

OCENJENA SPREMEMBA POKROVNOSTI TAL V STATISTIČNEM GIS-U POKROVNOSTI IN RABE TAL SLOVENIJE ZARADI NOVOPOZIDANIH POVRŠIN IZ OBDOBJA JUNIJ '93 - JUNIJ '97 IN JUNIJ '97 - JUNIJ '99

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

Izvleček

KLJUČNE BESEDE: *satelitsko skenirani podatki, centroidi hiš, geokodirani podatkovni sloji, GIS, pokrovnost tal, raba tal, ocena kakovosti, sprememba pokrovnosti tal*

Velikost, lokacijo in prejšnjo kategorijo pokrovnosti tal novopozidanih površin v obdobju od junija 1993 do junija 1997 smo ocenili z uporabo georeferenciranih podatkovnih slojev pozidanih površin v juniju '93 in juniju '97 ter Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije iz leta 1993 z enoto kartiranja 20 ha. Hkratna uporaba slojev omogoča hitro določanje lokacije in obsega sprememb, ki so posledica širjenja urbanega prostora na račun drugih kategorij pokrovnosti tal. Omogoča tudi enostavno odkrivanje nelogičnih lokacij centroidov hiš.

Naš cilj je analizirati enake spremembe v obdobju med letoma 1997 in 2001 z uporabo Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije '97 s kartografsko enoto 5 hektarjev in slojem novopozidanih površin, ki bo poleg centroidov hiš vključeval tudi pozidane površine večjih industrijskih objektov, skladišč, parkirišč ipd. pa tudi železnic in cest štirih nivojev.

Za spremljanje dinamike sprememb v pokrovnosti tal smo izvedli še analizo teh sprememb v obdobju od junija '97 do junija '99.

Abstract

KEY WORDS: *satellite scanned data, centroids of houses, geocoded data layers, GIS, land cover, land use, quality assessment, land cover change*

The size, location and previous category of land cover of new built-up areas in Slovenia in the period from June 1993 to June 1997 has been assessed with the data layers of built-up areas in June '93 and in June '97 and with the Statistical Land Cover/Land Use GIS-state '93 of Slovenia. The simultaneous use of data layers enables a quick identification of the location and extent of land cover changes, caused by the urbanisation on the account of other land cover categories. It enables also a quick identification of illogical locations of centroids of houses.

It is our goal to analyse the same changes for the period from 1997 to 2001, using the Statistical Land Cover/Land Use GIS of Slovenia-state '97 with the mapping unit of 5 hectares and the data layer of augmented built-up areas that includes built-up areas of larger industrial objects, warehouses, parking places, etc., as well as the railways and four levels of roads.

In order to monitor the changes in land cover we also performed this analysis of changes in the period from June '97 to June '99.

1. UVOD

Za potrebe kmetijskih statistik, kmetijskega in okoljskega razvoja ter za opazovanje sprememb v pokrovnosti in rabi tal so potrebni podatki o pokrovnosti in rabi tal na nacionalnem in regijskem nivoju. Zato je Statistični urad RS izdelal Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije - stanje '93 z enoto kartiranja 20 ha, ki predstavlja prvi numerični GIS Slovenije z enotno pridobljenimi in obdelanimi podatkovnimi sloji. Delo se nadaljuje z izdelavo Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije - stanje '97 z enoto kartiranja 10 ha na nacionalnem in 5 ha na regionalnem nivoju.

2. IZDELAVA STATISTIČNEGA GIS-a POKROVNOSTI IN RABE TAL V SLOVENIJI

Leta 1997 je bil izdelan prvi Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije s stanjem iz leta 1993. Uporabljeni so bili naslednj georeferencirani podatkovni sloji za celo Slovenijo iz leta 1993:

- satelitsko skenirani podatki satelita Landsat-TM,
- digitalizirane meje upravnih enot,
- digitalizirane meje gozdnih površin,
- digitalizirane meje voda,
- digitalni model reliefa 100 m (DMR 100),
- centriodi hiš,
- linijski vektorski podatki o železnicah,
- linijski vektorski podatki o cestah.

Ti podatki so bili uporabljeni za razmejitev petih glavnih kategorij pokrovnosti in rabe tal:

- gozdnih površin,
- kmetijskih površin,
- voda,
- skalovja (tj. tal, ki niso porasla z rastlinjem),
- urbanega (tj. hiš, cest, železnic).

Osnovni vir podatkov za izdelavo Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji je bil georeferenciran mozaik Slovenije, izdelan iz satelitsko skeniranih podatkov iz leta 1993 z ločljivostjo ali pikslom v velikosti 30 m x 30 m.

Napaka georeferenciranja teh podatkov na ravninskih področjih Slovenije ne presega 30 m. Te podatke smo uporabili za podlago, na katero smo prelagali preostale sloje (Burrough and McDonnell, 1998, str. 28-33).

Za opredelitev gozdnih površin smo uporabili digitalizirane obrise gozdov, ki smo jih v delovni obliki prevzeli od Oddelka za prostorsko načrtovanje na Ministrstvu za okolje in prostor. Omenjeni podatki so bili v 80. letih izdelani iz letalskih posnetkov v merilu 1 : 10 000 ali 1 : 17 500. Ta kategorija pokrovnosti tal zajema gozdove in gozdne površine v večjih urbanih središčih, ki so uporabljene za rekreacijo.

Kategorija kmetijske površine zajema vso kmetijsko zemljo in travnate površine v večjih urbanih središčih, ki so uporabljene za rekreacijo.

Obrise tekočih voda, jezer in zajezitev smo prevzeli iz še neuradnih podatkov Hidrometeorološkega zavoda Slovenije. Vektorski podatki so bili skenirani iz kart v merilu 1 : 25 000.

S pomočjo DMR 100 smo odbojne vrednosti nad določeno višino, ki odsevajo barve, značilne za odprta ali slabo porasla področja, opredelili kot skale.

Poleg tega smo uvedli kategorijo "neopredeljene površine", ki zajema 0,01 % klasificiranega ozemlja.

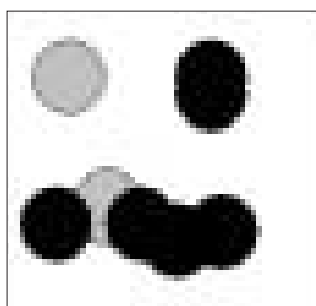
Trije razredi pete kategorije pokrovnosti tal, tj. hiše, ceste in železnice, so bili dobljeni iz treh različnih podatkovnih slojev. Prvi sloj smo dobili iz centroidov hiš. Postopek je opisan v naslednjem poglavju. Sloja cest in železnic smo dobili z generiranjem koridorjev uradne širine za posamezni razred ceste oz. železnice okoli vektoriziranih središčnih linij. Te sloje smo združili, križišča in prekrivajoče se površine smo topološko uredili in tako dobili kategorijo "urbano".

3. OCENA PRIRASTA NOVOPOZIDANIH POVRŠIN

V Registru teritorialnih enot so zbrani le podatki o tistih hišah, ki imajo hišne številke. Hiše so določene z geografskimi koordinatami, ki so "identifikacija vsake stanovanjske ali poslovne stavbe". Geografske koordinate označujejo središče vsake hiše in jih imenujemo centriodi. Centriodi so torej točke, ki nimajo podatka o uporabi stavbe ali o njeni površini. Za oceno površine pod vsako stavbo, vključno s povprečno površino pripadajočega dvorišča, pomožnih objektov ali vrta, smo centroidom dodali površino s polmerom 20

m (Li and Yeh 1999, str. 139). Izbor polmera 20 m temelji na statistični analizi vzorca stavb v vsej Sloveniji. Površine dvorišč, pomožnih objektov in vrtov so bile izmerjene na letalskih posnetkih v merilu 1 : 5 000. Povprečna velikost zemljišča, ki pripada posameznim stavbam, je bila 0,125 ha. V gosto naseljenih območjih so se te površine zlile v večje poligone. Obrisi posameznih poligonov so tako izgini. Za nadaljnjo obdelavo smo upoštevali zunanje obrise novih večjih poligonov (slika 1).

Enak postopek smo uporabili tudi za centroide hiš po stanju junija 1997. Pozidane površine za ta dva časovna termina imamo tako na ločenih slojih. Z medsebojnim prekrivanjem teh slojev smo najprej določili porušene hiše in nato izločili skupne površine, tako da so ostale le površine, ki so bile na novo pozidane med junijem 1993 in junijem 1997.

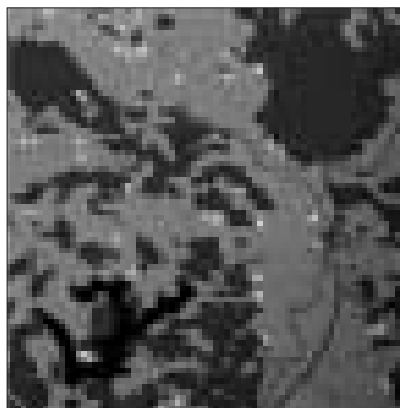


črna: centriodi z dodatno površino; stanje 1993
siva: centriodi z dodatno površino; pozidani 1993-1997

Slika 1: Shematski prikaz centroidov z dodano površino

4. OCENA SPREMEMBE POKROVNOSTI TAL ZARADI NOVOPOZIDANIH POVRŠIN

Sloj novopozidanih površin smo položili čez Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji - stanje '93 in tako določili gozdne in kmetijske površine, ki so se spremenile v pozidane.



LEGENDA:
temno sivo: gozd
svetlo sivo: kmetijsko
črno: vode in ceste
srednje sivo: pozidano
močno osvetljeno: novopozidano

*Slika 2: Izsek iz Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji - stanje '93 z označenimi novopozidanimi površinami v delu vzhodne Savinjske doline; ZL:
 $X = 5.510.000;$
 $Y = 5.131.000$*

Če smo znotraj obstoječih pozidanih površin odkrili novopozidane površine, jih nismo upoštevali kot spremembe pokrovnosti oz. rabe tal, ker se kategorija pokrovnosti/rabe tal dejansko ni spremenila. Centroide z več kot 50 % površine nad vodo, železnico ali cesto smo šteli za napake in jih odstranili iz sloja.

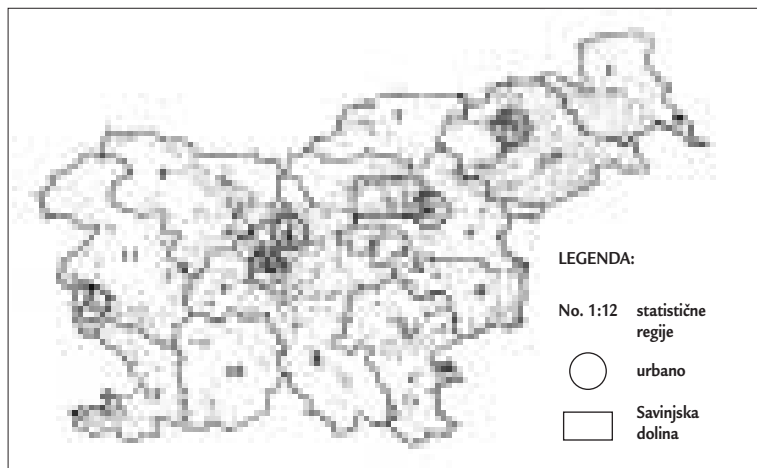
Na koncu smo sloj novopozidanih površin združili s slojem administrativnih mej in tako dobili novopozidane površine za vsako posamezno statistično regijo in za vso Slovenijo (tabela 1).

Tabela 1: Sprememba v pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin po statističnih regijah Slovenije, junij '93 - junij '97

Statistična regija	Površina (ha)	Novopozidane površine (ha)		
		1993	1997	
			1993	1997
Beograd	10000	10000	10000	10000
...
Slovenija	2.027.277	2.027.277	2.027.277	2.027.277

¹⁾ Površina Slovenije (2.027.277 ha), ki smo jo dobili s seštevanjem površine statističnih regij, se razlikuje od uradnih podatkov o površini (2.027.245 ha) iz Registra teritorialnih enot za 32 ha ali 0,016 %. Površine posameznih statističnih regij se ne razlikujejo od uradno določene površine za več kot 0,02 %.

V Sloveniji se je v obdobju od junija 1993 do junija 1997 večina novopozidanih površin razširila na račun kmetijskih površin. Največ kmetijskih površin se je spremenilo v novopozidane površine v statističnih regijah št. 6 in 9. Vendar pa bistvene informacije, tj. prostorsko razporeditev, dobimo šele iz grafične predstavitve podatkov (slika 3). Kot smo pričakovali, so se novopozidane površine najbolj povečale blizu urbanih središč. Iz slike pa je razvidno, da se novopozidane površine skoraj enakomerno gosto razporejajo po kmetijskih površinah. Tako dobimo z uporabo relativno preproste in učinkovite metode nove kvalitativne informacije, ki jih ne bi mogli dobiti s predstavitvijo teh podatkov le v klasični tabelarni obliki.



Slika 3: Razporeditev novopozidanih površin od junija 1993 do junija 1997 po statističnih regijah Slovenije

5. STATISTIČNI GIS POKROVNOSTI IN RABE TAL V SLOVENIJI '97 IN OCENA KVALITETE

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji za leto 1997 z enoto kartiranja 10 in 5 hektarjev je v izdelavi (Duhamel and Croi, 1999, str. 16 in 33 in 42-45; Lojović in Tretjak in Šabič, 1998, str. 3-5 in 9-12). V ta namen so bili vsi vektorski podatki iz leta 1993 posodobljeni na stanje iz leta 1997, dodani pa so bili tudi naslednji novi sloji:

- satelitsko skenirani podatki Landsat TM iz leta 1997,
- satelitsko skenirani podatki satelita Spot-Pan iz let 1996/1997,
- georeferencirane lokacije odlagališč odpadkov,
- georeferencirane lokacije gramoznih jam in kamnolomov,
- linijski vektorski podatki avtocest, magistralnih cest, regionalnih cest in lokalnih cest ter železnic.

Pri izdelavi novega GIS-a bo izvedena ocena kakovosti pokrovnosti tal znotraj posamezne statistične regije. Ker je bil v letu 1999 pripravljen novi GIS za prvo statistično regijo, je bila izračunana matrika napak za oceno kakovosti za naključno izbran segment v velikosti 3 000 m x 3 000 m (Congalton and Green, 1999, str. 75-83). Kot referenčni podatki so bili uporabljeni fotointerpretirani in digitalizirani letalski posnetki v merilu 1 : 17 500 zadnjega cikličnega aerosnemanja (CAS 1996). Skupna zanesljivost je bila 93-odstotna (tabela 2). Zaradi časovno zahtevnega postopka ocenjevanja kakovosti bo ocena kakovosti za celoten GIS izvedena po prostorski vzorčni shemi, kjer bo na vsakem segmentu lokacijska in tematska natančnost ocenjena vzdolž dveh diagonal.

Tabela 2: Matrika napak razvrščenih poligonov iz letalskih fotografij v merilu 1 : 17 500 / CAS '96 in iz GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji '97 na naključno izbranem segmentu v velikosti 3000 m x 3000 m na lokaciji ZL: X = 5.590.000 Y = 5.173.000

Klasifikacija napak	Klasifikacija napak po vrsti napake				Skupna število napak	Procent napak
	Prevelika površina	Prevelika dolžina	Prevelika širina	Prevelika površina		
Prevelika površina	1	1	1	1	4	100%
Prevelika dolžina	1	1	1	1	4	100%
Prevelika širina	1	1	1	1	4	100%
Prevelika površina	1	1	1	1	4	100%
Skupaj	4	4	4	4	16	100%

Uporabnikova zanesljivost: $(X_{ii}/\sum X_{ij}; j = 1, \dots, 4) \Rightarrow$ izpustitev ali napaka pri vključitvi = napaka prvega tipa

Proizvajalčeva zanesljivost: $(X_{jj}/\sum X_{ij}; i = 1, \dots, 4) \Rightarrow$ izpustitev ali napaka pri izključitvi = napaka drugega tipa

Skupna zanesljivost: $(\sum X_{ii}/\sum \sum X_{ij}; i = 1, \dots, 4; j = 1, \dots, 4)$.

6. OCENA PRIRASTA NOVOPOZIDANIH POVRŠIN V OBDOBJU JUNIJ '97 - JUNIJ '99

Da bi ocenili dinamiko sprememb v pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin smo izračunali spremembo pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin tudi za obdobje junij '97 - junij '99.

V ta namen smo uporabili centroide hiš po stanju 30. junija 1997, centroide novopozidanih hiš v obdobju od 30. junija 1997 do 30. junija 1999, centroide hiš, ki so bile porušene v obdobju od 30. junija 1997 do 30. junija 1999 in centroide hiš, katerih koordinate so bile v tem obdobju popravljene (vir podatkov: Geodetska uprava RS) ter podatke Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije za leto 1997 (vir podatkov: Statistični urad RS).

Novopozidane površine iz obdobja od junija 1997 do junija 1999 smo določili s podatki centroidov hiš po stanju 30. junija 1997, s podatki centroidov novopozidanih hiš v obdobju od 30. junija 1997 do 30. junija 1999, s podatki centroidov hiš, ki so bile porušene v istem obdobju in s podatki centroidov hiš, katerih koordinate so bile popravljene. Vsem tem centroidom smo ponovno dodali površino s polmerom 20 m. Za oceno novopozidanih površin smo upoštevali le tisti del površine, ki se ni prekrivala s pozidano površino iz leta 1997.

Kot pri analizi za obdobje junij '93 - junij '97 nismo upoštevali kot novopozidane površine tistih površin, ki so se v celoti pojavile znotraj že definiranih pozidanih površin. Pri analizi za obdobje junij '97 - junij '99 nismo kot novopozidane površine upoštevali tudi:

- površin posameznih centroidov hiš, ki v podatkovni bazi iz junija 1999 sicer imajo atribut novo pozidanega objekta, vendar je razdalja med centroidom tega objekta in centroidom objekta iz podatkovne baze iz junija 1997 manjša od dveh metrov;

- površin centroidov, ki so se v podatkovni bazi iz junija 1999 pojavljali z dvema atributom, kot novozgrajeni objekt in kot objekt s popravljenimi koordinatami.

7. OCENA SPREMEMBE POKROVNOSTI TAL ZARADI NOVOPOZIDANIH POVRŠIN V OBDOBJU JUNIJ '97- JUNIJ '99

Na ta način pridobljeni sloj novopozidanih površin smo preložili čez podatkovne sloje Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije za leto 1997 in ugotovili, kolikšna površina drugih kategorij se je spremenila v kategorijo "pozidane površine".

Sloj opredeljenih novopozidanih površin smo združili z digitaliziranimi mejami administrativnih enot (vir podatkov: Geodetska uprava RS) in izračunali spremembo v površini posameznih kategorij pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin po posameznih statističnih regijah in za Slovenijo kot celoto.

Statistična regija	Površina (ha)	Sprememba površine (ha)		
		1997	1999	
			1997	1999
Beograd	1.000.000	1.000.000	1.000.000	0
...
Slovenija	2.027.277	2.027.277	2.027.277	0

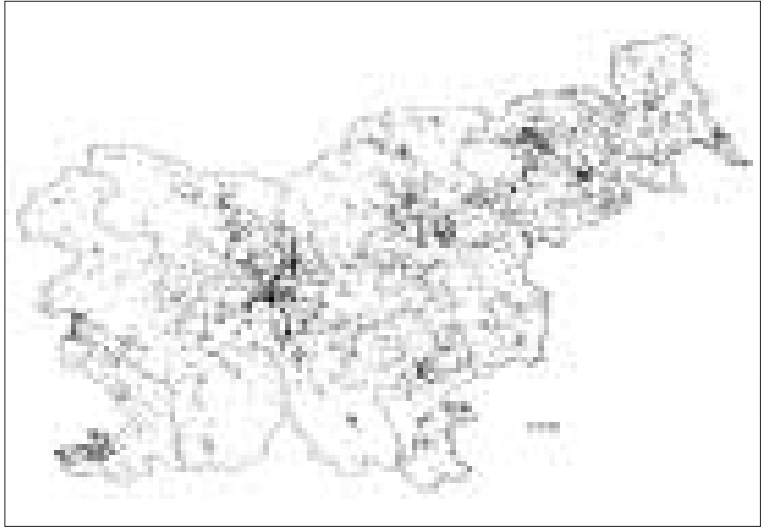
Tabela 3: Sprememba v pokrovnosti tal zaradi novopozidanih površin po statističnih regijah Slovenije, junij '97 - junij 99

¹⁾ Površina Slovenije (2.027.277 ha), ki smo jo dobili s seštevanjem površine statističnih regij, se razlikuje od uradnih podatkov o površini (2.027.245 ha) iz Registra teritorialnih enot za 32 ha ali 0,016 %. Površine posameznih statističnih regij se ne razlikujejo od uradno določene površine za več kot 0,02 %.

V obdobju od junija 1997 do junija 1999 se je kategorija pokrovnosti tal "pozidane površine" povečala za 654 ha.

Iz prostorskega prikaza podatkov je pomembna ugotovitev, da novopozidane površine naraščajo pretežno na račun kmetijskih površin, vendar ne samo na obrobju urbanih središč, temveč so skoraj enakomerno razporejene tudi po ostalem kmetijskem zemljišču.

Slika 4: Razporeditev novopozidanih površin od junija 1997 do junija 1999 po statističnih regijah Slovenije



8. SKLEP

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji je prvi numerični GIS Slovenije, ki vsebuje enotni tematski sloj celotnega ozemlja države. Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji v letu 1993 je uradno potrdil, da je precej več ozemlja Slovenije pokritega z gozdovi, kot je bilo uradno znano. Izboljšana ločljivost satelitsko skeniranih podatkov, ki smo jih uporabili pri izdelavi Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji v letu 1997, bo omogočila boljšo razmejitev kategorij pokrovnosti tal z enoto kartiranja 5 ha za regionalni nivo in 10 ha za nacionalni nivo. Ker sta za Slovenijo značilni geografska raznolikost in razdrobljenost kmetijskih površin, bo omenjena izboljšava prispevala k boljši operativni uporabi Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji.

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji '97 pa bo omogočil tudi bolj natančno oceno spremembe pokrovnosti in rabe tal zaradi novopozidanih površin v obdobju od leta 1997 do leta 2001. Poleg tega bodo vključene tako ceste četrte kategorije kot tudi novopozidane površine večjih industrijskih objektov, skladišč, parkirišč ipd., ki so večje od 20-metrskega centroida.

ZAHVALA

Izdelava Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji in ocena sprememb v pokrovnosti in rabi tal je bila možna le s sodelovanjem slovenskih vladnih institucij in uradov, ki so omogočili uporabo svojih podatkov: Ministrstva za okolje in prostor, Geodetske uprave Republike

Slovenije, Oddelka za prostorsko načrtovanje, Hidrometeorološkega zavoda, Oddelka za mineralne raziskave, Ministrstva za obrambo in Uprave Republike Slovenije za ceste. Za njihov prispevek se iskreno zahvaljujemo. Posebna zahvala pa velja JRC/EU in Eurostat/CESD, ki sta financirala nabavo serije Landsat-TM/93 in TM/97 posnetkov Slovenije.

Izdelava Statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal s stanjem iz leta 1997 in ocena sprememb pokrovnosti tal se izvajata na Statističnem uradu RS v okviru Phare projekta StatCOP98 SL -9803.02.0001. Prvi del rezultatov je že bil predstavljen na mednarodni delavnici ISPRS februarja 2000 v Ljubljani.

VIRI IN LITERATURA

Burrough, P. A., McDonnell, A., 1998: *Principles of geographical Information Systems. Spatial information systems and geostatistics.* Oxford University Press. Velika Britanija.

Congalton, R.G. and Green K., 1999: *Assesing the Accuracy of Remotely Sensed Data.* Lewis Publishers, London.

Duhamel, C., Croi, W., 1999: *Manual of concepts, Working party "Land Use Statistics" of the Agricultural Statistics Committe EEA, Luxembourg 31.May-01.June '99; draft version,* Luksemburg.

Li X. and Yeh gar-on A., 1999: *Modelling sustainable urban development by integration of constrained cellular automata and GIS.* Int.J.Geographical Information Science, Vol. 14, No 1.

Lojović, E. H.; Šabić, D., (1999): *Posodobitev Statističnega GIS-a pokrovnosti tal Pomurske statistične regije iz leta 1993 na leto 1997. Statistične informacije, Ozemlje in podnebje št.122,* Statistični Urad RS

Lojović, E. H., Tretjak, A., Šabić, D., 1998: *Land Cover/Land Use GIS of Slovenia with Land Cover Change Detection 1993:1997; Action plan with project documentation for 1998-2001; Phare-COP'98 funding.*

Šabić, D., Lojović, E.H., Tretjak, A., (1998): *GIS pokrovnosti tal Slovenije. Statistične informacije. Ozemlje in podnebje št. 42,* Statistični urad RS

Lojović e. H.; Šabić, D. and Tretjak, A., (2000): *Land Cover Change Estimation in the compiled Land Cover/Land Use GIS of Slovenia: June '93 - June '97; The ISPRS WG VI/3 and WG IV/3 Joint Meeting: Bridging the Gap; Ljubljana 2.- 5. Feb. 2000*

Recenzija: Redakcijski odbor simpozija ISPRS v Ljubljani, februar 2000

Prispelo v objavo: 2000-08-14