korespondiranje između dva skupa klasa.
- Analitičar ima limitiranu kontrolu nad menijem klasa i njihovih specifični identiteta.
- Spektralne osobine specifičnih informacionih klasa će se izmijeniti tokom vremena, pa odnos između informacionih i spektralnih klasa nije konstantan.

Nenadgledana klasifikacija cijele slike razmatra više hiljada piksela. Klasifikacijski proces zasnovan je na pitanju da li pikseli pripadaju istoj grupi. Nenadgledana klasifikacija vrši hiljade mjerenja udaljenosti kao sredstvo utvrđivanja sličnosti za mnogo piksela i grupa na slici. Program za ovu klasifikaciju uključuje algoritam za računanje udaljenosti i procedure nalaženja, testiranja i revidiranja klasa na osnovu limita definiranih od strane analitičara.

*Prednosti nadgledane klasifikacije*

- Analitičar ima kontrolu.
- Odabrani meni informacionih kategorija odgovara specifičnostima regiona i svrsi.
- Ova klasifikacija obično je u vezi sa specifičnim površinama poznatog identiteta.
- Kod ove klasifikacije analitičar nema problema kod usklađivanja spektralnih regiona (na konačnoj karti) sa informacionim kategorijama od interesa.
- Operator može otkriti ozbiljne greške ispitivanjem podataka (da utvrdi da li su tačno klasificirani, što ne znači da su i drugi podaci tačno klasificirani).

*Nedostaci i ograničenja nadgledane klasifikacije*

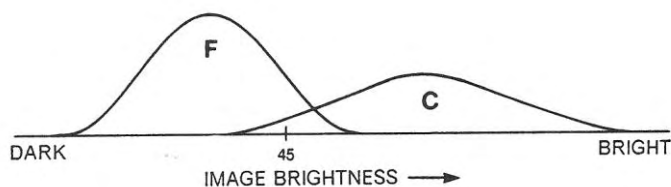
Nedostaci i ograničenja nadgledane klasifikacije su brojni. Definirane kategorije mogu da se ne slažu sa prirodnim. Podaci su često definirani informacionim kategorijama, a samo sekundarno spektralnim osobinama. Oni mogu biti odabrani od strane analitičara. Ovo se praktikira kada imamo velike površine. Analitičar može da ima probleme sa u usklađivanju podataka na kartama i aerosnimcima sa onima na snimku koji se klasificira. Ovaj tip klasifikacije može da ne prepozna i/ili predstavi posebne ili jedinstvene kategorije.

Imamo niz metoda za nadgledanu i nenadgledanu klasifikaciju. U ovome radu korištena je nadgledana klasifikacija - metoda Maxlike ili Maximum likelihood klasifikacija.

### 3. Maximum likelihood klasifikacija (Klasifikacija maksimalne vjerovatnosti)

U prirodi, klase koje klasificiramo predstavljaju prirodne varijacije u njihovim spektralnim uzorcima, a dalje varijacije su rezultat izmaglice, topografskih sjena, sistemskog šuma i miješanih piksela. Kao rezultat navedenog, snimci daljinskih istraživanja rijetko snimaju spektralno čiste klase, a općenito prikazuju niz tonova u okviru svakog kanala. Mnoge klasifikacijske strategije ne uzimaju u obzir varijacije koje mogu biti predstavljene u okviru spektralnih kategorija i ne prepoznaju probleme preklapanja frekvencijskih raspodjela spektralnih vrijednosti i odvojenih kategorija. Npr. kod primjene paraleliped klasifajera, preklapanje klasa je ozbiljan problem zato što prostor spektralnih podataka ne može biti jasno razdvojen u diskretne jedinice za klasifikaciju. Ova situacija često se dešava jer je naša pažnja usmjerena na klasifikaciju onih piksela koji izgledaju spektralno slični nego li na one koji su dovoljno različiti da bi se mogli jednostavno i tačno klasificirati drugim klasifikatorima.

Kao rezultat prikazana je situacija na slici 4, koja se često dešava. Recimo da se ispituje region koji se sastoji od  $\frac{3}{4}$  šume i  $\frac{1}{4}$  obradivog tla. Ove dvije kategorije ili klase bitno se razlikuju kada govorimo o prosječnoj osvijetljenosti, ali kada govorimo o ekstremnim vrijednostima (vrlo jasni pikseli šume, ili vrlo tamni pikseli obradivog tla) onda se razdiobe tih vrijednosti preklapaju. Na slici 4 prikazani su podaci za samo jedan spektralni kanal, a u stvarnosti govorimo o mnogo više kanala i o više od dvije klase (kategorije).



Slika 4: Maximum likelihood klasifikacija (Klasifikacija maksimalne vjerovatnosti)  
(Campbell, 1996)

Vrijednost osvijetljenosti "45" nalazi se u regionu preklapanja, tj. u dijelu gdje ne možemo napraviti jasnu razliku između šume ili obradivog tla. Korištenjem pravila odabira ne možemo odabrati grupu koja bi "primila" ove piksele.

U ovom slučaju efektivna klasifikacija bi razmatrala relativnu vjerovatnost "45" kao člana "šume" i "45" kao člana "obradivog tla". Mi bi nakon toga mogli odabrati kategoriju koja bi maksimizirala vjerovatnost ispravne klasifikacije. Ovakva strategija je poznata kao *Maximum likelihood klasifikacija* ili *Klasifikacija maksimalne vjerovatnosti*. Ova klasifikacija koristi podatke kao sredstvo procjene srednjih vrijednosti i varijanci kategorija, koje se nakon toga koriste za procjenu vjerovatnosti (Campbell, 1996). Maximum likelihood klasifikacija je najpopularnija metoda klasifikacije kod daljinskih istraživanja (Murai, 2004).

#### 4. Osnovne naznake o Landsat satelitima

U ovome radu satelitski snimci su bili osnova za dobivanje tematske karte upotrebe zemljišta za otok Šoltu u Republici Hrvatskoj. Korišten je softverski paket IDRISI for Windows. Upotrebljavan je metod kontrolirane klasifikacije. Za kontrolu samog postupka korištena je topografska karta otoka Šolte u mjerilu 1:25 000.

Odabirom kanala utvrđeno je da je najbolje koristiti kanal TM4 i to zbog najbolje uočljivih razlika u pixel-ima. TM je kratica za Thematic Mapper, koji se koriste kod Landsat satelita. Prvi Landsat satelit lansiran je 1972. godine. Prvu generaciju tih satelita sačinjavali su sateliti Landsat 1, 2 i 3, drugu Landsat 4 i 5, a treću Landsat 6 i 7. U radu su korišteni snimci dobiveni od strane Landsat 5 satelita, koji je lansiran davne 1984. godine. Landsat 4 i 5 sateliti imaju nominalnu visinu putanje 705 km.

Ciklus nadlijetanja jedne iste tačke na Zemlji je 16 dana. Jedan snimak pokriva površinu od 185 km x 185 km. U Landsat 4 i 5 satelitima montiran je senzor Thematic Mapper (TM). Moć razlučivanja mu je 30 metara, a snimanje se obavlja u 7 spektralnih kanala u oba smjera u odnosu na pravac kretanja letjelice.

Tabela 1: Spektralni kanali u TM senzoru ugrađenom u Landsatu 5 (Oluić, 2001)

| Kanali | Valne dužine (µm) |
|--------|-------------------|
| 1      | 0,45 – 0,52       |
| 2      | 0,52 – 0,60       |
| 3      | 0,63 – 0,69       |
| 4      | 0,76 – 0,90       |
| 5      | 1,55 – 1,75       |
| 6      | 10,40 – 12,50     |
| 7      | 2,08 – 2,35       |

Snimci dobiveni pomoću Thematic Mapper-a (TM-a) sadrže geometrijske distorzije koje se mogu ispraviti u postupku procesiranja.

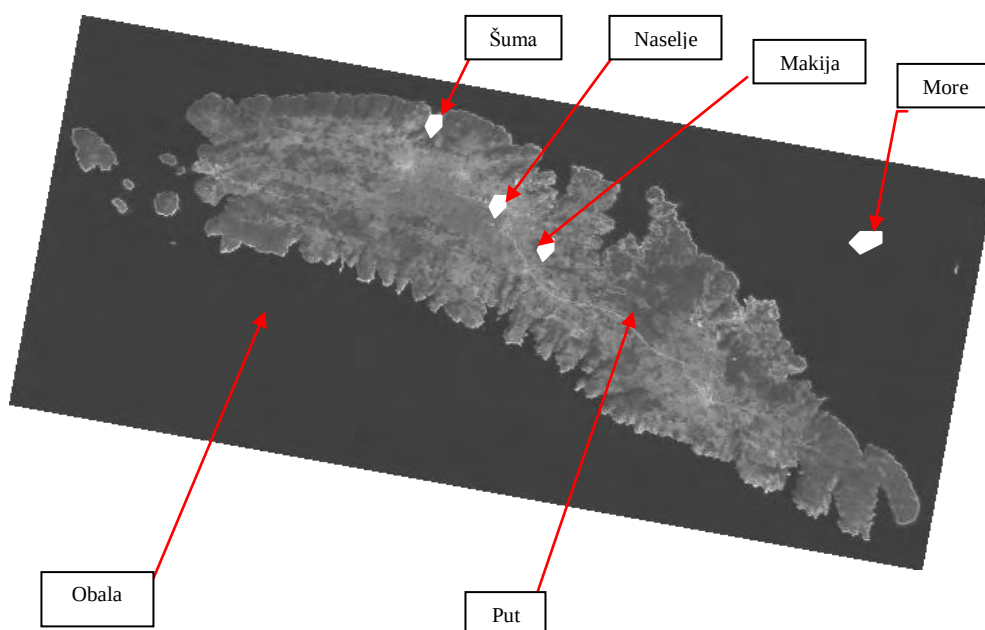
#### 5. Postupak kreiranja karte

Prilikom kreiranja tematske karte upotrebe zemljišta za otok Šoltu korišten je softverski paket IDRISI for Windows.

Odlučio sam se za klasifikaciju na šest kultura i to:

- Put (ID 1),
- Naselje (ID 2),
- Šuma (ID 3),
- More (ID 4),
- Makija (ID 5),
- Obala (ID 6).

kao što je prikazano na slici 5:

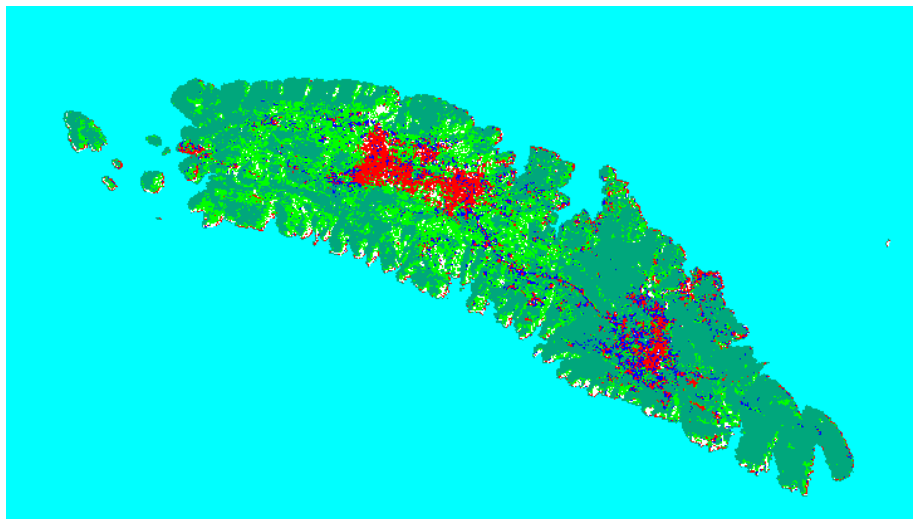


Slika 5: Položaj uzetih uzoraka

Uzorci su uzeti na sljedeći način:

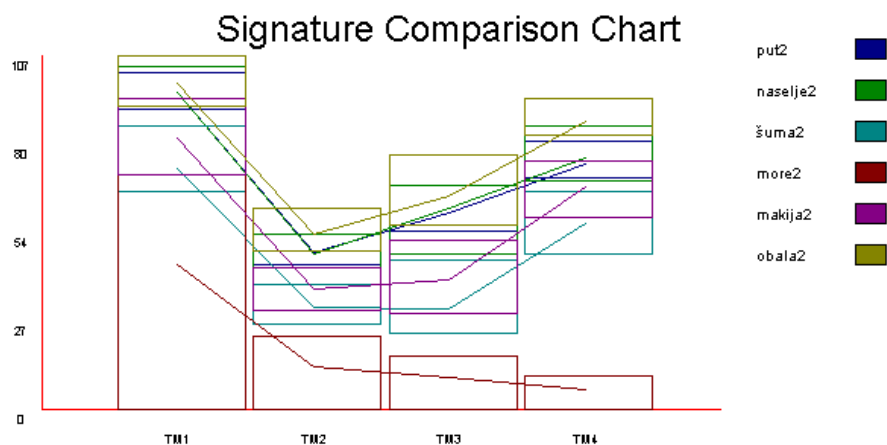
1. *Put*  
Put je na snimku lako uočljiv, pa nije bilo problema sa uzimanjem uzorka.
2. *Naselje*  
Uzorak je uzet u centru samog mjesta, gdje je očigledno da nema niti vegetacije niti puta,
3. *Šuma*  
Uzorak je uzet uz samu obalu, jer je bilo jasno da se radi o šumovitom području.
4. *More*  
Uzorak za more nije bio problem (s obzirom na njegov položaj).
5. *Makija*  
Uzorak je uzet na području južno od naseljenog mjesta.
6. *Obala*  
Ovaj uzorak je pravio najviše problema, obzirom da nije mogao biti dovoljno veliki. Uzet je mali uzorak i to uz samu obalu.

Kao rezultat kreiranja tematske karte upotrebe zemljišta za otok Šoltu u Republici Hrvatskoj dobivena je sljedeća karta (slika 6):



Slika 6: Tematska karta upotrebe zemljišta otoka Šolte

Karta je, kao što je ranije rečeno, dobivena korištenjem *Maximum likelihood klasifikacije* ili metodom *Klasifikacije maksimalne vjerovatnosti* uz stalno nadziranje postupka i uz korištenje postojeće topografske karte u mjerilu 1:25 000 koja je služila za kontrolu.



Slika 7: Uporedni histogram vrijednosti izabranih potpisa

U narodu je poznata izreka da slika vrijedi hiljadu riječi. Daljinsko istraživanje je dokaz te izreke (Mulahusić, 2000).

## 6. ZAKLJUČAK

Dobivena tematska karta upotrebe zemljišta otoka Šolte dobivena je korištenjem nadgledane klasifikacije, tj. metodom Maxlike ili Maximum likelihood klasifikacije. Metoda se pokazala kao izuzetno prikladana za otok Šoltu. Postupak je dopuštao intervencije u svim segmentima rada i pokazalo se da nije slučajno zašto se radi o najčešće korištenom postupku klasifikacije satelitskih snimaka.

## LITERATURA:

1. Campbell, J.B. (1996): Introduction to Remote Sensing. Taylor & Francis, London.
2. Cracknell, A. P. (editor in chief, 2005): International Journal of Remote Sensing, Volume 26. Taylor & Francis, Abingdon.
3. Mulahusić, A. (2000): Daljinska istraživanja. Geodetski glasnik, 34, str. 15-22.
4. Murai, S. (2004): Remote Sensing Course. University of Tokyo, Tokyo.
5. Oluić, M. (2001): Snimanje i istraživanje zemlje iz svemira : sateliti-senzori-primjena. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti : GEOSAT, Zagreb.

## Sažetak:

Ovaj tekst se bavi primjenom daljinskog istraživanja. Cilj je bio dobiti tematsku kartu upotrebe zemljišta otoka Šolte u Republici Hrvatskoj. U tekstu su date osnovne napomene o klasifikaciji satelitskih snimaka, nadgledanoj i nenadgledanoj klasifikaciji, kao i o Maximum likelihood klasifikaciji (Klasifikaciji maksimalne vjerovatnosti) kao metodi nadgledane klasifikacije. Zatim su prikazane osnovne naznake o Landsat satelitima, a završno poglavlje opisuje osnove postupka kreiranja tematske karte upotrebe zemljišta otoka Šolte.

## Abstract:

This article deals with the topic of applied Remote Sensing. Main goal was to get the thematic map of land use for the island Šolta in Croatia. There are some basic comments on classification of satellite images, supervised and unsupervised classification, and maximum likelihood classification (as the method of supervised classification) in this article. There are also some basic comments on Landsat satellites. Final chapter deals with the main procedures in creating thematic map of land use for the island Šolta in Croatia.