

Filip Sabo
Slobodan Pavlović
Dragana Popović

▶ student, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad, Srbija, e-mail: filipsabo@yahoo.com
▶ student, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija, e-mail: geo.slobodanpavlovic@gmail.com
▶ student, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija, e-mail: daduska90@yahoo.com

VEZA IZMEĐU VEGETACIJSKIH INDEKSA I DETEKCIJE ŠUMA NA OSNOVI LANDSAT 5 SNIMKI

SAŽETAK: Podaci prikupljeni na daljinu široko se koriste u svrhu detekcije promjena na površini zemlje, nestanak ili nastanak vodenih površina, šuma, poljoprivrednih površina itd. Ova studija se odnosi na uspostavljanje veze između vegetacijskih indeksa i detekcije šuma na osnovi satelitskih multispektralnih snimki srednje razlučivosti. Odnosno, kako kombinacije pojedinih indeksa utječu na izdvajanje pošumljenih područja i da li je to uopće moguće. Nakon utvrđivanja veze pristupilo se određivanju nestalih i nastalih šumskih područja. Istraživanje je provedeno koristeći Landsatove snimke prostorne razlučivosti 30 metara i softver Erdas Imagine. Kao ulazni podaci korišteni su pojedini kanali snimki (plavi, crveni, zeleni, bliskoinfracrveni i srednje infracrveni kanal). Aritmetičkim kombiniranjem tih kanala u Model Makeru dobiveni su rasteri (slike) s odgovarajućim vrijednostima piksela na osnovu kojih je izvršena klasifikacija šuma. Za svaki vegetacijski indeks postoje granice u koje spadaju vegetacijska područja. Razlog korištenja više vegetacijskih indeksa leži u činjenici da svaki ima određene prednosti i nedostatke. Neki od njih umanjuju utjecaj pozadine (tla, zemlje) korištenjem dodatnih konstanti, dok neki imaju manji utjecaj atmosfere na konačni raster. Uglavnom, svi koriste ključne infracrvene kanale zbog visokog odziva zdrave vegetacije u tom dijelu spektra. Na osnovi kontrolnih točaka, koje predstavljaju stvarna šumska područja, određene su granice vrijednosti piksela za klasificiranje šuma. Na kraju je izvršena vektorizacija podataka (konverzija iz rastera u vektor) kako bi se dobile površine područja pod šumama. Sve je ovo odrađeno za dva ljetna razdoblja, 1986. i 2011. godine.

KLJUČNE RIJEČI: daljinska istraživanja, Landsat 5 Thematic Mapper, vegetacijski indeksi, Erdas Imagine, Model Maker, šume Fruške Gore, inženjerska klasifikacija

Relationship between vegetation indices and forest detection based on Landsat 5 images

ABSTRACT: Remotely sensed data are widely used in order to determine changes on the Earth's surface, disappearance or appearance of water areas, forests, agricultural areas, etc. This study aims to establish a relation between vegetation indices and forest detection based on multispectral satellite images with medium spatial resolution, i.e. how the combination of individual indices affects the extraction of forested areas and is that even possible. After establishing relations, it was possible to determine the deforested and forested areas. The research was conducted using Landsat images with 30 meters spatial resolution and using the Erdas Imagine software. Individual image bands (blue, red, green, near-infrared and mid-infrared) were used as input data. Rasters with certain pixel values, with which forest classification was conducted, were generated using arithmetical combinations of image bands in the Model Maker. For each vegetation index, there are limit within which vegetation areas belong. The reason for using multiple vegetation indices are advantages and disadvantages of individual indices. Some of them reduce background effects (bare soil) by using additional constants, while some have less atmospheric impact on final results. Mainly, all of them use infrared bands because of high vegetation reflection of that spectrum. Limitation for forest areas was established based on Ground Control Points (GCP) which represent true forest areas, and the classification was performed using this limits. Lastly, vectorization (raster to vector conversion) of data was conducted in order to obtain areas. All of this was applied during two summer periods, in 1986 and 2011.

KEYWORDS: Remote sensing, Landsat 5 Thematic Mapper, Vegetation indices, Erdas Imagine, Model Maker, Fruška Gora forests, Engineering classification

1. UVOD

Snimke mnogobrojnih satelitskih senzora se koriste za analizu fizičkih procesa na površini Zemlje bez obzira na to da li je površina vegetacija ili urbano područje. Također, jedan od primarnih interesa sustava za promatranje Zemlje je proučavanje uloge vegetacije u globalnim procesima velikih razmjera s ciljem razumijevanja kako Zemlja funkcionira kao sustav. Oba nastojanja zahtijevaju razumijevanje globalne distribucije vegetacijskih tipova kao i njihovih biofizičkih i strukturnih osobina i prostorno-vremenskih varijacija (Jensen, 1996).

Cilj ovog projekta je određivanje i uspoređivanje površina Nacionalnog parka Fruška Gora pod vegetacijom za dva razdoblja koristeći dvije multispektralne snimke satelitskog sustava Landsat 5 iz 1986. i 2011. godine. Primjenom tehnologije daljinskih istraživanja i različitih vegetacijskih indeksa otkrivena su područja pod šumom i izračunata je njihova površina. Za klasifikaciju šumskih područja bilo

je potrebno odrediti kontrolne točke. Kombinacijom različitih kanala i dobivanjem odgovarajuće vrijednosti refleksije za određeni piksel, identificirana su šumska područja, tj. dobivene su kontrolne točke na temelju kojih je izvršena klasifikacija. Najveći utjecaj na projekt imaju upravo kontrolne točke. Ako su one pouzdane, tj. ako su to zaista šumska područja, onda su i vrijednosti vegetacijskih indeksa ispravni i klasifikacija je izvršena na ispravan način.

1.1. PRETHODNI RADOVI

U studiji „Object Based Image Analysis in Forestry Change Detection“ (Jovanović i drugi, 2010) autori također koriste snimke satelitskog sustava Landsat u svrhu detektiranja promjena površina, ali ne samo šumskih područja Nacionalnog parka Fruška Gora, već i umjetnih, poljoprivrednih i vodenih površina za više razdoblja. Glavni

cilj njihovog rada bio je objektna klasifikacija snimki radi detektiranja promjena površina. U svrhu analiza za ovaj rad korišten je isti referentni okvir NP Fruška Gora koji je dobiven vektorizacijom topografske karte (TK100), a vektorizaciju su proveli spomenuti autori. Glavna razlika između studija je u načinu klasifikacije šumskih površina. Klasifikacija opisana u ovom članku zasnovana je na vegetacijskim indeksima i kontrolnim točkama, dok su Jovanović i drugi koristili objektnu klasifikaciju, tj. nisu uzete u obzir samo spektralne osobine područja od interesa već i oblik, veličina, obujam itd.

2. KORIŠTENI VEGETACIJSKI INDEKSI

Još od 1960-ih znanstvenici su izdvojili i oblikovali razne vegetacijsko-biofizičke varijable koristeći podatke daljinskih istraživanja. Većina ovoga uključivala je korištenje vegetacijskih indeksa – bezdimenzionalna radiometrijska mjerenja koja ukazuju na obilje i aktivnost zelene vegetacije uključujući prostorni indeks lista, postotak zelenog pokrivača, sadržaj klorofila, zelenu biomasu i upijenu fotosintetsku aktivnu radijaciju (Jensen, 1996).

Postoje mnogi vegetacijski indeksi. Većina je funkcionalno ista što dovodi do zalihosti podatka, no neki osiguravaju jedinstvenu biofizičku informaciju (Jensen, 1996).

Vegetacijski indeksi su izračunati na osnovi multispektralnih snimki sustava Landsat 5 iz dva ljetna razdoblja 1986. i 2011. godine kako bi se mogla izvršiti usporedna analiza nastanka odnosno nestanka površina pod šumom na području Nacionalnog parka Fruške Gore. U ovoj studiji korišteni su sljedeći indeksi:

1. Simple ratio (vrijednosti se kreću od 0 do 30, zdrava zelena vegetacija je obično između 2 i 8)

$$SR = \frac{RED}{NIR}$$

2. Normalized difference Vegetation Index (NDVI raspon vrijednosti od -1 do 1, vegetacija od 0,2 do 0,8)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NDVI je bitan vegetacijski indeks jer:

- se mogu pratiti sezonske i međugodišnje vegetacijske promijene,
- normiranje smanjuje mnoge oblike multiplikacijskih šumova (razlike osvijetljenosti Sunca, topografske varijacije, sjena oblaka) prisutnih u kanalima.

Mane NDVI-a:

- Normirani bazirani indeks je nelinearan i na njega mogu utjecati dodatni šumovi kao što je atmosfersko zračenje.
 - Suočava se s problemom skaliranja kod zasićenih signala pretežno prisutnih u područjima s visokom koncentracijom biomase.
 - Vrlo je osjetljiv na varijacije pozadine listova. NDVI vrijednosti su visoke s tamnijom pozadinom. (Jensen, 1996).
3. Green NDVI (Vrlo sličan NDVI-ju, umjesto crvenog kanala koristi se zeleni kanal)

$$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}$$

4. Infrared Index (Vrijednost piksela od -1 do 1, vegetacija od 0,02 do 0,6)

$$II = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR}$$

5. Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI vrijednosti su iste kao NDVI vrijednosti)

Nažalost, istraživanja su pokazala da empirijski podaci NDVI-ja mogu biti nestabilni jer variraju u zavisnosti od boje tla i prisutnosti vlage, funkcije dvosmjerne refleksije, atmosferskih uvjeta i prisutnosti mrtve tvari u samim biljkama (Jensen, 1996). Primjera radi, Goward i drugi (1991) našli su 50% pogrešnih podataka NDVI-ja koji su do-

biveni iz NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) globalnog vegetacijskog indeksa. Potrebni su globalno precizni podaci NDVI-ja koji ne moraju biti kalibrirani s raznim mjerenjima na licu mjesta unutar svakog geografskog područja. Stoga SAVI predstavlja modifikaciju NDVI-ja radi otklanjanja utjecaja atmosfere i tla.

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L}$$

gdje je L faktor prilagođavanja pozadini lišća koji se koristi za postepeni prestanak diferencijalnog crvenog i blisko infracrvenog učinaka kroz listove biljaka. Vrijednost L od 0,5 u reflektirajućem dijelu spektra korištena je za minimiziranje svjetline tla i eliminaciju potrebe za dodatnim kalibracijama kod raznih tipova tla (Jensen, 1996).

6. Enhanced Vegetation Index (EVI)

$$EVI = G \frac{NIR - RED}{NIR + C1RED - BLUE + L} (1 + L)$$

EVI je modificirani NDVI s faktorom poboljšanja tla L i dva koeficijenta C1 i C2 koji opisuju korištenje plavog kanala u korekciji crvenog kanala za atmosfersko rasipanje aerosoli. C1=6, C2= 7,5, L=1 i G = 2,5 je faktor poboljšanja. Ovaj algoritam je poboljšao osjetljivost na visoku koncentraciju biomasa kao i vegetacijsko praćenje kroz smanjenje utjecaja pozadina listova, tj. smetnji (Jensen, 1996).

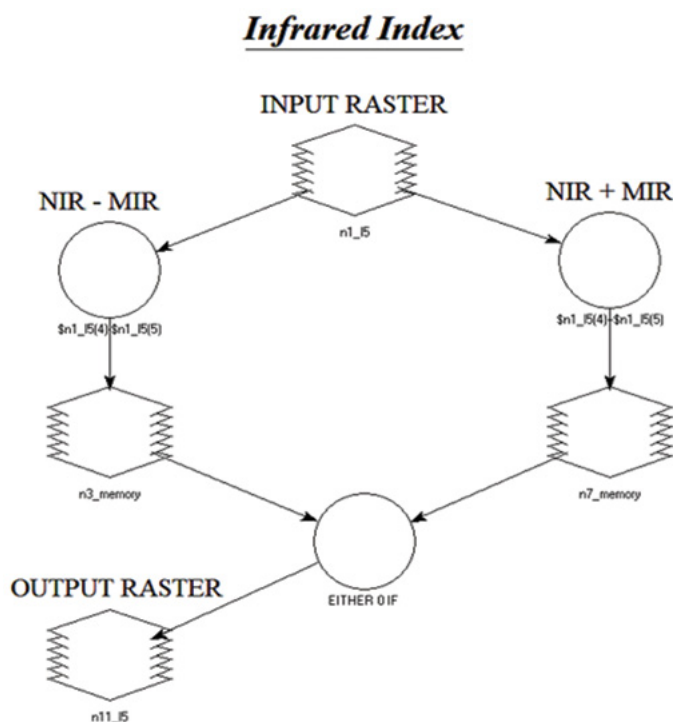
NIR, MIR, RED, BLUE, GREEN predstavljaju pojedinačne Landsatove kanale. Službena numeracija je:

1. BLUE
2. GREEN
3. RED
4. NEAR-INFRARED 1
5. NEAR-INFRARED 2
6. THERMAL INFRARED
7. MID-INFRARED

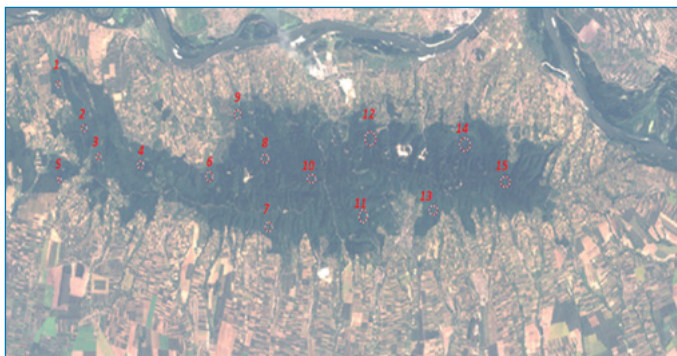
Kanali 5 i 6 nisu korišteni u ovom radu.

3. FORMIRANJE VEGETACIJSKIH INDEKSA

Za računanje pojedinih vegetacijskih indeksa korišten je program Erdas Imagine i njegov modul Model Maker.



Slika 3.1. Izgled modela



Slika 3.2. Zone kontrolnih točaka

Svaka zona (ima ih ukupno 15, kao što se može vidjeti na slici 3.2.) sastoji se od dvije kontrolne točke s poznatim koordinatama na temelju kojih su izračunate vrijednosti indeksa i neke od tih vrijednosti dane su u slijedećoj tablici.

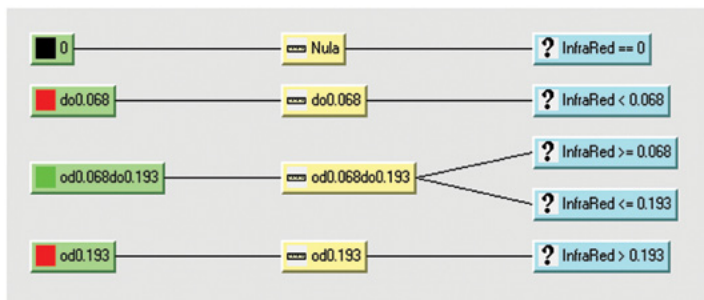
Tablica 3.1. Vrijednosti vegetacijskih indeksa

Kontrolna točka	Simple Ratio	Infrared	NDVI	GNDVI
1	3.55	0.068	0.565	0.471
2	3.947	0.087	0.596	0.471
3	3.778	0.115	0.6	0.468
4	3.95	0.121	0.583	0.476
5	4.05	0.165	0.574	0.469
6	4.368	0.114	0.624	0.5
7	3.824	0.102	0.586	0.505
8	3.833	0.113	0.566	0.484
9	2.632	0.19	0.449	0.351
10	3.833	0.131	0.531	0.393

U tablici 3.1. prikazano je 10 kontrolnih točaka s pojedinim vrijednostima vegetacijskih indeksa za 1986. godinu. Postoji ukupno 60 kontrolnih točaka za oba razdoblja (30 po godini). Na osnovi minimalne i maksimalne vrijednosti pojedinih indeksa dobivene su donje i gornje granice za šume. Primjerice ako je minimalna vrijednost kod NDVI-ja 0,3 a maksimalna 0,6, vrijednosti piksela od 0,3 do 0,6 predstavljaju šume, a ostala površina nije područje interesa ove analize. Ovo je primjer načina skupljanja podataka za klasifikaciju.

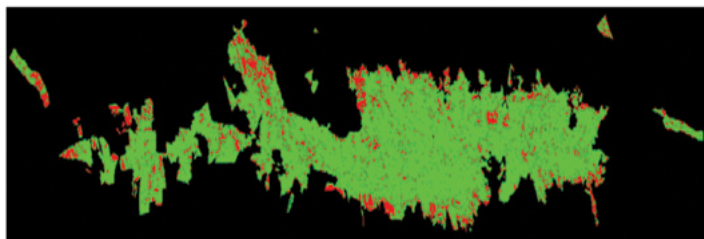
4. INŽENJERSKA KLASIFIKACIJA

Inženjerska klasifikacija je odrađena pomoću kontrolnih točaka od kojih su neke prikazane u tablici 3.1.



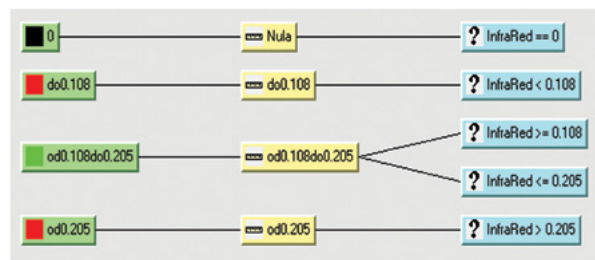
Slika 4.1. Infrared Index klasifikacija

Slika 4.1. predstavlja klasičnu klasifikaciju na osnovi grananja odluka. Rezultirajući raster klasifikacije prikazan je na slici 4.2.

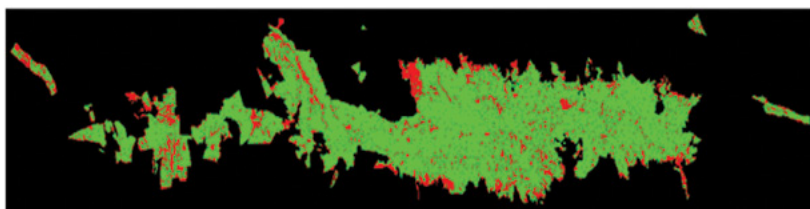


Slika 4.2. Rezultat klasifikacije, 1986. godina

Zelena područja predstavljaju šumska područja Fruške Gore. Isti princip primijenjen je za preostale indekse i za 2011. godinu (Slika 4.3. i Slika 4.4.).

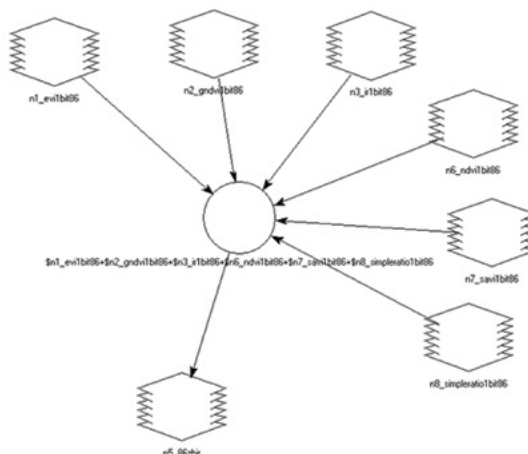


Slika 4.3. Inženjerska klasifikacija Infrared Index, 2011. godina



Slika 4.4. Rezultat klasifikacije za 2011. godinu (Infrared Index)

Na temelju šest modela vegetacijskih indeksa dobiveno je šest rastera po godini, šest za 1986. i šest za 2011., ukupno 12. Nakon toga rasteri su zbrojeni (jednostavno su dodani jedan drugom, map algebra) i otkrivena su konačna područja pod šumom. Prije zbrajanja rastera bilo je neophodno konvertirati ih u binarne podatke iz 8-bitnih. Zbrajanje rastera prikazano je na slici 4.5.



Slika 4.5. Model na temelju kojeg je izračunat zbroj, 1986. godina



Slika 4.6. Funkcija korištena u modelu, zbrajanje



Slika 4.7. Konačan izgled rastera za 1986. godinu, područja pod šumom

5. POVRŠINE FRUŠKE GORE POD ŠUMAMA

Količine područja pod šumom dobivene za 1986. i 2011. godinu iznose 250 239 000m² i 247 398 300m². Površina šume koja je nestala može se jednostavno izračunati oduzimanjem rastera iz 1986. i 2011. godine. Raster 1 (1986) - Raster 2 (2011) = nestala šumska područja. Također, šume koje su nestale u ovom razdoblju mogu se grafički prikazati (Slika 5.1.).



Slika 5.1. Nestala šumska područja

7 087 100 m² iznosi površina nestalih šuma.



Slika 5.2. Prikaz površina na kojima je šuma nestala (crvene površine) preko snimke sustava Landsat

Na sličan način je izračunata površina šume koja se pojavila u međuvremenu. 2011 – 1986 = nastale šume. Površina nastalih šuma je 3 839 400 m² i može se grafički prikazati.



Slika 5.3. Prikaz površina na kojima je šuma nastala (crvene površine) preko snimke sustava Landsat

Tablica 6.1. Usporedba površina

GODINA	POVRŠINA (m ²)
1986.	250239035
2011.	247398348
1986 - 2011 (nestale)	7087088.346
2011 - 1986 (nastale)	3839379.37

Tablica 6.1. pokazuje ukupnu količinu nestalih i nastalih šuma Nacionalnog parka Fruška Gora.

6. ZAKLJUČAK

Računanje nastalih i nestalih šuma za razdoblje od 25 godina na osnovi Landsatovih snimki i vegetacijskih indeksa može se provesti s određenom preciznošću. Prostorna razlučivost od 30 m ima svoje prednosti i nedostatke. S ovom razlučivošću mogu se obuhvatiti velika područja, 900 m² je obuhvaćeno s jednim Landsatovim pikselom, a područje cijelog zahvata je 185 000 000m². Prema tome, jedan Landsatov piksel može obuhvatiti i područja koja nužno ne predstavljaju šume. Uzmimo za primjer put širine 10 metara koji prolazi kroz šumu. Kod Landsatovog piksela neće dominirati asfalt jer dominantni pikseli predstavljaju vegetaciju, stoga će cijelo to područje biti klasificirano kao 1 vegetacijski piksel. Tako isto imamo i za druge umjetne objekte. Ali baš zbog takve razlučivosti mogu se pratiti promjene na velikim područjima. U cilju klasifikacije i praćenja promjena velikih područja, snimke sustava Landsat 5 predstavljaju dobro rješenje. S druge strane, za preciznu klasifikaciju i praćenje urbanih područja preporučuje se korištenje snimki senzora s visokom prostornom razlučivošću i manjim zahvatom područja, ali to je naravno skuplje. Treba napomenuti da su snimke sustava Landsat 5, 7, 8 besplatni i mogu se skinuti s usgs.gov kao produkt nivoa obrade 1 (GeoTIFF podaci, georeferencirani u WGS 84 koordinatnom sustavu bez atmosferskih korekcija i sa svim dostupnim kanalima). Također, ciklus ponavljanja, odnosno ponovnog snimanja istog područja je 16 dana. Stoga, podaci daljinskog istraživanja su vrlo ažurni. Ovdje je predstavljen jednostavan princip klasifikacije vegetacijskih područja, prije svega šuma korištenjem vegetacijskih indeksa i snimki srednje razlučivosti. Jednostavan, jer računanje indeksa predstavlja kombiniranje jednostavnih aritmetičkih operacija i potrebnih kanala. Također, ovakvom kombinacijom više indeksa mogu se umanjiti nedostaci pojedinih indeksa, kao što su pozadinski i atmosferski utjecaji.

Usporedbom polučeni rezultata u ovom članku s rezultatima studije zasnovane na objektnoj klasifikaciji (Jovanović i drugi, 2012), primjećuju se znatna odstupanja za određene šumske površine u 1986. godini. Površina pod šumom u navedenoj studiji, u 1986. godini, iznosi 230 314 170 m² dok za 2011. godinu nema podataka. Objektno orijentirana klasifikacija daje mnogo bolje rezultate od klasifikacije na bazi vegetacijskih indeksa jer su rezultati mnogo bliže referentnim vrijednostima površina pod šumom.

LITERATURA

- › Jensen, R. J., (1996), Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall.
- › Goward, S. N., Markham, B., Dye, D. G., Dulaney, W. i Yang, J., (1991). Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution radiometer. Remote Sensing of the Environment, 35, 257 – 77.