

UPORABA PODATKOV POSNETIH Z LANDSAT IN SPOT SATELITI

Ana Tretjak*, Danijela Šabić**, Enisa H. Lojović***

Izyleček:

UDK: 621.39:659.2:711

V prispevku opisujemo pridobivanje podatkov s sateliti tipa Landsat in SPOT, njihovo obdelavo in analizo. Predstavljena je izdelava karte splošne pokrovnosti tal Slovenije, ki v celoti sloni na numeričnih podatkih Landsat-TM satelita. Opisan je vnos poravnanih satelitsko skaniranih podatkov v GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije ter analiza sprememb, nastalih zaradi novopozidanih površin v obdobju od 1993 so 1997.

Ključne besede: Landsat-TM, SPOT, pokrovnost, raba tal, GIS, spremembe

Abstract:

The acquisition of Landsat-TM and SPOT satellite scanned data, their processing and analysis are described. The compilation of the choropleth map of general land cover of Slovenia with Landsat-TM digital data is presented. The implementation of georeferenced satellite scanned data into the Land Cover/Land Use GIS of Slovenia is explained as well as the land cover/land use change in the period from 1993 to 1997 due to new built-up areas.

Key words: Landsat-TM, SPOT, land cover, land use, GIS, changes

* Dr. Agronom-elektroinženir, Statistični Urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, e-mail: ana.tretjak@gov.si

** dipl. matematike, Statistični Urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, e-mail: danijela.sabic@gov.si

*** analitik, Statistični Urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, e-mail: enisa.lojovic@gov.si

UVOD

Daljinsko zaznavanje - teledetekcija

Obravnavamo uporabo digitalnih podatkov, skaniranih s sateliti oziroma satelitsko teledetekcijo. Beseda detekcija pomeni, da nekaj odkrivamo; teledetekcija, da odkrivamo na daljavo. Izraz digitalna teledetekcija pa pomeni, da iz daljave odkrivamo tako, da zaznamo pojavom določimo neko numerično vrednost. Ali drugače povedano, da iz daljave merimo opazovano lastnost nekega predmeta. In končno izraz digitalna satelitska teledetekcija pomeni, da je merilna naprava, s katero merimo lastnost opazovanega predmeta, na satelitu. Ta izraz pove še to, da je oddaljenost merilne naprave ali skanerja, od opazovanega predmeta zelo velika.

Sateliti za opazovanje površine Zemlje krožijo po tirnici na višini od 680km do 915 km. Ves čas kroženja zbirajo podatke odboja in sevanja elektromagnetnega valovanja predmetov na Zemlji, v različno širokih pasovih (11km do 185km), odvisno od tipa satelita. Vsak predmet na Zemlji namreč odbija del prejete sončne energije, lahko pa tudi sam seva energijo določene valovne dolžine. Na satelitu je skaner ali merilna naprava, katere sestavni del so detektorji, ki so membrane, občutljive na impulze fotonov iz točno določenega območja elektromagnetnega valovanja. Detektorji so selektivno občutljivi. Jakosti prejetega impulza oziroma številu fotonov, ki jih v danem trenutku zabeleži detektor na satelitu, le-ta priredi numerično vrednost v razponu števil od 0 do 255. Površini na Zemlji, ki določeno valovno dolžino močno odbija, bo detektor, ki je občutljiv za to območje elektromagnetnega valovanja, zaradi visokega števila prejetih impulzov določil vrednost blizu 255. Predmetu, ki bo večino te iste valovne dolžine absorbiral, pa bo detektor določil vrednost blizu 0. Ko detektorji zabeležijo intenziteto prejetega elektromagnetnega valovanja, se na skanerju hkrati določi tudi lokalna koordinata. Natančnost te koordinate je odvisna od ločljivosti skanerja na površini Zemlje. Z ločljivostjo skanerja ali pikslom se označuje tista površina na Zemlji, s katere skaner zajame povprečni odboj elektromagnetnega valovanja. Piksel je lahko velik od 1m x 1m do 4km x 4km. Pri uporabi skaniranih podatkov nima tako nobenega pomena govoriti o merilu skeniranja, ampak o ločljivosti - to je o velikosti pikslov, v katerih se zajema osnovni podatek. Izpisi ali izrisi teh podatkov v obliki kart pa so lahko izdelani v poljubnem merilu, pri čemer je osnovni piksel tista vrednost, ki opredeljuje najbolj natančen izris karte.

Pomembno je, da ima vsak piksel svojo lokalno koordinato, kar omogoča, da te podatke prostorsko obdelujemo. Podatke o zajetem odboju elektromagnetnega valovanja, skupaj z lokalno koordinato, tehničnimi podatki o radiometriji detektorjev, trenutni višini in nagibu satelita, skaner telemetrično pošilja na sprejemne postaje na Zemlji. Tu podatke zabeležijo in jih režejo v pravokotnike, ki so enako dolgi, kot je širina pasu skeniranja, torej 11km x 11km ali 60km x 60km ali pa 185km x 185km. Tako nastanejo satelitsko skanirane scene. Vsaka scena ima poleg množice podatkov odboja iz različnih območji elektromagnetnega valovanja še svojo lokalno koordinato, čas in kot skeniranja, oceno radiometrične in geometrične popačenosti ter oceno oblačnosti.

Uporabna vrednost satelitsko skaniranih podatkov je v tem, da so izvorno numerični, georeferencirani podatki, torej jih je možno neposredno obdelovati in analizirati z računalni-

ki, predvsem pa so periodičen vir primerljivo pridobljenih podatkov in se uporabljajo v vseh strokah, ki se ukvarjajo s proučevanjem pojavov na površini Zemlje.

Danes kroži okoli Zemlje 19 satelitov za opazovanje njene površine. Med seboj se ločijo po:

- pogostnosti ali frekvenci preleta nad isto točko nad Zemljo;
- širini pasu, s katerega skanirajo;
- številu skanerjev na satelitu;
- območjih valovnih dolžin oz. številu detektorjev;
- ločljivosti ali piksljih, s katerih zajemajo povprečni odboj elektromagnetnega valovanja.

Zaradi ohranjanja kontinuitete pridobivanja primerljivih podatkov zadnji dve desetletiji, so za uporabnike najpomembnejši sateliti iz serije Landsat in SPOT. Iz Landsat-TM podatkov je bila izdelana tudi prva numerična karta splošne pokrovnosti tal cele Slovenije. Iz podatkov Landsat in SPOT se na Statističnem Uradu Republike Slovenije izdelujejo (RS) statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije na nivoju regij.

SATELIT LANDSAT-TM IN -ETM

Landsat-TM satelit je ameriški satelit, ki kroži okoli Zemlje s frekvenco 18 dni. Ker trenutno delujeta dva Landsat-TM satelita, lahko dobimo podatke o isti površini na Zemlji vsakih 9 dni. Širina pasu, s katerega zajema odboj in tudi sevanje elektromagnetnega valovanja je 185km, zato je velikost scene, ki jo lahko naroči uporabnik 185km x 185km. Slovenijo tako pokrivajo ena polna scena, katere središče je blizu središča Slovenije in dve polovični sceni, ki pokrijeta vzhodni in zahodni del Slovenije.

Satelit Landsat-TM ima skaner, ki se imenuje tematski kartograf (Thematic Mapper). S sistemom nihajočih leč TM skaner zajame elektromagnetno valovanje na 7 detektorjev, ki so selektivno občutljivi za različne pasove elektromagnetnega valovanja:

detektor ali kanal	valovna dolžina μm	elektromagnetno valovanje opisno	ločljivost m
1.	0,45 - 0,52	modra svetloba iz človeku vidnega dela	30 x 30
2.	0,52 - 0,60	zelena svetloba iz človeku vidnega dela	30 x 30
3.	0,63 - 0,69	rdeča svetloba iz človeku vidnega dela	30 x 30
4.	0,76 - 0,90	bližnje infrardeče valovanje	30 x 30
5.	1,55 - 1,75	srednje infrardeče valovanje	30 x 30
7.	2,08 - 2,35	daljne infrardeče valovanje	30 x 30
6.	10,40 - 12,50	termično/sevano infrardeče valovanje	120 x 120

V prvih šestih kanalih TM skaner zajema povprečni odboj elektromagnetnega valovanja s površine 30m x 30m, v termičnem kanalu pa je velikost skaniranega piksla 120m x 120m. Zaradi zajemanja odboja elektromagnetnega valovanja preko sistema nihajočih leč, se površine piksllov proti robovom scene povečujejo za skoraj tretjino in s tem prispevajo k popačenju podatkov. Naloga interpretatorja je, da poravna lokacije slikovnih elementov in odstrani še druga popačenja, ki so nastala zaradi nesistematičnih odklonov satelita od predpisane orbite letenja in njegovega spuščanja, dvigovanja ter obračanja okoli lastne osi. Običajno se te korekcije izvedejo s prenašanjem teh podatkov v neko geografsko mrežo.

Satelit Landsat-ETM (Enhanced Thematic Mapper), ki je začel operativno delovati 29. julija 1999, zajema podatke s 16 dnevno frekvenco iz vseh prej navedenih valovih dolžin. Dodan ima detektor, ki zajema elektromagnetno valovanje iz pankromatskega območja, s podaljšano občutljivostjo v bližnje infrardeče (0,52 - 0,90 μm). Velikost piksla je 15m x 15m. Območje skaniranja v termičnem kanalu je ostalo nespremenjeno, ločljivost pa se je povečala na 60m x 60m.

SATELIT SPOT -XS IN -PAN

Francoski sateliti SPOT skanirajo površino Zemlje po sistemu »push broom«; pri tem se elektromagnetno valovanje prenaša preko stabilnega zrcala na dve paralelni prizmi, na katerih so izmenično pritrjeni detektorji, imenovani sistem DIVOLI. Detektorjev je toliko, da hkrati skanirajo celotno črto 60km dolgega opazovalnega pasu na Zemlji, torej jih je 6000 za pankromatski način in 3000 za multispektralni način skaniranja. Delovanje tako velikega števila detektorjev je težko ohranjati uravnoteženo, zato telemetrično vsakih šest mesecev izvajajo preverjanje in umerjanje sistema. Sateliti SPOT imajo po dva skanerja in lahko skanirajo isto območje na površini Zemlje s prekrivanjem. To omogoča tudi stereoskopsko analizo in obdelavo podatkov. Skanerji lahko zajemajo podatke z 10m x 10m ločljivostjo v pankromatskem območju ali pa multispektralno z 20m x 20m ločljivostjo:

detektor ali kanal	valovna dolžina μm	elektromagnetno valovanje opisno	ločljivost m
PAN	0,52 - 0,90	vidno območje podaljšano v bližnji IR	10 x 10
XS-1	0,50 - 0,59	zelena svetloba iz človeku vidnega dela	20 x 20
XS-2	0,61 - 0,68	rdeča svetloba iz človeku vidnega dela	20 x 20
XS-3	0,79 - 0,89	bližnje infrardeče valovanje	20 x 20

Zaradi »push broom« načina skaniranja in večje gostote podatkov, so scene satelita rezane na velikost 60km x 60km. SPOT satelit preleti isto točko na zemlji vsakih 26 dni. Ker pa se lahko kot snemanja vsakega skanerja spreminja v korakih po 0,6 ° do 27 ° vzhodno oziroma zahodno, je dano območje možno snemati tudi s sosednjega preleta. S tem je povečana frekvenca skaniranja iste površine na Zemlji. Za Slovenijo lahko dobimo v 26 dneh do 11 scen, ki so skanirane pod različnimi koti.

KOROPLETNA KARTA SPLOŠNE POKROVNOSTI SLOVENIJE

Cilj našega dela je bil, da za potrebe kmetijske in gozdarske statistike izdelamo iz podatkov, ki bodo za celo Slovenijo zbrani enotno, torej v istem času in po enotni metodi, karto pokrovnosti ali rabe tal s sledečimi razredi:

- gozdne površine
- kmetijske površine
- skale
- določene urbane površine
- določene vodne površine

Leta 1993 smo v sprejemni postaji Eurimage v Italiji naročili podatke o kakovosti scen, ki pokrivajo Slovenijo za obdobje od aprila do oktobra 1993. Iz izkušenj in iz strokovne literature vemo, da se prvi trije razredi rabe tal, skanirani s satelitom Landsat-TM, med seboj najbolje ločijo ali v pomladanskem času ali pa v jesenskem. Le v pomladanskem obdobju smo dobili vse tri potrebne scene, ki so imele najmanj motečo oblačnost.

Podatke smo s pomočjo kart merila 1: 25 000 najprej georeferencirali v Gaus-Krügerjevo geografsko projekcijo in istočasno izravnali popačenja skaniranja. Vsak slikovni element je tako dobil še podatek koordinate Gaus-Krügerjeve projekcije. Prerazporejene podatke, opremljene z Gaus-Krügerjevimi koordinatami vseh treh scen smo združili v eno sceno, imenovano mozaik. Z uporabo numeričnih podatkov državne meje iz registra teritorialnih enot (RTE) smo iz mozaika izrezali podatke območja Slovenije in s tem zmanjšali obseg podatkov in povečali hitrost obdelave. Z nekontrolirano analizo kopic (klaster analizo) smo izbrali podatke tistih valovnih dolžin ali kanalov, katerih lastna variabilnost je bila najvišja in med katerimi je bila tesnost povezave najnižja. Visoka variabilnost podatkov znotraj kanala omogoča ločevanje med sorodnimi pojavi, nizka korelacija med kanali pa izboljšuje ločevanje samih pojavov. Za naše delo smo tako določili kanale 4 (0,76-0,90 μ m), 5 (1,55-1,75 μ m) in 7 (2,08-2,35 μ m).

Za izdelavo karte splošne pokrovnosti tal smo mozaik Slovenije najprej stratificirali. To pomeni, da smo območje Slovenije razdelili na enote, ki se med seboj značilno ločijo po odbojnih vrednostih, kar se odraža v različni obarvanosti pojavov. Na teh podatkih so intenzivno kmetijska območja rumenkaste barve, gozdovi temno modri do skoraj črni, urbano oranžno, voda temno siva do črna, oblaki beli in sence oblakov črne. Tako smo celo Slovenijo razdelili v 7 osnovnih stratumov, ki pa se vsebinsko med seboj ločijo po intenzivnosti kmetijske rabe tal. Zaradi razdrobljene in raznolike kmetijske rabe tal smo se odločili, da bomo pri tej ločljivosti podatkov kot najmanjšo površinsko enoto opredeljevanja v 7 stratumov upoštevali pojave z velikostjo vsaj 20 ha.

- stratum A: 70 - 100% kmetijskih površin. Vse površine, ki so izpolnjevale ta kriterij smo digitalizirali in obarvali rumeno;
- stratum C: 40 - 70% kmetijskih površin. Te poligone smo obarvali svetlo rumeno;
- stratum D: 10 - 40% kmetijskih površin. Te poligone smo obarvali svetlo zeleno;
- stratum E: pod 10% kmetijskih površin. Te poligone smo obarvali temno zeleno;
- stratum S: 0% kmetijskih površin. Te poligone, ki so v Sloveniji pretežno višinska območja, smo določili z uporabo podatkov digitalnega modela višin (DMR-100) in jih obarvali sivo;
- stratum V: 0% kmetijskih površin. To so površine tistih jezer in zajezev, ki jih lahko zazna TM skaner in smo jih obarvali modro;
- stratum U: 0% kmetijskih površin. Te površine je bilo najtežje omejevati, ker urbani prostor zajema posamezne hiše, kmetije, zaselke, mesta in in-frastrukturo, kot so ceste z mostovi in železnica z nasipi. V pomladanskem času skaniranja je bilo še mnogo kmetijskih površin neporaščenih in so odbijale elektromagnetno valovanje v vseh valovnih dolžinah, na katere je občutljiv TM skaner, enako intenzivno kot pozidane površine. Zato smo na kartah merila 1: 25 000 digitalizirali obrise vseh tistih mest, ki so imela več kot 10 000 prebivalcev. Poligone urbanega prostora smo obarvali rdeče ter preložili čez mozaik Slovenije.

Površinam pretežno kmetijskih stratumov smo morali prišteti še površine vinogradov in sadovnjakov ter jih odšteli od površin gozdov, ker odbojne vrednosti le-teh sovpadajo z odbojnimi vrednostmi listnatih gozdov. Podatke o površinah vinogradov in sadovnjakov smo vzeli iz statističnih poročil po občinah iz leta 1993.

Tako smo dobili končno tabelo splošne pokrovnosti tal Slovenije:

Ocenjene površine kategorij pokrovnosti tal Slovenije iz stratificiranega mozaika satelita Landsat-TM/93

kategorija pokrovnosti tal	površina	
	v ha	v %
kmetijska	666137	33
gozd	1 229 160	61
skale	39 792	2
jezera in zaježitve	6 297	0,3
ostalo nerodovitno	84 689	4
Skupaj	2 026 074	100

Tabelarni in grafični prikaz skupaj sestavljata končni rezultat:

- grafični je kartografski prikaz lokacije in razprostranjenosti pojava v prostoru
- tabelarni je prikaz vrednosti površin pojavov oziroma kategorij pokrovnosti tal.

Površina gozdov je ocenjena za okoli 3-5% višje, kot navajajo uradne statistike, ki te podatke privzemajo od drugih ustanov. Delež kmetijsko intenzivnih površin je v celotni strukturi rabe tal majhen in lahko upravičeno domnevamo, da je še manjši, kot smo ga mi ocenili, saj vemo, da smo urbani prostor opredelili omejeno s pragom števila prebivalcev.

Izdelana karta rabe tal Slovenije podaja stanje iz leta 1993. Ker je numerična, lahko z njo spremljamo spremembe pojavov tako, da na obstoječe podatke vpnemo enako karto rabe tal novejšega datuma. Ker so satelitsko skanirani podatki periodični vir, je z njimi enostavno izvajati časovne ali multitemporalne analize. Spremembe pojavov, ki so dovolj velike, da jih skaner na satelitu zazna, lahko na ta način beležimo in spremljamo njihovo dinamiko ter smer spreminjanja.

STATISTIČNI GIS POKROVNOSTI IN RABE TAL SLOVENIJE - STANJE 93

Na Statističnem Uradu RS uporabljamo pri izdelavi GIS-a strokovno terminologijo, ki smo jo definirali:

Geografski informacijski sistem (GIS) je za posamezne naloge enotno načrtovan sistem, ki na osnovi združevanja različnih podatkovnih slojev omogoča uvid do novih informacij. Končni izdelek GIS-a je numerična karta, ki vsebuje informacijo o lokaciji proučevanega pojava. Bistvo GIS-a je torej prekrivanje in primerjava različnih plasti ali slojev podatkov, kar omogoča analizo njihove medsebojne povezanosti in ugotavljanje ter spremljanje dinamike sprememb v prostoru.

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal je informacijski sistem, ki poleg geografskih metod upošteva tudi statistične metode obdelave in analize prostorsko opredeljenih podatkov in omogoča kartografski in tabelarni prikaz analiziranih časovnih sprememb v pokrovnosti in rabi tal.

Pokrovnost tal ali splošna raba tal je definirana kot opazovani fizični pojav na površini Zemlje, zaznan s tal ali s pomočjo tehnik daljinskega zaznavanja in vključuje vegetacijo (naravno ali gojeno) ter človeške gradnje, ki pokrivajo površino zemlje. Vode, led, neporaščene skale se tudi uvrščajo pod pokrovnost tal. Pri opredeljevanju v *kategorije* pokrovnosti tal ne opredeljujemo pojavov po namenu oziroma po uporabi npr.: športno letališče je opredeljen oz. razpoznan kot travnik.

Raba tal sloni na funkcionalnosti, to je opredelitvi zemljišča glede na njegovo uporabo. Rabo tal lahko definiramo tudi kot vrste aktivnosti, ki se izvajajo zaradi proizvodnje ene ali več dobrin. Pri opredeljevanju v *razrede* rabe tal, bi npr. športno letališče opredelili kot rekreacijsko površino.

Leta 1996 smo začeli z izdelavo statističnega GIS-a pokrovnosti/rabe tal Slovenije za stanje '93 tako, da smo georeferencirani mozaik Slovenije, izdelan iz Landsat-TM/93 podatkov, dopolnili z drugimi georeferenciranimi bazami podatkov. Najprej smo razčlenili nomenklaturu kategorij pokrovnosti in razredov rabe tal v skupine, ki omogočajo primerljivo opredeljevanje skeniranih podatkov:

- gozdne površine,
- površine s kmetijsko rabo tal,
- površine voda
- površine skal in melišč
- pozidane površine, znotraj tega raba tal:
 - površine hiš z vrtovi in dvorišči
 - površine pod cestami
 - površine pod železnico
- ostalo: na karti in v legendi označeno kot »neopredeljeno«, ker zajema površine kot so odlagališča, peskokopi, kamnolomi ipd., ki jih je možno razpoznati na satelitsko skeniranih podatkih le pod določenimi pogoji in zato v tej klasifikaciji ne predstavljajo ta pojav v celoti.

Dodatno smo uporabili sledeče georeferencirane baze podatkov, ki pokrivajo celo Slovenijo in ki so z določeno frekvenco tudi vzdrževane. Kjer je bilo možno, smo uporabili podatke iz leta 1993:

- digitalitirane *meje gozdov* izdelane na Inštitutu za Gozdarstvo RS s fotointerpretacijo letalskih posnetkov merila 1: 5 000 ali 1: 10 000 v obdobju 1983 do 1989.
- *obrise tekočih voda, jezer in zajezitev* smo prevzeli od še neuradnih podatkov Hidrometeorološkega zavoda Slovenije na Ministrstvu za okolje in prostor.
- *skale in melišča* smo določili z uporabo digitalnega modela terena - 100m (DMR-100), ki smo ga v 80-tih letih dobili od Geodetskega Zavoda Slovenije
- *centroide hiš*, to je težišče vsake hiše, ki ima hišno številko in je določena iz kart merila 1: 5000 z natančnostjo 1m.
- vektorske podatke *avtocest, magistralnih, regionalnih in lokalnih cest* smo dobili od Direkcije RS za ceste.

Pokrovnost/raba tal v hektarjih po statističnih regijah Slovenije, stanje 1993; izpis podatkov iz statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal

Statistične regije	Pokrovnost/raba tal ¹⁾								
	gozd	kmetijsko	vode	skale	pozidano	ceste	železnice	neopredeljeno	skupaj
Slovenija	1 145 003	7 70 131	13 199	36 790	50 959	7 190	2 210	1 798	2 027 277
Pomurska	37 509	89 847	1 000	...	3 892	1 396	100	20	133 764
Podravska	83 675	120 159	2 555	...	8 598	1 543	318	116	216 964
Koroška	73 371	27 957	778	103	1 566	140	91	48	104 060
Savinjska	131 669	94 823	1 252	2 281	7 458	515	283	136	238 417
Zasavska	16 588	8 671	95	...	812	26	44	118	36 354
Spodnjeoposavska	42 198	42 783	773	...	2 353	166	130	100	88 503
Dolenjska	101 805	61 274	771	...	3 530	785	174	79	168 418
Osprednjeslovenska	222 244	116 185	1 224	1 887	11 283	1 123	442	221	354 610
Gorenjska	140 872	49 710	1 278	16 476	4 726	334	137	122	213 658
Notranjsko-kraška	95 477	46 137	2 277	34	1 290	276	112	29	145 632
Goriška	147 350	64 507	966	16 008	3 050	325	168	98	232 472
Obalno-kraška	52 245	48 078	224	...	2 400	561	210	711	104 429

¹⁾ Kategorija: 'Gozd' izvedena iz numeričnih obrisov funkcionalnih površin gozdov.

'Kmetijsko' vsebuje tudi pretežni del površin v zaraščanju, deloma pozidane površine industrijskih objektov, kmetijskih obratov, peskokope itd, in razen pri Pomurski statistični regiji, tudi površine regionalnih in lokalnih cest.

²⁾ 'Pozidano' izdelano iz centroidov hiš, le pri mestih z <10 000 prebivalci niso vključene površine industrijskih objektov, skladišč, parkirišč itd
 Površina Slovenije (2 027 277 ha), dobljena z združevanjem obdelanih statističnih regij, se loči od površine obrisa po RTE (**2 027 245 ha**) za 32 ha ali 0,0016%.

Površine statističnih regij se ločijo od obrisov površin za največ 0,02% (Koroška statistična regija ima največjo razliko: 19,4 ha ali 0,019 %)

- vektorske podatke *železniških prog* smo prevzeli od Slovenskih železnic. Vektorski podatki so bili izdelani iz kart merila 1: 50 000. *Železniške postaje*, ki so vektorizirani sloj TK 25, smo dobili od Geodetskega Zavoda RS;
- površine in obrise regij smo vzeli iz *registra teritorialnih enot* (RTE), izdelan na Geodetskem Zavodu Slovenije in Statističnem uradu RS.

Priprava podatkovnih slojev, izločanje nelogičnih pojavov, prelaganje in usklajevanje vsebine med podatkovnimi sloji ter končno povezovanje posameznih podatkovnih slojev v GIS pokrovnosti/rabe tal, je zaradi različne kakovosti uporabljenih baz podatkov potekalo mimo zastavljenega postopka dela in zahtevalo, da se tudi med samim delom sproti prilagajamo naravi prevzetih podatkov. Rezultat te obdelave je podan v tabeli in ima tudi svoj grafični, to je kartografski prikaz.

Pokrovnost/raba tal v hektarjih po statističnih regijah regijah Slovenije, stanje 1993; izpis podatkov iz statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal

STATISTIČNI GIS POKROVNOSTI IN RABE TAL - STANJE 97

Na osnovi izkušenj, pridobljenih z izdelavo statističnega GIS-a pokrovnosti/rabe tal Slovenije za stanje 1993, smo se v sodelovanju z CESD in Eurostatom odločili, da:

- obstoječi statistični GIS ažuriramo na stanje 1997,
- bolj natančno izrišemo meje kategorij pokrovnosti in razredov rabe tal,
- ocenimo vsebinsko kvaliteto izdelanega statističnega GIS-a,
- ocenimo pozicijsko kvaliteto izdelanega statističnega GIS-a.

Za izdelavo statističnega GIS-a pokrovnosti/rabe tal Slovenije-stanje "97 uporabljamo iste podatkovne sloje, kot smo jih pri prvem GIS-u, le da so vsi sloji ažurirani na stanje 1997. Poleg teh podatkov, uporabljamo še:

- serijo *Landsat-TM/97* podatkov, plačano iz sredstev CESD/Eurostat,
- za vse scene, kjer smo pridobili dovoljenje od Ministrstva za obrambo RS, uporabljamo tudi *ortorektificirane podatke SPOT-Pan scen*, velikosti 40 x 50km. Ti podatki so poravnani z natančnostjo, ki bi SPOT-Imagu omogočila izdelavo 20 m digitalnega modela terena z decimetersko natančnostjo,
- *lokacije odlagališč* smo dobili od Ministrstva za okolje in prostor,
- *lokacije kamnolomov* in peskokopov smo dobili od Direkcije RS za rudna bogatstva.

Podatke satelita Landsat-TM/97 smo georeferencirali na podatke Landsat-TM/93 z napako manjšo kot polovico piksla (<15m). Območja, ki so pokrita tudi s podatki SPOT-Pan satelita, so ponovno georeferencirana na te ortorektificirane podatke, s spremenjeno velikostjo slikovnega elementa na 10m. Prva dva kanala valovnih dolžin vidnega območja elektromagnetnega valovanja (0,45-0,52 μ m in 0,52-0,60 μ m) na satelitu Landsat-TM/97 smo nadomestili s SPOT-Pan podatki (0,52-0,90 μ m).

Kot tematski referenčni podatek smo privzeli stanje, ki sta ga skenirala satelit Landsat-TM/97 in Spot-Pan. Spot-Pan podatki so tudi osnova za digitalizacijo mask večjih pozidanih površin, katerih površina bistveno presega 20m polmer okoli centroida.

Priprava podatkovnih slojev, prelaganje in usklajevanje vsebine med podatkovnimi sloji ter povezovanje posameznih podatkovnih slojev v GIS pokrovnosti/rabe tal na stanje leta 1997 izvajamo z ekransko digitalizacijo.

ANALIZA ČASOVNIH SPREMEMB

Spremembe pokrovnosti tal Slovenije, ki so nastale v obdobju od junija 1993 do junija 1997 zaradi novopozidanih površin, smo določili na prostorsko opredeljenih podatkih Geografsko informacijskega sistema (GIS) pokrovnosti tal Slovenije za leto 1993. Za vsako statistično regijo in za Slovenijo kot celoto smo tako dobili tabelarni in prostorski prikaz sprememb v pokrovnosti tal.

Za izračun sprememb pokrovnosti tal Slovenije v časovnem obdobju od junija 1993 do junija 1997 smo uporabili centroide hiš po stanju 30. junija 1993 in po stanju junija 1997 ter podatke GIS-a pokrovnosti tal Slovenije za leto 1993.

Vsem centroidom smo dodali površino s polmerom 20m. Oba georeferencirana sloja »pozidano« smo združili in izločili skupne površine. Ostanek površin so površine, ki so bile v obdobju od junija 1993 do junija 1997 na novo pozidane. Sloj novopozidanih površin smo preložili čez statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije za leto 1993 in tako ugotovili, kolikšna površina drugih kategorij se je spremenila v kategorijo »pozidane površine«. Sloj opredeljenih novopozidanih površin smo združili z digitaliziranimi mejami administrativnih enot in izračunali spremembo v površini posameznih kategorij pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin po posameznih statističnih regijah in za Slovenijo kot celoto.

Sprememba pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin v Sloveniji, junij 93 - junij 97

Statistične regije	Skupna površina ozemlja ¹ ha	Od tega kmetijske površine ² ha	Novopozidane površine na račun		
			Skupaj ha	gozda ha	kmet.površin ha
Slovenija	2 027 277	770 131	895,66	40,71	854,95
Pomurska	133 764	89 874	55,29	0,39	54,90
Podravska	216 964	120 15	147,68	2,00	145,68
Koroška	104 060	27 957	21,86	1,60	20,26
Savinjska	238 417	94 823	124,28	5,15	119,13
Zasavska	26 354	8 671	20,20	1,60	18,60
Spodnjeposavska	88 503	42 783	27,94	0,55	27,39
Dolenjska	168 418	61 274	66,21	2,33	63,88
Osrednjeslovenska	354 609	116 185	244,77	15,50	229,27
Gorenjska	213 655	49 710	62,21	4,85	57,36
Notranjsko-kraška	145 632	46 137	21,17	1,30	19,87
Goriška	232 472	64 507	58,39	4,22	54,17
Obalno-kraška	104 429	8 078	45,66	1,22	44,44

1 Površina Slovenije (2 027 277 ha), dobljena z združevanjem obdelanih statističnih regij, se loči od površine obrisa po RTE (2 027 245 ha) za 32 ha ali 0,0016 %. Površine statističnih regij se ločijo od obrisov površin za največ 0,02 % (Koroška regija ima največjo razliko: 19,4 ha ali 0,019 %).

2 Kmetijske površine po statističnem GIS-u pokrovnosti tal, 1993

V obdobju od junija 1993 do junija 1997 se je kategorija pokrovnosti tal »pozidane površine« povečala za 896 ha skupnega ozemlja Slovenije. Kot smo pričakovali, je največ novopozidanih površin nastalo na račun kmetijskih površin v okolici urbanih središč. Izjema je Savinjska dolina, kjer so novopozidane površine skoraj enakomerno razporejene po dolini, ki je celo uvrščena med kmetijsko zaščitena območja. Ta primer pa tudi ponazarja pomen geografske porazdelitve pojava in njegove gostote na določenem območju, saj sta zgolj numerična podatka o deležu novopozidanih površin od skupne površine Savinjske regije (0,05 %) ter delež novopozidanih, prej kmetijskih površin te regije (0,13 %) zanemarljiva.

SKLEP

Podatki skanirani s sateliti Landsat in SPOT so periodičen in primerljiv vir tematskih informacij o pojavih na površini Zemlje. Z uporabo GIS orodji omogočajo izdelavo podatkovnega sloja pokrovnosti in rabe tal in z uporabo ažuriranih podatkovnih slojev GIS-a tudi analizo časovnih sprememb velikosti pojavov in njihove lokacije v prostoru. Natančnost izdelkov je omejena z osnovno ločljivostjo skaniranja, ki se je v zadnjem letu povečala do 1m x 1m.

Letos načrtovana nabava Landsat-ETM podatkov Slovenije bo omogočila posodobitev GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije iz stanja 1997 na stanje 2000. Analiza podatkov ene scene IKONOS satelita (11km x 11km), z velikostjo piksla 4m x 4m v treh valovnih dolžinah elektromagnetnega valovanja in velikostjo piksla 1m x 1m v pankromatskem območju, bo pokazala ali je možno razločevati kmetijske površine po kulturah, spremljati posege v gozdovih in v kolikšni meri lahko opredeljujemo škodo, nastalo po ujmah.

Zaradi izvorne numeričnosti podatkov, frekvence preletov satelitov in primerljivosti zajema podatkov, se v zadnjih desetih letih uporaba podatkov, skaniranih s sateliti visoke ločljivosti, uveljavlja kot rutinska metoda v strokah, ki se ukvarjajo s proučevanjem pojavov in procesov na površini Zemlje.

LITERATURA IN VIRI

1. Bronge, L.B., 1998: Vegetation mapping using satellite and topographic map data in a stratified approach: Method development and application. Future trends in Remote Sensing, Gudmandsen (ed.), pp: 103-111.
2. Duhamel, C. and Croi W., 1999: Manual of concepts: Working party »Land Use Statistics« of the Agricultural Statistics Committee, EEA, Eurostat, Doc. Land/16, pp: 51.
3. Griffith, D. A., 1996: The need for spatial statistics, Ch. 1 in Spatial Statistics, practical handbook, Editor-in-chief: Arlinghaus S.L. CRS Press, N.Y. pp: 1-17.
4. Ivačić, M., 1997: Ugotavljanje kakovosti prostorskih podatkov pri digitalizaciji prostorskega plana Republike Slovenije, Geodetski Vestnik, Vol. 41, No. 1, pp: 21-29.
5. Jansen, L. J. M., and DiGregorio, A., 1998: The problems of current classifications: development of new approach: European Commission, Land cover and land use information systems for European Union policy needs: International seminar, Luxembourg, 21-23.01. 98 Informtion.
6. Kvamme, K., Oštir-Sedej, K., in Stančič, Z., in Šumrada, R., 1997: Geografski informacijski sistemi, ZRC SAZU, p: 463.
7. Langford, M., Unwin, D. J., and Maguire, D. J., 1990: Generating Improved Population Density Maps in an Integrated GIS: European Conference on Geographical Information Systems, pp: 651-660.

8. Lojović, E. H., Šabić, D., 1999: Spremembe v pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin, Statistične Informacije, št. 121, SURS, pp:3.
9. Šabić, D., Tretjak, A., and Perdigo, V., 1995: MARS 1994, Regional inventory Slovenia, Ground Survey, Yield Survey, JRC-Ispra and SORS, Contract No: 10371-94-07 FIED ISP SLO, pp: 1-44.
10. Šabić, D., Lojovic, E. H., in Tretjak, A., 1998: GIS pokrovnosti tal Slovenije. Statistične Informacije, št. 42/98, SURS, pp:9.
11. Šabic, D., Lojovic, E.H., 1999: Posodobitev statističnega GIS-a pokrovnosti tal Pomurske statistične regije iz leta 1993 na leto 1997. Statistične informacije, št. 122, SURS, pp: 5.
12. Tretjak, A., 1999: Geokodirani podatki na Statističnem uradu RS, vsebina, uporaba in povezovanje; projekt ONIX: temeljni nivo, p. 21.
13. <http://www.eurimage.com>.
14. <http://www.spaceimage.com/default.htm>.
15. <http://geo.arc.nasa.gov/sgc/landsat/landsat.html>.
16. <http://www.spotimage.fr/spot-us.htm>.
17. http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote_Sensing/An_Online_Handbook/TofC/toc1.shtml.

SUMMARY

The satellite scanned data are a periodic and uniform source of thematic information of the Earth cover. The use of GIS tools enables the compilation of the land cover/land use data layer and with the updated GIS layers the multitemporal analysis of the size and location of various features can be performed. However the accuracy of the compiled data layer strongly depends on the pixel resolution that has with the advent of IKONOS satellite increased to 1m x 1m.

In this year it is planned to purchase a set of Landsat-ETM data, covering the whole of Slovenia in order to update the existing statistical Land Cover/Land Use GIS of Slovenia from state 1997 to state 2000. The analysis of one IKONOS scene (11km x 11km) that has a 4m x 4m multispectral resolution and a 1m x 1m panchromatic resolution will be oriented to the possible classification of agricultural areas into specific crops, automatic identification of various interventions in the forested areas and to its possible operational use in cases of natural catastrophes.

The use of high resolution satellite scanned data became in the last ten years a routine method, due to its basic numerical form, frequency of availability and uniformity of data, what all results in a reliable numerical source of information of the state, form and time-change of phenomena on the Earth's surface.