

PRAĆENJE PROMENA VODENIH POVRŠINA ZA PODRUČJE VOJVODINE KORIŠĆENJEM LANDSAT ETM+ I TM SATELITSKIH SNIMAKA*

Dušan JOVANOVIĆ, Miro GOVEDARICA, Đorđe PRŽULJ
Fakultet Tehničkih Nauka, Katedra za Automatiku i Upravljanje Sistemima,
Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

REZIME

Ovaj rad prezentuje metode za otkrivanje promena na vodenim površinama korišćenjem softverskih rešenja Leica Erdas Imagine 9.0 i Feature Analyst 4.0. Ulazni podaci na kojima je vršena analiza su satelitski snimci Landsat TM satelita od 1987, 1991 i 1992 i Landsat ETM+ 2000 godine. Metode praćenja promena su bazirane automatizmima i na principima daljinske detekcije. Na snimcima je izvršena klasifikacija vode i vodenih površina i detekcije promena u datom vremenskom periodu. Analiza je rađena nad digitalnim podacima, a rezultati su dati u vektorskom i rasterskom formatu.

Ključne reči: Detekcija promena, Daljinska detekcija, Landsat ETM+, Klasifikacija

UVOD

Pokrivenost vegetacijom, šumama, vodama i vodenim površinama predstavljaju osnovne parametre za procenu kvaliteta života jedne sredine odnosno prostorne celine. Praćenje u promenama na ovim površinama predstavlja jedan od ciljeva ovog rada.

Cilj ovog rada je da se prikažu metode i mogućnosti praćenja promena namene zemljišta korišćenjem programskih paketa Leica Erdas Imagine 9.0 i Feature Analyst 4.0., sa posebnim osvrtom na vodene površine.

OBLAST OD INTERESA I SATELITSKI SNIMCI

S obzirom da Vojvodina predstavlja deo Srbije gde poljoprivredna proizvodnja predstavlja naj važniju

granu privrede, ovaj rad može biti od velike važnosti za praćenje promena površinskih pokrivača a posebno u oblasti vodenih površina. Ulazni podaci koji se koriste u ovom radu su optički snimci daljinske detekcije sa satelita Landsat TM iz perioda jula 1987 godine za region Bačke, juna 1991 za region Srema i jula 1992 za region Banata i Landsat ETM+ iz perioda Avgusta 2000 za sva tri regiona. Područje se nalazi između 44°37' i 46°11' N latitude i između 18°51' i 21°34'E longitude. Ovi snimci su korišteni za klasifikaciju vode kao pripadnike klase zemljišnog pokrivača, a sve u cilju detekcije promena za navedeni vremenski period.

U tabeli broj 1 se nalaze osnovne karakteristike korišćenih satelitskih snimaka.

KLASIFIKACIJA

Nakon analize brojnih dokumenata iz oblasti daljinske detekcije i praćenje promena [1, 2, 3, 4 i drugi] odlučeno je da se izvrši klasifikacija za četiri zemljišna pokrivača: voda i vodene površine, šume, poljoprivredne površine i naselja, koja bi trebala da verno oslikaju rezultate praćenja promena.

Klasifikacija četiri klase zemljišnog površinskog pokrivača izvršena je upotrebom dva modula programskog paketa Erdas Imagine.

Prvi modul omogućava proces sortiranja pixela u finalni broj individualnih klasa ili kategorija podataka, a u zavisnosti od vrednosti pixela. Ukoliko pixel zadovoljava određeni skup kriterijuma, onda se on dodeljuje klasi koja odgovara datom kriterijumu [5].

* Ovaj članak rezultat je rada na projektu 410038 - Geografski informacioni sistem vodoprivrede Srbije

U prvom delu klasifikacionog procesa, program se obučava da prepozna šablone odnosno skupove podataka. Obučavanje predstavlja proces definisanja kriterijuma kako se ovi šabloni prepoznaju, a rezultat ovakve obuke je skup spektralnih potpisa, koji predstavljaju kriterijum za kreiranje individualnih klasa.

Tabela 1. Osnovne karakteristike satelitskih snimaka

Tip	Karakteristike
Landsat TM	Sedam spektralnih opsega, uključujući termalni: Band 1 Vidljivi (0.45 – 0.52 μ m) 30m Band 2 Vidljivi (0.52 – 0.60 μ m) 30m Band 3 Vidljivi (0.63 – 0.69 μ m) 30m Band 4 NIR (0.76 – 0.90 μ m) 30m Band 5 NIR (1.55 – 1.75 μ m) 30m Band 6 Termalni (10.40 – 12.50 μ m) 120m Band 7 Srednji IR (2.08 – 2.35 μ m) 30m Rezolucija (veličina piksela): 30m reflektovani 120m termalni
Landsat ETM +	Osam spektralnih opsega, uključujući pan i termalni: Band 1 Vidljivi (0.45 – 0.52 μ m) 30m Band 2 Vidljivi (0.52 – 0.60 μ m) 30m Band 3 Vidljivi (0.63 – 0.69 μ m) 30m Band 4 Near Infrared (NIR) (0.76 – 0.90 μ m) 30m Band 5 NIR (1.55 – 1.75 μ m) 30m Band 6 Termalni (10.40 – 12.50 μ m) 60 m Low Gain / High Gain Band 7 Srednji IR (2.08 – 2.35 μ m) 30m Band 8 Panhromatski (PAN) (0.52 - 0.90 μ m) (15m) Rezolucija (veličina piksela): 30m reflektovani 60m termalni

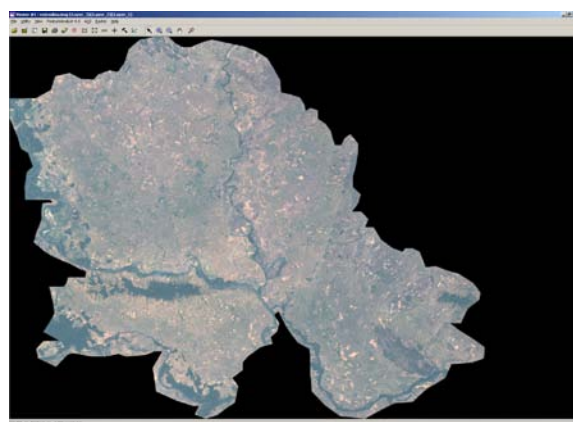
Postoje dva načina za klasifikaciju pixela u određene kategorije i to: klasifikacija sa nadgledanjem i klasifikacija bez nadgledanja. U ovom radu se koristi modul za klasifikaciju sa nadgledanjem.

Drugi modul koji je korišćen je Feature Analyst koji predstavlja adaptivnog softverskog agenta. Suština ovog alata je da se prilikom obrada digitalnih snimaka kreira model podataka sa istim osobinama, koji se onda koristi za prepoznavanje sličnih i kao rezultat vraća skup prepoznatih modela podataka. Nakon toga moguće je promeniti parametre obučavanja tako što se selektuju pravilno i nepravilno prepoznati modeli sa istim osobinama koje je agent prepoznao. Nakon toga vrši se nova obuka, a kao rezultat dobija se tačniji skup prepoznatih modela podataka.

Ovaj modul je korišten za direktnu detekciju promena u površinskim pokrivačima (slika 9.) i za prepoznavanje naselja, a takođe je korišten da bi se krajnji rezultati

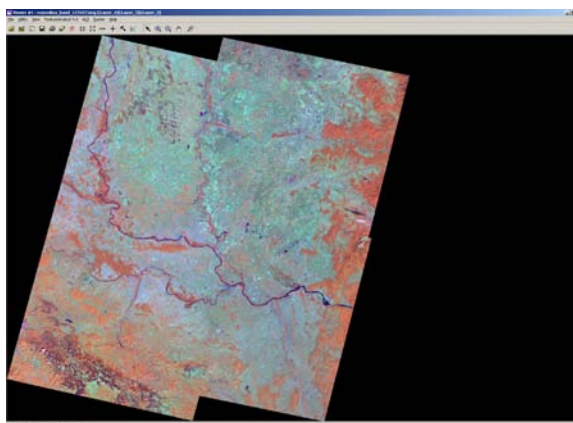
klasifikacije drugih klasa predstavili u vektorskom obliku.

Sam postupak klasifikacije bazirao se na kombinovanju prikaza satelitskog snimka i postavljanju odgovarajućih spektralnih opsega na odgovarajući crveni, zeleni i plavi kanal. Na slici 1 je dat prikaz rastera sa prvih 5 i 7-mim spektralnim opsegom sa kombinacijom boja 3,2,1 RGB što omogućuje prikaz slike u prirodnim bojama za područje cele Vovodine kao i prikaz 4 satelitska snimka bez sečenja po granicama Vojvodine u kombinaciji boja 4,5,3 RGB (slika 2).



Slika 1: Vojvodina u prirodnim bojama 321RGB

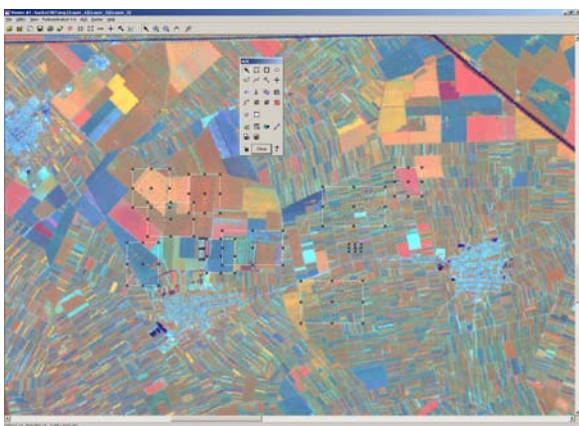
Proces klasifikacije sa nadgledanjem se sastoji u prikupljanju spektralnih potpisa koji će se koristiti prilikom obuke i ovde postoje dva osnovna pravila za prikupljanje spektralnih potpisa i to: parametric i non-parametric.



Slika 2: Vojvodina 4 snimka u kombinaciji boja 453RGB

Za spektralne potpise koji su non-parametric korištena su dva algoritma obuke : feature space i parallelepiped.

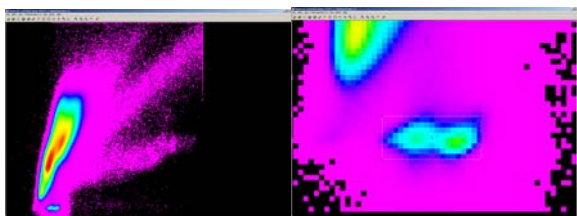
Za parametric potpise korišteni su algoritmi obuke: maximum likelihood, Mahalanobis distance i minimum distance.



Slika 3: Prikupljanje parametric potpisa za klasu poljoprivrednih površina

Odgovarajućim kombinovanjem prikaza spektralnih opsega na prethodno opisan način vrši se prikupljanje spektralnih potpisa za željene klase. Na slici 3 je dat primer prikupljanja spektralnog potpisa za klasu poljoprivrednih zemljišta.

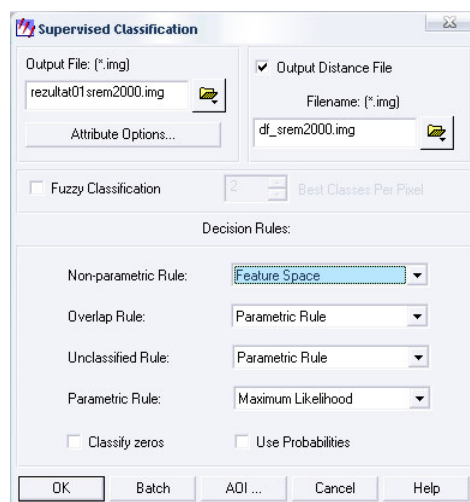
Opisan način je korišten i za prikupljanje potpisa za površine pod šumama. Prilikom prikupljanja potpisa za površine pod vodama korišten je takođe ovaj metod ali samo za manje površine, za veće površine korišten je non-parametric pristup. Kreiran je feature space sa kombinacijama drugog i petog band-a koji najviše ističe vode i vodene površine (slika 4). Zatim se kreira aoi (region od interesa) koji predstavlja vode i kao non-parametric dodaje se u skup potpisa za obuku. Rezultat je prikazan na sledećim slikama.



Slika 4: Prikupljanje non-parametric potpisa za površine pod vodama

Na ovaj način prikupljeno je po 25 karakterističnih spektralnih potpisa za šumske, vodene i poljoprivredne površine, a na slici 5 je dat prikaz pravila koji su korišteni u procesu klasifikacije.

Prilikom klasifikacije sa ovim potpisima, kao što se vidi na slici 5., najbolje rezultate za kombinaciju parametric i non-parametric potpisa imali su Maximum Likelihood i Feature Space algoritmi.



Slika 5: Pravila odlučivanja u procesu klasifikacije

Prepoznavanje odnosno klasifikacija naselja rađena je sa modulom Feature Analyst. Postupak zahteva određivanje modela za obuku i takav jedan model dat je na slici 6.

Relevantni parametri koji su korišteni za prepoznavanje (slika 7) naselja su :

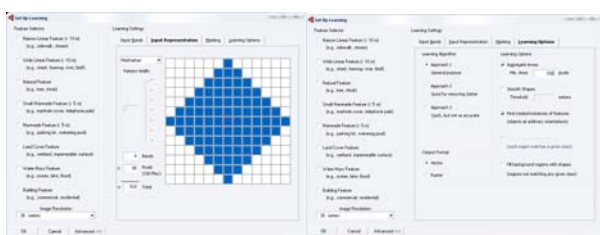
- Input Bands:
 - band 4 R
 - band 5 G
 - band 3 B
- Input Representation:
 - Manhattan
 - Pattern Width 13
- Learning Options
 - Aggregate Areas, Min. Area 150 pixels
 - Find Rotated Instances of Features

Kao rezultat klasifikacije dobijen je vektor sa poligonima koja predstavljaju naselja. Ovakvi rezultati preklapljivi su sa rezultatima klasifikacije šuma, voda i

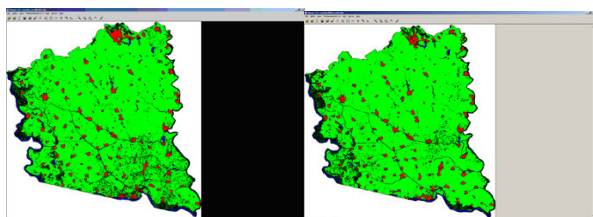
poljoprivrednih površina i na sledećoj slici 8 su dati rezultati klasifikacije za oba snimka za region Bačke.



Slika 6: Model za prepoznavanje naselja u Feature Analyst



Slika 7: Relevantni parametri za prepoznavanje naselja



Slika 8: Rezultati klasifikacije za snimak iz 1987 i 2000 godine

PRAĆENJE PROMENA

Promene od interesa su promene u zemljišnom pokrivaču i korišćenju zemljišta. Postoje dva načina za detekciju promena: direktna detekcija promena i detekcija promena poređenjem rezultata klasifikacije.

Prvi korak pri direktnoj detekciji promena je spajanje snimaka iz različitih perioda u jedan. Dobijeni snimak sadrži sve spektralne opsege iz oba polazna snimka. Odgovarajućim kombinovanjem spektralnih opsega moguće je istaći promene posmatrane klase zemljišnog pokrivača. Klasifikacijom spojenog snimka sa takvom kombinacijom spektralnih opsega moguće je detektovati sva područja na kojima je došlo do promene posmatrane klase.

DETEKCIJA PROMENA

Detekcija promena će biti prikazana na primeru vodenih površina. Detekcija promena vodenih površina obuhvata detekciju nastalih i nestalih vodenih površina. Ustanovljeno je da je najbolja kombinacija opsega za detekciju nastalih vodenih površina: opseg 4 ranije slike i opsezi 5 i 3 kasnije slike; a za detekciju nestalih vodenih površina: opseg 4 kasnije slike i opsezi 5 i 3 ranije slike. Slika 9 prikazuje spojenu sliku za detekciju nastalih vodenih površina.



Slika 9: Nastala vodena površina je prikazana ljubičastom bojom

DETEKCIJA PROMENA POREĐENJEM REZULTATA KLASIFIKACIJE

Rezultati klasifikacije, koji su dobijeni na način opisan ranije u tekstu, korišteni su i za detekciju promena. Pošto za svaku klasu postoje rezultati u vektorskom obliku moguće je njihov izvršiti presek. Delovi koji ne pripadaju preseku su oni koji su se izmenili tokom vremena. Na taj način je moguće detektovati koje klase zemljišnog pokrivača su se proširile na uštrb nekih drugih. Na slici 10 je prikazan primer detekcije proširenja grada Novog Sada, koji je dobijen preklapanjem rezultata klasifikacije.

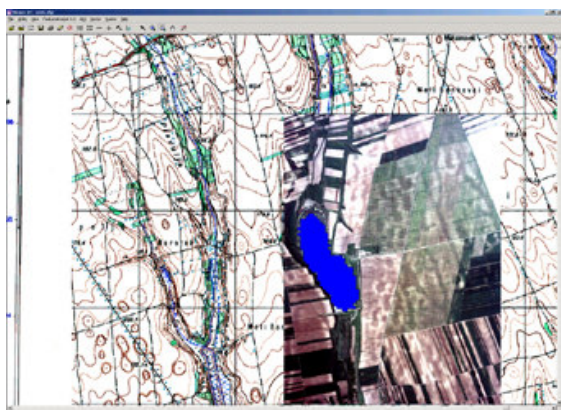


Slika 10: Proširenje Novog Sada za period 1987-2000

VERIFIKACIJA REZULTATA KLASIFIKACIJE

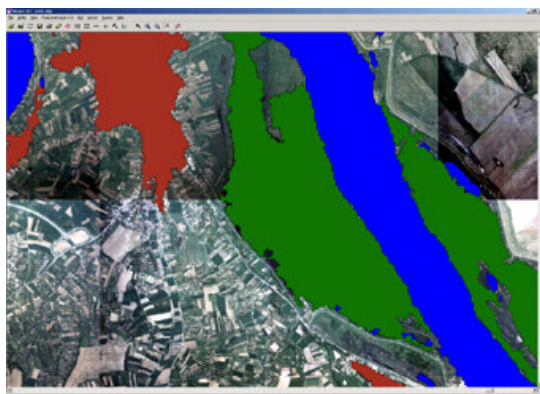
Provera tačnosti je izvršena poređenjem sa dostupnim podacima veće tačnosti od onih na kojima je vršena klasifikacija. Za kontrolu rezultata klasifikacije upotrebljene su topografske karte razmere 1:25000 i ortofoto planovi razmere 1:5000.

Na slici 11 se vidi poređenje rezultata prepoznatog jezera u okolini manastira Krušedol sa lejerom ortofoto-a (1:5000) i skenirane topografske karte (1:25000).



Slika 11: Jezero u okolini manastira Krušedol

Na sledećoj slici 12. se vidi poređenje rezultata prepoznatih lejera naselja Sremski Karlovci i Petrovaradin, lejer prepoznatih voda i lejer prepoznatih šuma sa lejerom ortofoto-a (1:5000).



Slika 12: Kontrola lejera šuma, voda i naselja

REZULTATI

Rezultati praćenja promena mogu se predstaviti na dva načina.

Prvi je direktnim preklapanjem vektora prepoznatih klasa iz jednog i drugog perioda i vizuelno prepoznavanje datih područja i površina. Rezultati ovakvog načina detekcija promena i vizuelni prikaz su od velike važnosti, naročito u prepoznavanju naselja.

Površine prepoznatih klasa su dati u sledećim tabelama:

Tabela 2: Rezultati klasifikacije za Srem 1991 i 2000 god.

Srem	1991	2000
Poljoprivreda	3178200228 m ²	3182637972 m ²
	317820 ha	318263.8 ha
Šume	735225957 m ²	708355914 m ²
	73522.6 ha	70835.6 ha
Naselja	223460859 m ²	239104507 m ²
	22346.1 ha	23910.5 ha
Vodene površine	137700742 m²	144498462 m²
	13770.7 ha	14449.8 ha

Tabela 3: Rezultati klasifikacije za Banat 1992 i 2000 god.

Banat	1992	2000
Poljoprivreda	8414627336 m ²	8430720652 m ²
	841462.7 ha	843072.1 ha
Šume	398817186 m ²	386435247 m ²
	39881.7 ha	38643.5 ha
Naselja	418685765 m ²	407254448 m ²
	41868.6 ha	40725.4 ha
Vodene površine	206081633 m²	213801257 m²
	20608.1 ha	21380.1 ha

Tabela 4: Rezultati klasifikacije za Bačku 1987 i 2000 god.

Bačka	1987	2000
Poljoprivreda	8327732832 m ²	8389174671 m ²
	832773.3 ha	838917.5 ha
Šume	409333387 m ²	374828585 m ²
	40933.3 ha	37482.9 ha
Naselja	452853726 m ²	430727890 m ²
	45285.4 ha	43072.8 ha
Vodene površine	212658421 m²	208740939 m²
	21265.8 ha	20874.1 ha

Drugi način je poređenje pri direktnoj detekciji promena spajanjem snimaka iz različitih perioda u jedan.

Na ovaj način izvršena je detekcija nestalih i nastalih vodenih površina za period 1987 godine i 2000 godine za Bačku, 1991 i 2000 godina za Srem i 1992 i 2000

godinu za Banat, i ovaj rezultat postoji u rasterskom i vektorskom obliku.

Tabela 5: Nestale i nastale vodene površine za područje Bačke

Vodne površine 1987	Vodne površine 2000	Nestale vode	Nastale vode
212658421 m ²	208740939 m ²	22297074 m ²	15338529 m ²
21265.8 ha	20874.1 ha	2229.7 ha	1533.9 ha

Tabela 6: Nestale i nastale vodene površine za područje Srema

Vodne površine 1991	Vodne površine 2000	Nestale vode	Nastale vode
137700742 m ²	144498462 m ²	4750038 m ²	4166842 m ²
13770.7 ha	14449.8 ha	475 ha	416.7 ha

Tabela 7: Nestale i nastale vodene površine za područje Banata

Vodne površine 1992	Vodne površine 2000	Nestale vode	Nastale vode
206081633 m ²	213801257 m ²	5532234 m ²	31566471 m ²
20608.1 ha	21380.1 ha	553.2 ha	3156.6 ha

ZAKLJUČAK

U ovom radu su razvijene i korištene dve metode za prepoznavanje promena na površini zemlje korišćenjem Landsat TM i ETM+ snimaka iz dva različita perioda.

Prva metoda za praćenje promena površinskih pokrivača koristi klasifikaciju sa nadgledanjem za četiri površinska pokrivača i to vodene površine, šumske površine, poljoprivredne površine i naseljena mesta, i to za svaki snimak posebno. Ova metoda vrši analizu promena površinskih pokrivača u svakom pikselu slike i kao rezultat se dobijaju četiri klase površinskih pokrivača predstavljeni u rasterskom i vektorskom obliku. Na osnovu ove analize ustanovljeno je da je došlo da smanjenja površina pod vodom, šumama i naseljenim mestima, dok je došlo do povećanja površine pod poljoprivrednim kulturama za reon Bačke, u Sremu je došlo da smanjenja površine pod šumom i povećanja ostalih površina dok se u Banatu može uočiti smanjenje površina pod naseljima i šumama i povećanje poljoprivrednih i vodenih površina.

Ovaj pristup omogućuje vizuelni prikaz praćenja promena preklapanjem dobijenih rezultata, gde se kao jedan od zaključaka može izdvojiti povećanjem površina velikih naselja (gradova) i smanjenjem površina malih naseljenih mesta (sela).

Druga metoda, koja je takođe bazirana na klasifikaciji sa nadgledanjem, razlikuje se po tome što se klasifikacija promena površinskih pokrivača vrši na samo jednom snimku u kojem se nalaze svi spektralni opsezi iz obe slike iz različitih vremenskih perioda. Pravilnim izborom obučavajućeg skupa potpisa za klasifikaciju dobijeni su rezultati predstavljeni i u rasterskom i u vektorskom obliku za nestale i nastale vodene površine.

Sabiranjem površina koji su dobijeni na oba načina, moguće je izvršiti poređenja metoda koje su korištene za prepoznavanje promena. U tabeli su data poređenja za vodene površine:

Tabela 8: Poređenje metoda za vodene površine

Vodne površine	I Metod	II Metod
Bačka	Nestalo je -391 ha	Nestalo je -696 ha
Srem	Nastalo je 679.1 ha	Nestalo je -58.3 ha
Banat	Nastalo je 772 ha	Nastalo je 2603.4 ha

Nakon posmatranja ovih rezultata i kod jedne i kod druge metode dolazi se do zaključka, da se s obzirom na ukupne površine vode došlo do približno istih rezultata, odnosno da je došlo do smanjenja površine pod vodom u regionu Bačke za period od 13 godina, da je u reonu Srema došlo do neznatnog povećanja vodenih površina za period od 9 godina, dok se u reonu Banata znatno primeti povećanje vodenih površina (ribnjaci).

Na kraju može se doneti zaključak da se Landsat TM i Landsat ETM+ snimci mogu koristiti za detekciju promena površinskih pokrivača klasifikovanih prema navedenoj strukturi klasa (vode, šume, naselja i poljoprivredne kulture).

Takođe se može reći da je softver Erdas Imagine pokazao da se uz pravilan izbor potpisa za skup obučavanja, prikazao veoma dobre rezultate prilikom klasifikacije ovih površinskih pokrivača koristeći Landsat TM i ETM+ snimke.

LITERATURA

- [1] Digital Classification of LANDAST TM for Land Cover Mapping of the Pa Wang Phloeng-Khom-Lam Narai National Forest Reserve, Lop Buri Province, Thailand, Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok Thailand
- [2] Land Use/Land Cover Change Detection in the Chiang Mai Area using Landsat TM , Department of Geography and Environmental Science, Monash University, Clayton, Australia
- [3] Monitoring of Forest Cover Change in Tanh Linh District, Binh Thuan Province, Vietnam By Multi-temporal LANDSAT TM Data, Environmental Remote Sensing Laboratory (ERS Lab) Institute of Geography, Hanoi, Vietnam
- [4] MONITORING OF AGRICULTURAL AREA TREND IN EASTERN NILE DELTA IN EGYPT USING LANDSAT ETM+ DATA, Center for Environmental Remote Sensing CEReS, Chiba University
- [5] *ERDAS IMAGINE Tour Guide*, 09 December 2005, Geospatial Imaging, LLC, Norcross, Georgia

MONITORING WATER CHANGE DETECTION AREA OF VOJVODINA
USING LANDSAT ETM+ AND TM DATA

by

Dušan JOVANOVIĆ, Miro GOVEDARICA, Đorđe PRŽULJ
Faculty of Technical Sciences, Computing and Control Department,
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

Summary

This paper presents methods for land cover change detection using Leica Erdas Imagine 9.0 and Feature Analyst 4.0. Considering that Vojvodina is the part of Serbia where agriculture production is the most important activity, this study is of great value for tracking changes over time and assessing future production growth. The data used in this study are optical remote sensing images taken by Landsat TM satellite and Landsat ETM+ satellite. These images have been used in order to classify four main land cover

classes - namely forest, agricultural, urban and water areas, and to detect changes on them. The results show which land-use changes occurred during those years in these main four classes. Change analysis has been based on digital interpretation of classification results and they were interpreted in specific shape files.

Key words: Cover Changes, Remote Sensing, Landsat ETM+, Classification

Redigovano 01.12.2007.