

# GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2003–2004

**TOMAŽ PODOBNIKAR  
DRAGO PERKO  
DAVID HLADNIK  
MARKO KREVS  
MARJAN ČEH  
ZORAN STANČIČ**



**ZALOŽBA  
Z R C**

**GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2003–2004**



ZALOŽBA  
Z R C





# **G**EOGRAFSKI **I**NFORMACIJSKI **S**ISTEMI V SLOVENIJI 2003–2004

*Uredili:*

Tomaž PODOBNIKAR

Drago PERKO

David HLADNIK

Marko KREVS

Marjan ČEH

Zoran STANČIČ

LJUBLJANA 2004

## **GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2003–2004**

Tomaž Podobnikar, Drago Perko, David Hladnik, Marko Krevs, Marjan Čeh, Zoran Stančič

© Inštitut za antropološke in prostorske študije in Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, 2004

*Uredniki:* Tomaž Podobnikar, Drago Perko, David Hladnik, Marko Krevs, Marjan Čeh, Zoran Stančič

*Uredniški odbor:* Marjan Čeh, David Hladnik, Marko Krevs, Janez Nared, Drago Perko, Tomaž Podobnikar, Roman Rener, Zoran Stančič, Bojan Stanonik, Radoš Šumrada, Klemen Zakšek

*Izdajatelj:* Inštitut za antropološke in prostorske študije in  
Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

*Za izdajatelja:* Ivan Šprajc, Drago Perko

*Soizdajatelj:* Zveza geografskih društev Slovenije in Zveza geodetov Slovenije

*Za soizdajatelja:* Mitja Bricelj, Bojan Stanonik

*Založnik:* Založba ZRC

*Za založnika:* Oto Luthar

*Glavni urednik:* Vojislav Likar

*Likovno-grafična ureditev:* Milojka Žalik Huzjan

*Prelom:* Iztok Sajko

*Oblikovanje naslovnice:* Syncomp d. o. o., Ljubljana

*Tisk:* Collegium graphicum d. o. o., Ljubljana

*Izid publikacije sta podprla:*

Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije

Mestna občina Ljubljana, kabinet županje

*Naslovnica:*

Na naslovnici je slika daljinsko vodenege helikopterja, opremljenega z digitalnim fotoaparatom, video linkom in sistemom za stabilizacijo leta. Več o helikopterju in o možnostih dela z njim lahko preberete v članku Zajem podatkov z daljinsko vodenim modelom helikopterja za potrebe specialne fotogrametrije velikih meril. Avtorja članka sta David Pollak in Andrej Jemec.

Digitalna različica (pdf) je pod pogoji licence CC BY-NC-ND 4.0 prosto dostopna:

<https://doi.org/10.3986/9616500481>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in Univerzitetna knjižnica, Ljubljana

659.2:004:91

GEOGRAFSKI informacijski sistemi v Sloveniji 2003-2004 / uredili  
Tomaž Podobnikar ... [et al.]. - Ljubljana : Založba ZRC, 2004

ISBN 961-6500-48-1

1. Podobnikar, Tomaž

214921728

# VSEBINA

Uvodnik.....	9
<i>Samo Zorc</i> Pomen lokacijskih storitev pri razvoju in uporabi e-vsebin v Sloveniji.....	11
<i>Domen Smole</i> Povečati »geo pismenost«, poenostaviti tehnologijo ali oboje?.....	17
<i>Mojca Kosmatin Fras</i> Obvladovanje kakovosti pri množičnem zajemu podatkov.....	25
<i>Branko Pavlin</i> Geolocirani statistični podatki Slovenije za aplikacijo v sistemih GIS .....	33
<i>Danijel Boldin</i> Digitalni arhiv zemljiškega katastra .....	41
<i>Marina Korošec in Sandi Berk</i> Digitalni katastrski načrti in njihova izboljšava .....	49
<i>Jurij Stare</i> Infrastruktura prostorskih podatkov Mestne občine Ljubljana.....	59
<i>Marjan Lep, Andrej Tibaut, Aleksander Pirš, Matej Gabrovec in Tomaž Podobnikar</i> Avtobusni geografski informacijski sistem .....	67
<i>Dejan Paliska, Samo Drobne in Daša Fabjan</i> Uporaba GIS-a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP.....	79
<i>Matej Petkovšek in Mojca Tomažič</i> Uporaba GIS-a v naravovarstvenih smernicah.....	89
<i>Aleš Mlakar</i> Prostorsko informacijski sistem in priprava prostorskih aktov po novem Zakonu o urejanju prostora.....	95
<i>Daniel Jarc</i> Čezmejna baza prostorskih podatkov in GIS skupnega goriškega prostora.....	105
<i>Peter Frantar in Irena Rejec Brancelj</i> INSPIRE – okoljski informacijski sistem v Evropi.....	115
<i>Marjana Duhovnik</i> I&CLC2000 v Sloveniji .....	125
<i>Rada Rikanovič</i> Nekatere prednosti in slabosti digitalnih zbirk rabe/pokrovnosti tal Slovenije z vidika uporabnika .....	131
<i>Katja Oven, Dušan Petrovič, Jani Demšar in Darja Lihteneger</i> Spletna kartografija in prostorsko načrtovanje.....	139
<i>Dalibor Radovan in Renata Šolar</i> Internetna predstavitev najpomembnejših starih kart Narodne in univerzitetne knjižnice .....	151
<i>Peter Pehani, Tomaž Podobnikar in Sneža Tecco Hvala</i> Zasnova in vzpostavitev internetnega GIS-strežnika na ZRC SAZU .....	157
<i>Lojze Miklavčič</i> Sodobna izdelava senčenja reliefa topografskih kart .....	169



<i>Krešimir Keresteš</i>	
Avtomatizirana kartografska generalizacija .....	181
<i>Mojca Dolinar</i>	
GIS kot orodje pri izdelavi klimatskih kart .....	195
<i>Renato Vidrih, Matjaž Godec, Andrej Gosar, Peter Sinčič, Izidor Tasič in Mladen Živčič</i>	
Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic .....	203
<i>Mojca Golobič in Igor Bizjak</i>	
Interaktivni model izbora lokacije za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov (NSRAO) .....	211
<i>Marko Komac</i>	
Napoved ogroženosti prebivalstva zaradi plazov na območju osrednje Slovenije.....	223
<i>Marko Krevs</i>	
Geoinformacijska podpora opredeljevanju strnjene in razpršene poselitve .....	235
<i>Polona Zupančič, Barbara Šket Motnikar, Andrej Gosar in Tatjana Prosen</i>	
Uporaba GIS-a za potresno mikrorajonizacijo Mestne občine Ljubljana .....	243
<i>Peter Frantar</i>	
Indeks razvitosti in obstoja rečne mreže (IDPR) kot indikator potencialne ranljivosti podzemnih voda v Sloveniji .....	255
<i>Samo Drobne, Dejan Paliska in Daša Fabjan</i>	
Rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u .....	265
<i>Primož Presetnik in Vesna Grobelnik</i>	
Analiza vrzeli opazanj netopirjev z ultrazvočnimi detektorji kot osnova za načrtovanje terenskih raziskav.....	277
<i>Nika Zavadlav in Krištof Oštir</i>	
Percepcija Slovenske planinske transverzale .....	285
<i>Franči Petek, Vasja Bric in Tadej Rotar</i>	
Uporaba starih letalskih posnetkov pri ugotavljanju sprememb rabe tal.....	295
<i>Tatjana Veljanovski in Krištof Oštir</i>	
Poravnava daljinsko zaznanih podob: pregled in ovrednotenje samodejnih registracijskih tehnik .....	303
<i>Žiga Ramšak in Krištof Oštir</i>	
Uporaba naprednih tehnik klasifikacije satelitskih posnetkov na območju Krasa .....	317
<i>Andreja Švab in Krištof Oštir</i>	
Vpliv podobnosti pankromatske podobe in podobe intenzitete na spojeno podobo ....	325
<i>Dominik Skumavec</i>	
Multispektralna klasifikacija satelitskih posnetkov QuickBird.....	335
<i>Krištof Oštir</i>	
Lastnosti in uporaba visoko ločljivih satelitskih posnetkov QuickBird .....	349
<i>Tomaž Gvozdanovič in Uroš Ranfl</i>	
»Pravi« ortofoto .....	357
<i>David Pollak in Andrej Jemec</i>	
Zajem podatkov z daljinsko vodenim modelom helikopterja za potrebe specialne fotogrametrije velikih meril.....	361
Povzetki posterjev .....	371

# UVODNIK

Zbornik, ki ga držite v rokah, je presek trenutnega stanja uporabe geografskih informacijskih sistemov (GIS) v Sloveniji ter napovedi in usmeritve razvoja v prihodnjih letih. Z evropskimi političnimi pobudami na področju lokacijsko zasnovanih internetnih storitev dobiva uporaba GIS-a in obnavljanje zbirk prostorskih podatkov nov zagon. Lokalne skupnosti in državne ustanove, zasebniki in raziskovalne organizacije se vse bolj zavedajo, da je treba zadovoljiti končnega uporabnika, ki je v splošnem laik z vidika uporabe računalnikov in podatkovnih struktur, vendar željan informacij za lažje in zanesljivejše odločanje. Da bi predstavitev prostorskih informacij tovrstnemu uporabniku približali na njemu razumljiv način, jih lahko obogatimo s prostorskimi modeli, kakršne lahko skupaj obvladujemo strokovnjaki, raziskovalci, pedagogi, uporabniki, proizvajalci GIS-ov ter najbrž tudi vi, spoštovani bralec. Lep del zbornika je tokrat posvečen daljinskemu zaznavanju, in še posebej visokoločljivostnemu daljinskemu zaznavanju. Pri tem so izpostavljeni pričakovani rezultati, tehnike obdelave in možne omejitve.

Letošnji zbornik, Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004, je že sedmi po vrsti. Prinaša 41 prispevkov, ki so jih avtorji poslali na razpis. Uredniški odbor zbornika je med njimi izbral 9 najbolj zanimivih za predstavitev na simpoziju z enakim imenom. Več o simpoziju je na voljo na spletnem naslovu <http://www.zrc-sazu.si/slogis>.

Ob prelistavanju zbornika ali ob pozornem branju prispevkov boste opazili izjemno mnogovrstnost uporabe GIS-ov, kar pa ni le posebnost Slovenije. Kljub vsemu je razvoj izvirmih metodologij GIS-ov pri nas, razen redkih izjem, še redek. Želimo si, da bi v prihodnjih letih v naših zbornikih naleteli na več mednarodno primerljivih odkritij in rešitev, kakršne omogoča današnja tehnologija, kar bo pospešilo znanstveni in poslovni preboj na globalem trgu geoinformatike.

Organiziranje mulitdisciplinarnih znanstvenih skupin, tudi mednarodnih, neformalnih ali priložnostnih skupin, je prava pot za našo malo »GIS komuno«, ki s tem zbornikom dokazujejo, da ji idej ne manjka.

*Uredniški odbor*





# POMEN LOKACIJSKIH STORITEV PRI RAZVOJU IN UPORABI E-VSEBIN V SLOVENIJI

Samo Zorc\*

UDK: 659.2:004(497.4)

## **Izleček**

*Pomen lokacijskih storitev pri razvoju in uporabi e-vsebin v Sloveniji in EU*

Razvoj in uporaba e-vsebine je pomembna prioriteta za doseganje Lizbonskega cilja. To podporo kaže EU tudi v okviru svojih programov kot so eVsebine, eTEN in bodoči eVsebinePlus, ki so namenjeni oblikovanju enotnega trga in industrije e-vsebine v EU. Slovenija je sledila tem usmeritvam in začela vrsto aktivnosti, ki bi ta razvoj pospešile tudi na področju lokacijskih storitev, ki predstavljajo za ta razvoj še poseben potencial. V okviru tega je Ministrstvo za informacijsko družbo skupaj z Geodetsko upravo RS sofinanciralo projekt priprave načrta sistema za podporo lokacijskim storitvam, ki bo osnova za opredelitev potrebnih aktivnosti za podporo nadaljnjemu razvoju sistema in na njem temelječih storitev. Hkrati bo to pospešilo tudi bolj aktivno sodelovanje pri evropskih programih in omogočilo izkoristiti priložnosti, ki jih slednji za nadaljnji razvoj ponujajo.

## **Ključne besede**

*e-vsebine, lokacijske storitve, informacije javnega značaja*

## **Abstract**

*The role of location based services in development and use of e-content in Slovenia and EU*

Development and use of e-content have been important priority for achieving the Lisbon goals. This is reflected in the support that EU gives to this topic within its programmes such as eContent, eTEN and future eContentPlus, which aim at establishing the common EU e-content market and industry. Slovenia has followed this goal and started several activities to promote such development also in the area of location-based services – the area that shows great potential for further development. Ministry of information society together with national Mapping agency have co-financed a project for preparation of a plan of a system for support of location-based services. This plan will represent the base for defining further activities in support of development of the system and corresponding services. At the same time, this will enable more active participation of Slovenia in EU programmes in order to take advantage of the given opportunities for further development.

## **Keywords**

*e-content, location based services, public sector information*

---

\* mag., Ministrstvo za informacijsko družbo, Tržaška 21, 1000 Ljubljana, samo.zorc@gov.si



## I UVOD

Digitalne vsebine oz. e-vsebine, ki vključujejo tako vsebine kot tudi e-storitve, predstavljajo ključni faktor za nadaljnji razvoj informacijske družbe, saj vplivajo tako na gospodarstvo kot tudi družbo kot celoto.

Industrija vsebin (angl. content industry) s povečanjem zahtev po boljši in hitrejši komunikaciji, storitvah in opremi pomembno vzpodbujajo razvoj industrije informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT), ki je v današnjem globalnem konkurenčnem svetu ena najbolj propulzivnih industrij. Zaradi vključenosti različnih drugih dejavnosti kot so področje jezika in jezikoslovstva, publicistike, založništva, distribucije in prodaje, ki so nujno potrebne za uspešen razvoj in uporabo vsebin in storitev, e-vsebine pomembno vzpodbujajo tudi negospodarske dejavnosti. S promocijo elektronskih storitev in e-poslovanja vplivajo na povečanje učinkovitosti in konkurenčnosti celotnega gospodarstva in družbe. Zahtevnost tržnega okolja e-vsebine pa hkrati vzpodbuja nastanek inovativnih produktov, procesov in poslovnih modelov, ki se prenašajo tudi na druge sektorje in s tem vzpodbujajo širši razvoj inovativnega okolja.

Zaradi pomembnosti e-vsebine in njenega ekonomskega in družbenega potenciala je tako EU kot tudi Slovenija pristopila k vrsti aktivnosti za promocijo njihovega razvoja in uporabe. Te aktivnosti se izvajajo na različnih vsebinskih področjih, pretežno pa na področju informacij javnega značaja. V tem okviru postajajo vse bolj pomembne tudi lokacijske storitve, tj. storitve, ki temeljijo na oz. vključujejo informacijo o lokaciji. Osnovni razlog je v tem, da je velik del podatkov in na njih temelječih storitev lokacijsko opredeljenih, hkrati pa teh storitev v okolju tudi primanjkuje. V članku so prikazane nekatere usmeritve in aktivnosti na nivoju EU in Slovenije, ki jih za pospeševanje nadaljnjega razvoja na tem področju izvaja Evropska komisija in Ministrstvo za informacijsko družbo (MID).

## 2 E-VSEBINE V EU

Pomen razvoja e-vsebine je EU še posebej poudarila v okviru Lizbonskega strateškega cilja: »postati najbolj konkurenčna, dinamična in na znanju temelječa ekonomija«. Ta je bil podlaga razvoju Akcijskega načrta eEvrope 2002 (EU 2000), kot seznama potrebnih ukrepov za doseg zastavljenega cilja, kjer je bil eden izmed ukrepov, v okviru tretje točke: »Stimuliranje uporabe interneta«, tudi promocija evropskih digitalnih vsebin na globalnih omrežjih. Pomembnost digitalne vsebine je poudarjena tudi v Akcijskem načrtu eEvrope 2005 (EU 2002), ki opredeljuje razvoj in »vzpodbujanje varnih storitev, aplikacij in vsebin« na področju e-uprave, e-učenja, e-zdravstva kot enega od dveh osnovnih ciljev akcijskega načrta.

Poleg tega razvoj in uporaba e-vsebine bistveno pripomore pri širitvi in integraciji evropske kulturne dediščine. Znotraj EU ima ta industrija še posebne možnosti razvoja, kar so pokazale tudi nekatere analize (In 1998), ki kažejo, da tržni delež EU na področju digitalnih vsebin/informacij zaostaja za vodilnimi v svetu (EU 33 %, ZDA 52 %, JP 15 %), čeprav je njen delež na trgu celotne produkcije vsebin, vključno s tradicionalnimi oblikami produkcije, največji (EU 51 %, ZDA 38 %, JP 11 %).

Za učinkovit izkoristek danih prednosti in zagotovitev ustreznih učinkov razvoja in



uporabe e-vsebine je EU vzpostavila 4-letni program eVsebine za v obdobje 2001–2004, namenjen vzpostavitvi in promociji enotnega trga e-vsebine v EU. Program je predvsem finančno podprl projekte razvoja e-vsebine, ki imajo cilj vzpostavitve vseevropskih baz podatkov in storitev ali pa vzpostavitve okolja in orodij za njihovo učinkovito in enostavno lokalizacijo. Vsi projekti morajo imeti vseevropski značaj ter biti prijavljeni v okviru konzorcija partnerjev iz držav EU, kar omogoča oblikovanje dolgoročnejših partnerstev. Vsebinsko morajo projekti temeljiti na podlagi informacij javnega značaja, kar je EU eksplicitno podprl tudi s posebno Direktivo o izrabi informacij javnega značaja (EU 2003). V okviru tega so med ostalimi segmenti svojo vlogo dobile tudi lokacijske storitve, predvsem tudi v navezavi na novo razvijajoči sistem za pozicioniranje Galileo. Temu ustrezno je bilo zato že v okviru programa eVsebine sofinanciranih nekaj projektov s tega področja kot so EuroGlobalNet, EuroRegionalMap, M-guide in Mobiguinding.

Projekt EuroGlobalNet predstavlja poskus oblikovanja enotne digitalne topografske baze celotne EU v razmerju 1 : 10<sup>6</sup>, ki bi vsebovala različne vrste podatkov od administrativnih mej, hidrografije, transporta, poselitve, reliefa, imen lokacij, etc. Baza bo uporabna za različne namene med katerimi so predvidene prostorske analize, vizualizacija, avtomobilska navigacija, logistika na nivoju EU, okoljske analize, analize kriminala, etc. Pri projektu sodelujejo tudi nacionalne geodetske uprave, ki bodo za oblikovanje enovite baze zagotovile ustrezne podatke za svoje področje, hkrati pa naj bi omogočale dostop do novo oblikovane baze. Slednje bo dostopno tudi preko interneta tako za komercialno kot tudi nekomercialno uporabo. V okviru projekta bodo definirani ustrezni standardni vmesniki in formati, ki so javno dostopni, ki bodo omogočali učinkovito uporabo in vzdrževanje podatkov, baza pa bo narejena s sistemom ArcInfo. V projektu sodeluje trenutno 9 držav, koordinira pa ga geodetska uprava Finske.

Podoben projekt je EuroRegionalMap, ki predvideva vzpostavitev enovite digitalne baze v razmerju 1 : 250.000, v trenutku obsegajoče 7 sodelujočih držav (Francija, Nemčija, Belgija, Luksemburg, Danska, Irska, Severna Irska).

Projekt M-guide predvideva postavitev sistema za izvedbo storitve lociranja kulturnih informacij glede na trenutno pozicijo opazovalca. Tehnološko bo sistem temeljil na GSM in GPRS mobilni tehnologiji. V prvi fazi bo sistem deloval v mestih Atene v Grčiji in Turku na Finskem. Sistem bo namenjen predvsem posredovanju turističnih informacij o kulturnih in zgodovinskih znamenitostih in dogajanju ter bo omogočil enostavno pregledovanje lokalizirano tudi v ustrezni jezik obiskovalca.

Projekt Mobiguinding predvideva vzpostavitev enovitega večjezikovnega sistema za dostop do zabavne, kulturne in turistične multimedijske vsebine – vezane na določeno lokacijo – preko mobilnih telefonov. Vsebinsko bo lokalizirana na posamezno državo in jezik proizvedovalca ne glede na preiskovano lokacijo. Sistem bo omogočal integracijo ponudbe in povpraševanja v celovit sistem, ki bo omogočal raznovrstno tehnološko platformo tako za vnos kot tudi za dostop do informacije in v tem smislu nudil potrebno avtomatsko transformacijo vsebine in formata.

Glede na dogajanje na tem področju je segment lokacijskih storitev v času programa eVsebine pridobival na veljavi. To se kaže tudi v tem, da bo v programu nasledniku eVsebinePlus za obdobje 2005–2008 ta segment eksplicitno podprt. Glede na to bo program eVsebinePlus še v večji meri kot dosedanji program eVsebine omogočal nadaljnji razvoj e-vsebine temelječe na teh storitvah na nivoju EU in posameznih držav.



### 3 E-VSEBINE V SLOVENIJI

Zavedajoč se pomena razvoja e-vsebine je Ministrstvo za informacijsko družbo v letu 2003 začelo pospešeno izvajati vrsto aktivnosti z namenom informirati in konsolidirati subjekte v Sloveniji, ki kakorkoli delujejo na tem področju ter promovirati nadaljnji razvoj in uporabo e-vsebine v skladu s sprejeto strategijo razvoja informacijske družbe v Sloveniji (RS 2003).

Ena od pomembnih aktivnosti ministrstva na tem področju je prav gotovo vključitev Slovenije v izvajanje komunitarnega programa EU eVsebine. Komunitarni program eVsebine je slovenskim podjetjem in ustanovam dal možnost kandidiranja pri vseh razpisih v okviru programa in s tem nudil možnost tako pridobitve financiranja projektov kot tudi vzpostavitev kontaktov in partnerstev s komplementarnimi podjetji in ustanovami v celotni EU.

Eden podprtih vsebinskih segmentov tega programa so bile tudi lokacijske storitve. Za pospeševanje razvoja tega področja je MID v sodelovanju z Geodetsko upravo RS julija 2003 naročilo razvoj poslovnega načrta sistema za podporo lokacijskim storitvam, ki naj bi podal pregled stanja na tem področju ter opredelil iztočnice za zasnovo celovitega sistema za podporo lokacijskim storitvam v Sloveniji. Ministrstvu sta želeli s tem podpreti aktivnosti, ki bi omogočile postavitve celovitega sistema potrebnega za uspešno implementacijo teh storitev v slovenskem prostoru v čim krajšem času. Hkrati bi to omogočilo bolj aktivno sodelovanje ustreznih inštitucij in partnerjev pri evropskih programih in s tem izrabo možnosti, ki jih sledni nudijo.

Projekt je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu, v letu 2003, je bila predvidena določitev poslovnega načrta, v 2004 pa na podlagi izdelanega poslovnega načrta izvedba demonstracije delovanja sistema in začetek aktivnosti za njegovo postavitve, prvenstveno za storitev avtomobilске navigacije. Skupna vrednost projekta, katerega izvajalec je Geodetski inštitut Slovenije, je okvirno petnajst milijonov tolarjev, od česar bo Ministrstvo za informacijsko družbo prispevalo trinajst milijonov, Geodetska uprava RS pa dva milijona tolarjev.

Eden od osnovnih zahtev poslovnega načrta je opredelitev sistema za zagotavljanje lokacijskih storitev in pri tem določitev razmerja med državnim, javnim in zasebnim sektorjem. Želja naročnikov je vzpostaviti sistem, ki bi omogočal učinkovito sodelovanje vseh sektorjev.

Osnovna zahteva za razvoj sistema je njegova modularnost, ki bi omogočala posamično in neodvisno vključitev posameznih subjektov v sistem, kar zahteva jasno opredelitev segmentov sistema in vmesnikov za njihovo sodelovanje. Sistem je zamišljen trinivojsko (slika 1), kjer so na prvi ravni ponudniki infrastrukture (pozicioniranje, podatkovne baze, informacijsko-komunikacijska infrastruktura), ki omenjeno infrastrukturo nudijo za nadaljnjo uporabo in izrabo. Na tem mestu je pomembna skladnost sistema z Zakonom o informacijah javnega značaja (RS 2004), pri čemer bo imela pomembno vlogo država kot eden od ponudnikov infrastrukture. Na drugi ravni so ponudniki lokacijskih storitev, ki slednje vzpostavijo na podlagi osnovne infrastrukture in tudi že obstoječih drugih storitev. Tu je pomembno, da so jasno opredeljeni vmesniki tako za dostop do infrastrukture kot tudi do že obstoječih storitev, ki so lahko uporabljene za razvoj novih storitev. Na tretji ravni so končni uporabniki storitev, ki preko ustreznih tehnologij in

vmesnikov do storitev dostopajo. Prvenstveno je tu za razvoj e-vsebin pomemben dostop preko interneta.



Slika 1: Shematska razdelitve sistema (GIS 2003).

V času pisanja članka projekt še ni končan. Na voljo je vmesno poročilo – poslovni načrt, ki opredeljuje trenutno stanje tega področja in predvideno zasnovo sistem (GIS 2003). Predvidoma bo projekt končan z demonstracijo delovanja sistema na segmentu navigacijske podpore reševalnim ekipam na terenu, ki bo izvedeno v sodelovanju z Ministrstvom za zdravje. Rezultati projekta bodo osnova za nadaljevanje, saj bodo pokazali na možnost in smiselnost razvoja ustreznega celovitega sistema ter možnosti, da bi se v nadaljevanju sistem razvijal delno tudi v okviru programov EU. S tem bi zagotovili potrebno interoperabilnost sistema z ustreznimi sistemi v drugih državah in na ta način promovirali in omogočili razvoj tudi ustreznih e-vsebin za širše področje EU.

#### 4 SKLEP

Razvoj e-vsebin in interneta je prioriteta usmeritev EU kot tudi Slovenije, saj bistveno vpliva na gospodarstvo in družbo. V tem okviru imajo pomembno vlogo lokacijske storitve, ki predstavljajo za ta razvoj pomemben potencial. EU bo zato ta segment podprla tudi v svojem programu eVsebinePlus, namenjenem podpori nadaljnjemu razvoju in uporabi veevropskih e-vsebin ter oblikovanju enotnega trga in industrije v EU. Slovenija sledi tem usmeritvam in je zaradi pomembnosti tega segmenta že začela izvajati določene aktivnosti. Med najpomembnejšimi je aktivno sodelovanje pri aktivnostih in programih EU kot so eVsebine, eTEN in eVsebinePlus, ki jih koordinira Ministrstvo za informacijsko družbo ter izvajanje aktivnosti, ki bi zagotovili ustrezno okolje za komplementarni razvoj na nacionalnem nivoju. Eden takih je projekt določitve poslovnega načrta sistema za podporo lokacijskim storitvam, ki ga skupaj izvajata Ministrstvo za informacijsko družbo in Geodetska uprava RS. Projekt bo končan sredi 2004 in bo predstavljal osnovo za določitev potrebnih aktivnosti, ki bi omogočile nadaljevanje vzpostavitve celovitega sistema in vzpodbudile akterje tako javnega, privatnega in državnega sektorja k razvoju na njem temelječih lokacijskih storitev in e-vsebin.



VIRI IN LITERATURA:

- EU 2000: Akcijski načrt eEurope 2002, Evropska komisija, EU.
- EU 2002: Akcijski načrt eEurope 2005, COM(2002) 263 final, Evropska komisija, EU.
- EU 2003: Directive 2003/98/EC on the re-use of public sector information, Official Journal (L345/90), EU.
- GIS 2003: Poslovni načrt sistema za podporo lokacijskim storitvam, Geodetski inštitut Slovenije, Slovenija.
- Ne 1998: Information as a Raw Material for Innovation, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie.
- RS, 2003: Strategija Republika Slovenija v informacijski družbi (2003), Vlada Republike Slovenije, Ministrstvo za informacijsko družbo, Slovenija.
- RS, 2004: Zakon o dostopu do informacij javnega značaja, Vlada Republike Slovenije, UL RS 24/03, Slovenija.

# POVEČATI »GEO PISMENOST«, POENOSTAVITI TEHNOLOGIJO ALI OBOJE?

Domen Smole\*

UDK: 91:659.2:004

## **Izyleček**

**Povečati »geo pismenost«, poenostaviti tehnologijo ali oboje?**

Izhodišče članka predstavlja uporabniški primer katerega namen je čimbolj nazorno prikazati trenutno stanje glede možnosti dostopanja in uporabe digitalnih geografskih podatkov. V nadaljevanju so podane aktivnosti, ki skušajo težave iskanja, dostopanja ter pregledovanja prostorskih podatkov omiliti oz. odpraviti tako v prid lastnikom, ponudnikom kot tudi uporabnikom. Te aktivnosti so predvsem plod angažiranja delovnega odbora Mednarodne organizacije za standardizacijo ISO TC 211 ter konzorcija OpenGIS. Prizadevanja omenjenih organizacij izdatno podpirajo tudi številni raziskovalci s področja geoinformatike predvsem v smislu opredeljevanja načinov za premostitev težav, ki so posledica pomenskih raznolikosti porazdeljenih in raznolikih prostorskih informacijskih virov.

## **Ključne besede**

prostorska podatkovna infrastruktura, spletne geografske storitve, iskanje prostorskih podatkov, ISO TC 211, konzorcij OpenGIS, OGC Spletna kartografska storitev, pomenoslovje

## **Abstract**

**Enhance »geo-literacy«, simplify the technology or both?**

The starting point of the article is the use-case which aims to point out the current situation and possibilities of digital spatial data retrieval and use. Further on, the activities that may mitigate the process of spatial data searching, accessing and browsing for the benefits of owners, providers and users are presented. In many cases these activities are result of the work done by Technical committee of the International Organization for Standardization ISO TC 211 and OpenGIS Consortium. However, the efforts of both organizations are strongly underpinned with studies done by many researchers in the field of geoinformatics, mainly in the sense of solving problems caused by semantic non-interoperability of the distributed and heterogenous spatial data sources.

## **Key words**

spatial data infrastructure, web geographic information services, spatial data searching, ISO TC 211, OpenGIS Consortium, OGC Web Map Service, semantics

## 1 UVOD

Danes se marsikdo sprašuje kako izkoristiti ogromen ekonomski potencial podatkov o prostoru. To vprašanje je za lastnike, skrbnike ter ponudnike prostorskih podatkov vedno aktualno, še toliko bolj pa postane pereče, ko se vsakič znova analizirajo stroški namenje-

---

\* DFG CONSULTING, d.o.o., Pivovarniška 8, 1000 Ljubljana, domen.dfg@moj.net

ni za zajem in upravljanje prostorskih podatkov (Fornefeld 2001). Ti stroški so velikokrat povezani z investicijami v nakup oz. lasten razvoj naprednejših in bolj učinkovitih tehnologij za zajem in kakovostnejše upravljanje podatkov o prostoru kot tudi z investicijami v izobraževanje in usposabljanje kadrov. Skrb za inovativnost je namreč tudi na področju geoinformatike ključen dejavnik ohranjanja konkurenčne prednosti.

Izkoriščanje ekonomskega potenciala podatkov in storitev vezanih na prostor je neposredno povezano s pogostostjo uporabe teh virov. S tega vidika bi se morali vprašati kakšno okolje in pogoje bi bilo potrebno ustvariti, da bo pogostost uporabe prostorskih virov večja. Večja ne le v krogu strokovnjakov, ki se dnevno srečujejo s problematikami vezanimi na geografski prostor, temveč tudi s strani državljanov, večinoma nepoznavalcev tehnologij in pristopov, ki se uporabljajo v različnih vejah prostorske znanosti (Čeh et al. 2004).

## 2 PROBLEMSKO OKOLJE

Problemsko okolje najbolj nazorno ilustriramo s konkretnim uporabniškim primerom.

### 2.1 Uporabniški primer

Da je mogoče trenutno stanje s stališča vseh v »geoinformacijski posel« vpletenih strank, tj. lastnikov, skrbnikov, ponudnikov in uporabnikov prostorskih podatkov in storitev, znatno izboljšati, dokazujejo različni uporabniški primeri. Recimo, da je oseba X planinski navdušenec, ki tedensko načrtuje in izvaja izlete v gore. Zaenkrat to sicer počne s pomočjo knjig, ki vsebujejo opise planinskih poti založbe A, planinsko karto lokalnega planinskega društva B ter topografsko karto večjega merila kartografske družbe C. Pri načrtovanju izletov oseba X večkrat razmišlja:

- kako se izogniti nakupu dragih knjig z opisi planinskih poti za posamezna planinska območja, ki jih ponuja založba A,
- kako priti do novejših planinskih in topografskih kart večjih meril, kot jih v papirnati obliki ponujata planinsko društvo B in kartografska družba C,
- kje najti in kako v svoj dlančnik s priključenim ročnim sprejemnikom GPS vnesti načrtovano planinsko pot ter rastrsko podlago – ortofoto za pomoč pri navigaciji, s čimer razpolaga podjetje E.
- kako informacije in izkušnje z izleta posredovati zainteresiranim; npr. podatke o prehojeni poti lokalnemu planinskemu društvu B ter podjetju E za potrebe izboljšanja planinskih kartografskih prikazov ter obstoječih zbirk planinskih poti.

Opisan uporabniški primer dokazuje, da interes po dostopu in uporabi digitalnih podatkov o prostoru obstaja. Po mnenju mnogih je tisto informacijsko okolje, ki bi lahko pomagalo uresničiti opisane želje vseh vpletenih v upravljanje in uporabo prostorskih podatkov, svetovni splet. Če se vrnemo na uporabniški primer, se moramo vprašati ali je vse potrebne vire za načrtovanje in izvedbo izleta, pa čeprav gre po naravi za raznolike vire, mogoče v okolju svetovnega spleta enostavno najti in uporabiti brez večjega predznanja o geoinformatiki.



## 2.2 Težave uporabnikov

Glede na to, da je oseba X večča osnovnega dela s spletnim brskalnikom, v spletni iskalnik vnese iskalne pojme oz. ključne besede, ki po njenem mnenju najboljše opisujejo iskane informacijske vire. Glede na seznam zadetkov sklepa, da je topografsko karto večjega merila ter planinsko karto, oboje v digitalni obliki, mogoče naročiti s pomočjo obrazca, ki se nahaja na spletnih straneh ponudnikov B in C. Nekaterih podatkov, tj. opisov planinskih poti, spletni iskalnik ne najde, na podlagi česar oseba X sklepa, da ti podatki niso dosegljivi preko svetovnega spleta.

Začetno navdušenje nad sicer le delno uspešnim iskanjem informacij kmalu splahni, saj izpolnjevanje obrazca za naročilo digitalne topografske ter planinske karte zahteva precej znanja s področja geoinformatike. Pri topografski karti je namreč potrebno izbrati ustrezen podatkovni sloj, ki je podan s kraticami, te pa so le na kratko razložene. Podobne težave ima oseba X tudi z izbiro prenosnega datotečnega formata izbranih podatkovnih slojev. V tem trenutku namreč še ne ve, da je ta izbira odvisna od programskega orodja GIS, ki omogoča pregledovanje naročenih prostorskih podatkov. S takšnim orodjem oseba X v tem trenutku še ne razpolaga, ve pa, da so le-ta ponavadi precej draga in tudi zapletena za uporabo. Kljub vsemu se v nadaljevanju vložen napor v iskanje ustreznega orodja GIS osebi X poplača. Na spletu ji uspe najti zastojnsko različico orodja GIS. Po uspešni namestitvi orodja se izkaže, da ta ne podpira vseh lastniških datotečnih formatov v katerih so zapisani naročeni in po navadni pošti v obliki zgoščenke dostavljeni prostorski podatki.

Če povzamemo, oseba X se mora od vseh treh iskanih informacijskih virov, v primeru, da v zadnji fazi ne izvede pretvorb podatkov v datotečni format, ki ga dano orodje GIS podpira (za to je potrebna precejšnja mera znanja in iznajdljivosti), zadovoljiti le s planinsko karto lokalnega planinskega društva B.

## 3 PREDLAGANE REŠITVE

Precejšen del opisanih težav osebe X izvira iz raznolikosti pristopov posameznih ponudnikov geoinformacijskih izdelkov in storitev. To pomeni, da bi bilo potrebno zagotoviti medopravilnost posameznih pristopov.

### 3.1 Medopravilnost

Raznolikost in porazdeljenost virov je eden pomembnejših razlogov za težave uporabnika X. Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike (IEEE 1990) termin medopravilnost definira kot zmožnost dveh ali več sistemov oz. komponent izmenjati informacijo in uporabiti informacijo, ki je bila izmenjana. Sistem oz. komponenta lahko komunicira s preostalimi sistemi (komponentami) vse dokler razume informacijo, ki je bila (med njimi) izmenjana. V nasprotnem primeru govorimo o posameznih vrstah nezdržljivosti:

- sistemski,
- strukturni,
- sintaktični ter
- semantični.



Okoljska znanost je interdisciplinarnega značaja in se zato še pogosteje srečuje z naštetimi vrstami nezdržljivosti. Sistemska nezdržljivost je bila v veliki meri odpravljena s pojavom svetovnega spleta, strukturna in sintaktična raznolikost se je v preteklosti reševala s poenotenimi podatkovnimi datotečnimi formati in standardiziranimi poizvedovalnimi jeziki. Trenutno je aktualna pomenska (semantična) raznolikost in odpravljanje težav, ki jih le-ta povzroča.

Eden od možnih pristopov za premestitev težav, ki so posledica opisanih vrst nezdržljivosti, je poenotenje oz. standardizacija. Ta s tehničnega vidika ter v primeru prostorskih podatkovnih zbirk predstavlja temelj vzpostavitve t. i. podatkovne prostorske infrastrukture.

### 3.2 Prostorska podatkovna infrastruktura

Glavni motiv za vzpostavitev prostorske podatkovne infrastrukture (ang. spatial data infrastructure) je omogočiti bolj smotrno in učinkovito delo s prostorskimi podatki. Prostorska podatkovna infrastruktura je sestavljena iz niza t. i. spletnih geografskih storitev, katerih skupna lastnost je, da so izdelane v skladu s standardiziranimi programskimi vmesniki. S pomočjo tovrstnih spletnih programskih storitev uporabniki lahko dostopajo in obdelujejo prostorske podatke, ki so v lasti različnih organizacijskih enot, tj. podjetij, izobraževalnih institucij, državne uprave ter se nahajajo v različnih administrativnih enotah, npr. občinah, regijah, državah. Dostop do tovrstnih storitev je možen kadarkoli in je hiter. To tudi pomeni, da se podatki in programske storitve nahajajo lokalno, tj. tam, kjer se prostorski podatki zajemajo in vzdržujejo, programske storitve pa izboljšujejo in dopolnjujejo. Eden temeljnih konceptov prostorske podatkovne infrastrukture je tudi razširljivost z enostavnim dodajanjem novih spletnih storitev in podatkov (Bernard et al. 2003).

Temelj prostorskih podatkovnih infrastruktur je medopravilnost. S tega vidika imata za uspešen razvoj tehnologije geografskih informacijskih sistemov v zadnjih letih največ zaslug mednarodna neprofitna organizacija OpenGIS konzorcij (ang. OpenGIS Consortium) ter tehnični odbor Mednarodne organizacije za standardizacijo ISO TC 211, slednji z objavo skupine standardov 19100. Člani obeh organizacij so posamezniki strokovnjaki predvsem s področja okoljskih znanosti, izobraževalne ustanove (univerze, inštituti), podjetja s področja izdelave GIS in CAD opreme ter zahtevnejši uporabniki (npr. posamezniki, predstavniki regionalne, državne uprave...).

Izvedba prostorske podatkovne infrastrukture ni enostavna, saj zahteva izdatno organizacijsko, institucionalno, tehnološko kot tudi ekonomsko podporo. Če se osredotočimo zgolj na tehnološke elemente prostorske podatkovne infrastrukture, so ti sledeči (Bernard et al. 2003):

- t. i. katalogi, ki omogočajo iskanje prostorskih virov na osnovi metapodatkovnih opisov,
- spletne geografske storitve ter
- prostorski oz. geografski podatki.

### 3.2.1 *Iskanje prostorskih virov v prostorski podatkovni infrastrukturi*

Osrednji del vsake prostorske podatkovne infrastrukture je t. i. katalog, ki omogoča iskanje spletnih geografskih storitev ter prostorskih podatkov, ki so porazdeljeni v spletu. Smoter takšnega kataloga je uporabnikom omogočiti iskanje in dostop do sicer razpoložljivih (objavljenih) ter koristnih virov, ki pa uporabniku do tedaj še niso znani. S strani Evropske unije podana pobuda INSPIRE tovrstno funkcionalnost opredeljuje kot možnost, da uporabniki ugotovijo (Voegele et al. 2004):

- katere spletne geografske storitve so na voljo,
- ali so te storitve primerne za reševanje problema aktualnih problemov,
- pod kakšnimi pogoji se lahko te storitve koristi.

Katalog se običajno sestoji iz metapodatkovnih opisov (opisujejo tako spletne geografske storitve kot prostorske podatke) in operacij, ki iščejo iskane vire na osnovi metapodatkovnih opisov. V splošnem velja, da mora vsak ponudnik spletnih geografskih storitev oz. prostorskih podatkov le-te objaviti v izbran katalog, če želi povečati uporabo le-teh.

Metapodatkovni opisi, ki se nahajajo v katalogu morajo biti ustrezno strukturirani prav tako morajo vsebovati določene elemente. Dva najbolj znana in najpogosteje uporabljena metapodatkovna standarda za opis prostorskih podatkov sta metapodatkovni standard ameriškega Zveznega odbora za geografske podatke ter standard mednarodne organizacije ISO z oznako ISO 19115 – Metadata. Obe priporočili tudi predlagata način izvedbe lastne različice (profila) standarda za posamezno skupino uporabnikov (Lacasta et al. 2001, ISO 2001).

Dokument, ki ga je objavila organizacija za odprti GIS OpenGIS Consortium z naslovom »Catalog Service Specification«, opisuje standardno kataložno (programsko) storitev kot kombinacijo iskanja, dostopanja in upravljanja prostorskih informacijskih virov. Poizvedovanje oz. iskanje geografskih virov poteka na osnovi sintaktičnega ujemanja v poizvedbi podanih terminov z vsebino metapodatkovnih opisov. To pomeni, da se termini, ki jih uporabnik vnese v dano vnosno polje, primerjajo s termini, ki se nahajajo v metapodatkovnih opisih prostorskih podatkov in storitev, ki so objavljeni v danem katalogu. Običajno se smatra, da je informacijski vir tematsko in položajno ustrezen, če se vsaj en iskalni termin ujema s termini, ki opisujejo vir hkrati pa vir predstavlja del zemeljskega površja, ki je bil tako ali drugače predhodno podan tudi s strani uporabnika.

### 3.2.2 *Prikazovanje vsebine prostorskih informacijskih virov v prostorski podatkovni infrastrukturi*

Specifikacija »OpenGIS Web Map Service Interface Implementation« je ena od temeljnih OpenGIS specifikacij, katere izvedba omogoča grafični prikaz kompleksnih in porazdeljenih prostorskih podatkov v okolju svetovnega spleta. V tem primeru se uporabniku prostorski podatki predstavijo v obliki rastrskih kartografskih prikazov. Ta spletna geografska storitev omogoča samodejno prikazovanje rastrskih kartografskih prikazov, ki se nahajajo na različnih strežnikih, ne glede na merilo kartografskega prikaza, kartografsko projekcijo, prostorski koordinatni sistem ali podatkovni format. Specifikacija omogoča izvedbo omrežja medopravilnih strežnikov spletnih kartografskih prikazov, ki



ga lahko odjemalci izdelani v skladu s specifikacijo poljubno izkoriščajo. Odjemalec je največkrat kar HTML stran, ki jo kot odgovor na s strani uporabnika podan poenoten pozivedovalni stavek v obliki URL naslova, vrne strežnik.

Primer URL zahteve podane s strani odjemalca (Fitzke 2004):

```
http://localhost:8080/deegree/wms/wms?
SERVICE=WMS&
VERSION=1.1.1&
REQUEST=GetMap&
WIDTH=800&HEIGHT=600&
BBOX=12,30,35,45&
SRS=EPSG:4326&
FORMAT=image/jpeg&TRANSPARENT=false&
BGCOLOR=0xffffffff&
LAYERS=europe:physical,europe:countries&
STYLES=default,default&
EXCEPTIONS=application/vnd.ogc.se_xml
```

Strežnik spletnih kartografskih prikazov se nahaja na naslovu <http://localhost:8080/deegree/wms/wms> in glede na zgornjo zahtevo odjemalcu vrne dve plasti podatkov, ki sta podani s parametrom LAYERS v obliki rastrske slike velikosti 800x600 pik, formata JPG, ki je podan s parametrom FORMAT za območje, ki ga definira parameter BBOX podano v koordinatnem sistemu kot je definiran z vrednostjo parametra SRS.

#### 4 PODROČJE NADALJNJIH RAZISKAV

Trenutne aktivnosti so torej usmerjene predvsem na zagotavljanje učinkovitih metod za iskanje, dostopanje in pregledovanje prostorskih podatkov na spletu. Izmed standardiziranih spletnih geografskih storitev je največkrat realizirana prav OpenGIS Spletna kartografska storitev (ang. OpenGIS Web Map Service) predvsem zaradi precejšnje enostavnosti izvedbe kot tudi uporabe. To žal ne velja za ostali dve temeljni OpenGIS specifikaciji, »OpenGIS Web Feature Service – WFS« ter »OpenGIS Web Coverage Service – WCS«. Prva uporabnikom omogoča standardiziran dostop do prostorskih podatkov zapisanih v vektorski obliki v formatu XML »Geography Markup Language – GML«, medtem ko druga omogoča predvsem pregledovanje velikih količin rastrskih slik, ki prikazujejo zemeljsko površje ali druge prostorske pojave, ki jih je smiselno predstaviti v rastrski obliki.

Bolj kot slednje, pa je trenutno pereča tema raziskovanja področje kakovostnega in uporabniku prijaznega iskanja prostorskih podatkov in storitev v sklopu prostorskih podatkovnih infrastrukturah. Prevladuje namreč mnenje, da so mehanizmi, na katerih temeljijo orodja za iskanje, še nepopolni. Predlogi, ki jih je pripravila organizacija OpenGIS na temo iskalnikov prostorskih virov namreč ne vključujejo smernic in napotkov, ki bi poleg sintaktične omogočali reševanje tudi pomenske oz. semantične raznolikosti virov. Dejstvo je, da lahko pri iskanju ustreznih virov z obstoječimi metodami pride do



težav, ki so posledica pomenske raznolikosti. Dve vrsti primerov pomenske raznolikosti, na kateri najpogosteje naletimo, sta homonimi in sinonimi. Homonimom pravimo tudi zaznavna raznolikost, sinonimom pa poimenovalna raznolikost (Bernard et al. 2003, Klien et al. 2004).

Homonim lahko pri dveh različnih osebah sproži dve (popolnoma) različni miselni sliki. V tem primeru lahko torej v poizvedbi podan termin za uporabnika predstavlja popolnoma nekaj drugega kot za ponudnika podatkov. Primer je termin »prst«. Ta termin za iskalca podatkov iz vrst medicinskega osebja pomeni nekaj drugega kot za ponudnika podatkov, ki je pedolog. To se običajno zgodi, ko uporabnik in ponudnik vira prihajata iz različnih domen oz. informacijskih skupnosti. Težava, ki jo povzročajo sinonimi pa je, da sicer dva različna termina pri dveh osebah povzročita enako miselno sliko. To pomeni, da lahko ponudnik podatkov v metapodatkovnih opisih uporabi prvi termin, oseba, ki podatke išče pa drugi termin. V obeh primerih je iskanje z obstoječimi iskalniki neuspešno.

Podobna težava kot pri opredeljevanju iskalnih pojmov v iskalnikih prostorskih podatkov se pojavlja tudi pri opredeljevanju podatkovnih plasti pri že omenjeni in na kratko opisani OpenGIS Spletni kartografski storitvi (WMS). Tudi v tem primeru mora uporabnik podati ime podatkovne plasti, ki jo želi prikazati v spletnem brskalniku, čeprav je zgolj po imenu plasti ter njenem kratkem opisu težko sklepati na njeno primernost z vidika problema s katerim se uporabnik ukvarja. Na podobne težave naletimo tudi pri poskusu (samodejnega) povezovanja oz. veriženja spletnih geografskih storitev, kjer ponudnik storitve poda le sintaktičen opis storitve z uporabo jezika za opis spletnih storitev (ang. Web Service Description Language – WSDL), ne pa tudi širšega konteksta, ki bi odjemalcem (drugim spletnim storitvam) omogočal razbrati pravi pomen v opisu spletne storitve uporabljenih terminov (Probst et al. 2004).

## 5 ZAKLJUČEK

Zdi se, da je okolje, ki bo omogočilo enostavnejšo, posledično pa tudi večjo rabo prostorskih informacijskih virov, kar je z ekonomskega stališča v interesu lastnikov in ponudnikov, z vidika praktičnosti pa številnih potencialnih uporabnikov, prav prostorska podatkovna infrastruktura. Ta s poenostavitvijo uporabe geoinformacijske tehnologije osebi X znatno:

- olajša ter izboljša rezultate iskanja prostorskih podatkov (z uporabo namenskih iskalnikov po prostorskih virih, ki temeljijo na poenoteni metapodatkovni opisih),
- skrajša čas dostopa do prostorskih podatkov (on-line dostop in ne več čakanje na zgoščenko z naročenimi podatki) kot tudi
- olajša pregledovanje in analiziranje prostorskih podatkov (ni več težav z izbiro ustreznih datotečnih formatov, z nakupom ali iskanjem orodja GIS, s pretvorbami med posameznimi datotečnimi formati).

Poleg strogo tehničnih vidikov pa je pri izmenjavi prostorskih informacij potrebno upoštevati še ekonomske in pravne vidike. Ti so velikokrat ključnega pomena, od katerih je odvisna tako uspešnost lastnikov in ponudnikov kot zadovoljstvo uporabnikov ponujenih prostorsko usmerjenih storitev in izdelkov.

## VIRI IN LITERATURA:

- Bernard, L., Einspanier, U., Haubrock S., Huebner, S., Kuhn, W., Lessing, R., Lutz, M., Visser, U. 2003: Ontologies for intelligent search and semantic translation in spatial data infrastructures. Medmrežje: [http://www.delphi-imm.de/meanings/documents/Ontology\\_based\\_Search\\_and\\_Semantic\\_Translation\\_in\\_Spatial\\_Data\\_Infrastructures.pdf](http://www.delphi-imm.de/meanings/documents/Ontology_based_Search_and_Semantic_Translation_in_Spatial_Data_Infrastructures.pdf).
- Čeh, M., Smole D., Podobnikar T. 2004: Geodata – are they accessible and useful? AGILE 2004, 7<sup>TH</sup> Conference on geographic information science, Conference proceedings, str. 789–794. Creta.
- Fitzke, J. 2004: OGC WMS & WFS. Medmrežje: [http://gi-gis.jrc.it/ws/interop/agile\\_interop\\_tutorial\\_fitzke\\_2004-04-27.pdf](http://gi-gis.jrc.it/ws/interop/agile_interop_tutorial_fitzke_2004-04-27.pdf).
- Fornefeld, M., Oefinger, P. 2001: Boosting of the geospatial data market in North Rhine Westphalia. Medmrežje: [http://www.micus.de/pdf/micus Marktstudie\\_nrw\\_en.pdf](http://www.micus.de/pdf/micus Marktstudie_nrw_en.pdf).
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York, NY: 1990.
- Klien, E., Einspanier, U., Lutz, M., Huebner, S. 2004: An architecture for ontology-based-discovery and retrieval of geographic information, AGILE 2004, 7<sup>TH</sup> Conference on geographic information science, Conference proceedings, str. 179–188. Creta.
- Lacasta, J., Nogueras-Iso, J., Torres, M. P., Zaragoza-Soria, F. J. 2003: Towards the geographic metadata standard interoperability, Proceedings of the AGILE 2003, 6<sup>TH</sup> Conference on geographic information science, str. 555–565. Lyon.
- Probst, F., Lutz, M. 2004: Giving meaning to GI web service descriptions, AGILE 2004, 7<sup>TH</sup> Conference on geographic information science, Conference proceedings, str. 105–111. Creta.
- Smole, D. 2004: The impacts of the geoinformation. InterGeo East. Belgrade.
- Voegele, T., Spittel, R. 2004: Enhancing spatial data infrastructures with semantic web technologies, AGILE 2004, 7<sup>TH</sup> Conference on geographic information science, Conference proceedings, str. 105–111. Creta.



# OBVLADOVANJE KAKOVOSTI PRI MNOŽIČNEM ZAJEMU PODATKOV

Mojca Kosmatin Fras\*

UDK: 91:659.2:004

## **Izvleček**

### **Obvladovanje kakovosti pri množičnem zajemu podatkov**

Obvladovanje kakovosti prostorskih podatkov postaja vedno bolj pomembno področje, saj je od kakovosti podatkov v veliki meri odvisna njihova uporabnost in tržna zanimivost. Metode celovitega obvladovanja kakovosti so učinkovito splošno orodje za upravljanje kakovosti izdelkov, čeprav v naših strokovnih krogih niso zelo razširjene. Vendar moramo upoštevati tudi nekatere posebnosti pri obravnavi prostorskih podatkov. V prispevku bodo najprej podana nekatera pomembna teoretična izhodišča za razumevanje snovi, navedeni bodo mednarodni standardi za področje prostorskih podatkov. Opisane bodo glavne faze koncepta zagotavljanja kakovosti prostorskih podatkov, ki veljajo ne glede na način njihovega pridobivanja. Zajem izvaja veliko različnih izvajalcev, zato so nujno potrebni standardi (specifikacije) in nadzor končnih izdelkov. Ena izmed osnovnih doktrin celovitega obvladovanja kakovosti se glasi: »Kakovost bi morali doseči z razumevanjem in izboljševanjem procesov in s preventivo, ne pa z inšpekcijo in popravilanjem.« V Sloveniji smo zaenkrat še bolj v obdobju »inšpekcije in popraviljanja«, vendar je izdelava nekaterih pravilnikov in izvajanje nadzora prineslo pozitivne učinke. S člankom želim predvsem prispevati k razumevanju problematike in s predlogi opozoriti na nekatere nujne naslednje korake.

## **Ključne besede**

prostorski podatki, kakovost, kontrola, standardi

## **Abstract**

### **Quality management in bulk spatial data acquisition**

Quality management of spatial data is gaining on importance because data usage and market attractiveness are much dependent on data quality. Methods of total quality management are an effective general tool for product quality management, although not being very spread in our profession. However, some particularities in treating spatial data must be considered. Theoretical background is given in the paper for better understanding of the topic, international standards for geographical information are mentioned. Main phases for spatial data quality assurance are described, used independently of the data acquisition methods. Many different firms are collecting spatial data, thus standards (specifications) and quality control of products are necessary. One of the basic statements of total quality management is: »Quality must be achieved with understanding and process improvement and with prevention, not with inspection and correction.« In Slovenia we are yet in the era of »inspection and correction«, but some regulations and quality control procedures already led to positive results. With this paper the author wishes to contribute to better understanding of the quality topic and to give proposals for further necessary steps.

## **Keywords**

spatial data, quality, control, standards

\* dr., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Oddelek za geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, mfras@fgg.uni-lj.si



## I UVOD

Pridobivanje raznovrstnih prostorskih podatkov v svetovnem merilu narašča, zato je obvladovanje kakovosti teh podatkov deležno vedno večje pozornosti. V članku je kakovost obravnavana v povezavi s prostorskimi podatki in procesi pridobivanja prostorskih podatkov. Metode celovitega obvladovanja kakovosti predstavljajo učinkovito orodje za upravljanje kakovosti izdelkov. Prostorske podatke lahko smatramo kot končne izdelke običajno zapletenih projektov, v katerih so uporabljene različne tehnologije. Poznavanje kakovosti prostorskih podatkov je pomembno, ker podatke povezujemo ali združujemo v različnih prostorskih informacijskih sistemih. Narašča zajem podatkov v zasebnem sektorju, tako v razvitem svetu kot v Sloveniji, pri čemer ustrezni standardi največkrat niso upoštevani. Veča se uporaba sekundarnih virov prostorskih podatkov, predvsem zaradi širjenja uporabe Interneta, podatkovnih prevajalnikov in standardov za prenos podatkov.

Različne tehnologije za zbiranje in zajem podatkov postajajo vedno bolj napredne in povezljive. Na trgu so dostopni celoviti sistemi za zajem in obdelavo prostorskih podatkov. Rezultat tega je hitra rast proizvodnje prostorskih podatkov različnih vrst. Kakovost in zanesljivost podatkov tako postaja vedno bolj kritični faktor pri procesih odločanja. Vendar pa spremembe v geodeziji in sorodnih strokah niso le tehnične narave. Geoinformacije postajajo zelo iskan izdelek na globalnem tržišču in državne organizacije se bodo morale kmalu začeti obnašati kot privatna podjetja, zato da bodo lahko konkurenčne drugim ponudnikom.

Posamezne faze projektov, s katerimi zajemamo prostorske podatke, je treba skrbno planirati, jih časovno uskladiti in določiti ustrezna mesta za nadzor kakovosti. Ne sme nas zanimati le končna kakovost, temveč je pomemben celoten proces proizvodnje, saj s tem optimiziramo razmerje med ceno in kakovostjo izdelka. Uvedba celovitega obvladovanja kakovosti v projekte pelje k boljši končni kakovosti zbranih podatkov, boljšemu razumevanju in zanesljivejši interpretaciji parametrov kakovosti, s tem pa dolgoročno zmanjšamo stroške na podatek (Kosmatin Fras 2002).

Prve serije standardov ISO 9000, ki vpeljujejo sodobna načela upravljanja kakovosti, so bile izdelane že leta 1987, kasneje je sledilo nekaj dopoljenih izdaj. Specifični mednarodni standardi za področje prostorskih podatkov pa so se začeli razvijati nekoliko kasneje. V njih je predvsem še precej nejasnosti glede postopkov in parametrov kakovosti prostorskih podatkov, vzorčenja in statističnih metod, ki naj bi jih obravnavali mednarodni standardi.

## 2 STANDARDI IN ZAKONODAJA

Standardi imajo zelo pomembno vlogo, čeprav ne rešujejo vseh problemov upravljanja kakovosti. Standardi so dokumentirani dogovori, ki vsebujejo tehnične specifikacije in druge natančne kriterije, ki se dosledno uporabljajo kot pravila, smernice, definicije karakteristik, in s tem zagotavljajo, da so materiali, izdelki, procesi in storitve v skladu z njihovim namenom uporabe. Mednarodni standardi prispevajo k temu, da je življenje enostavnejše in dvigujejo zanesljivost in učinkovitost dobrin in storitev, ki jih uporabljamo.

Obstajajo številne mednarodne organizacije za standardizacijo in združenja, ki delujejo na področju kakovosti prostorskih podatkov. Dve mednarodni organizaciji za standardizacijo se, poleg številnih drugih področij, ukvarjajo z geografskimi informacijami: Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organization for Standardization – ISO) in Evropski komite za standardizacijo (European Committee for Standardization – Comité Européen de Normalisation – CEN). V Sloveniji se je na področju geoinformatike v preteklosti bolj uveljavil CEN standard, vendar pa sedaj postajajo aktualnejši ISO standardi, saj so danes v mnogočem boljši in kompleksnejši, poleg tega družina ISO 9000 standardov predstavlja osnovo za upravljalški vidik in je mednarodno uveljavljena.

Vendar pa urejanje in uporaba standardov ISO 19113, 19114 in 19115, ki obravnavajo geografske informacije, ni enostavna naloga. Prvi vtis pri pregledu teh standardov je, da so preveč kompleksni za praktično uporabo in na nekaterih mestih tudi težko razumljivi. To potrjujejo tudi izkušnje tistih, ki jih že uvajajo v prakso (Giversen 2002).

Omenjeni ISO in CEN standardi za področje geografskih informacij opredeljujejo osnovne komponente kakovosti prostorskih podatkov. Poleg tega pa v praksi potrebujemo tudi natančne mere in metode vrednotenja kakovosti prostorskih podatkov, kar pa standardi v trenutni obliki še ne obsegajo (ISO 19114 navaja le primere). Podrobneje je treba opredeliti metode vzorčenja prostorskih podatkov. V standardu ISO 19114 so podani le splošni nasveti. Ni še standardov za pripravo »tehnične specifikacije projekta« (tj. podrobnega opisa izdelka z opredeljenimi in merljivimi parametri), ki so pravzaprav osnovna referenca za vrednotenje kakovosti podatkov. Projekti na področju geoinformatike so zelo kompleksni in nekatere raziskave kažejo (Jakobsson 2001), da geodetske uprave v Evropi (t. i. nacionalne kartografske administracije – NMAs) nimajo ustrezno opredeljenih tehničnih specifikacij projektov. Če želimo kakovost ustrezno vrednotiti, moramo pravzaprav začeti z dobrimi tehničnimi specifikacijami. Če so podatki opisani tako, da naročniki natančno vedo, kaj bodo dobili, je to že velik korak k boljšemu razumevanju izdelka.

V skladu z Zakonom o državni upravi je Geodetska uprava Republike Slovenije zadolžena za pripravo nacionalnih standardov za področja topografije, kartografije in osnovnega geodetskega sistema. Stanje na tem področju ni povsem urejeno. Zadnji predpis je nastal leta 1998 in sicer Pravilnik o uporabi Gauss-Krügerjeve projekcije pri izdelavi državne topografske karte v merilu 1 : 25 000 in razdelitev na liste. V obdobju po letu 1998 pa so nastajala samo operativna navodila oz. tehnični pravilniki, ki so bili izdelani kot del tehnične dokumentacije različnih izvedenih projektov (tehnični pravilnik o izvajanju cikličnega aerosnemanja Slovenije, tehnični pravilnik za skeniranje posnetkov CAS, izračun aerotriangulacije in izdelavi ortofota, operativna navodila za zajem topografskih podatkov, idr.) (Režek, Flogie 2003).

### 3 CELOVITO OBVLADOVANJE KAKOVOSTI

Opisovanje in merjenje kakovosti sta zapleteni operaciji saj obstaja preveč različnih opredelitev. Kakovost se vedno nanaša na nekaj, kar je splošno sprejeto, bodisi v pisni obliki kot specifikacija ali standard, ali v obliki nenapisanih norm. O kakovosti lahko govorimo v različnih kontekstih, npr. kakovost izdelkov, kakovost dela, kakovost življenja. V vsak-



danjem življenju se beseda kakovost pogosto uporablja za opis dragih in luksuznih izdelkov. Vendar pa dobra kakovost ne pomeni le visoke kakovosti in visokih cen. Pomeni tudi, da uporabnika zadovoljimo s tem, da dobi, kar želi, z znano stopnjo zanesljivosti in za ceno, ki je sprejemljiva. Ločiti moramo med dvema osnovnima pomenoma kakovosti: kakovost kot luksuz in kakovost kot odsotnost napak. V članku obravnavamo izključno slednjo definicijo.

Ključna mera za kakovost je zadovoljstvo kupca. Ni nujno, da so izpolnjene le formalne zahteve na projektu, temveč mora biti kupec (uporabnik) tudi sicer zadovoljen. Na področju geoinformatike je zelo veliko različnih uporabnikov, zato je nemogoče izdelati podatkovno zbirko ali karto, ki bi ustrezala vsem uporabnikom. Zato je potrebno, da se odločimo za relativno pomembnost posameznih uporabnikov in opredelimo tipične uporabnike. Prepoznati moramo tiste elemente kakovosti, ki zadovoljujejo čim več uporabnikov. Zbiranje prostorskih podatkov zahteva dolge in drage proizvodne procese. Čim bolj natančno poznamo zahteve uporabnikov, tem več resursov oz. denarja lahko s tem prihranimo.

Celovito obvladovanje kakovosti – COK (angl. *Total quality management* – TQM) je splošen pojem za celotno zbirko filozofij, konceptov, metod in orodij, ki se danes uporabljajo po celem svetu za obvladovanje kakovosti (Juran 1999). Danes se uporablja v številnih podjetjih po celem svetu. COK pomeni, da je vsako delo, od glavnega direktorja do zadnjega delavca v hierarhiji, opravljeno že prvokrat brez napak. Izraz COK se zelo uporablja v Združenih državah Amerike, medtem ko se je do pred kratkim na Japonskem uporabljal izraz Celovita kontrola kakovosti (Total Quality Control – TQC).

Definiramo lahko pet osnovnih elementov COK (Turner 1993): kakovost izdelka, kakovost upravljalvskega procesa, zagotavljanje kakovosti, kontrola kakovosti, odnos do kakovosti.

Kakovost izdelka je glavni cilj, kakovost upravljalvskega procesa pa je nujen pogoj za doseg kakovostnega izdelka. Zagotavljanje kakovosti predstavlja nujne korake, ki so potrebni, da se poveča zanesljivost doseganja kakovostnega izdelka. V idealnem primeru je ta zanesljivost sto odstotna. Kontrola kakovosti pa pomeni, da kakovost merimo po vnaprej določenih kriterijih in skušamo odstraniti odstopanja od želenih standardov. Zelo pomembno je, da je v organizaciji oz. podjetju pozitiven odnos do kakovosti, ki mora biti vzpostavljen na vseh ravneh.

Pri upravljanju kakovosti uporabljamo tri upravljalvske procese: planiranje kakovosti, nadzor kakovosti in izboljšanje kakovosti, v literaturi poznano tudi kot Juranova trilogija (Juran 1999). Ti procesi so univerzalni, saj predstavljajo osnovo tudi v finančnem managementu.

Upravljanje kakovosti je najbolj razvito v industriji. Številni strokovnjaki so prispevali k razvoju tega področja, predvsem pa so to Američani in Japonci. Če omenimo le nekatere znamenite osebe: W. E. Deming, J. M. Juran, P. B. Crosby, A. V. Feigenbaum, K. Ishikawa, in G. Taguchi. Vpeljali so različne osnovne doktrine o izvedbi in izboljšanju kakovosti. Skupni imenovalec teh konceptov lahko opišemo v naslednjih točkah (Turner 1995):

- Predanost kakovosti mora biti izražena na vseh ravneh.
- Prepoznati je treba najbolj kritične probleme kakovosti in management jih mora biti sposoben odpraviti.

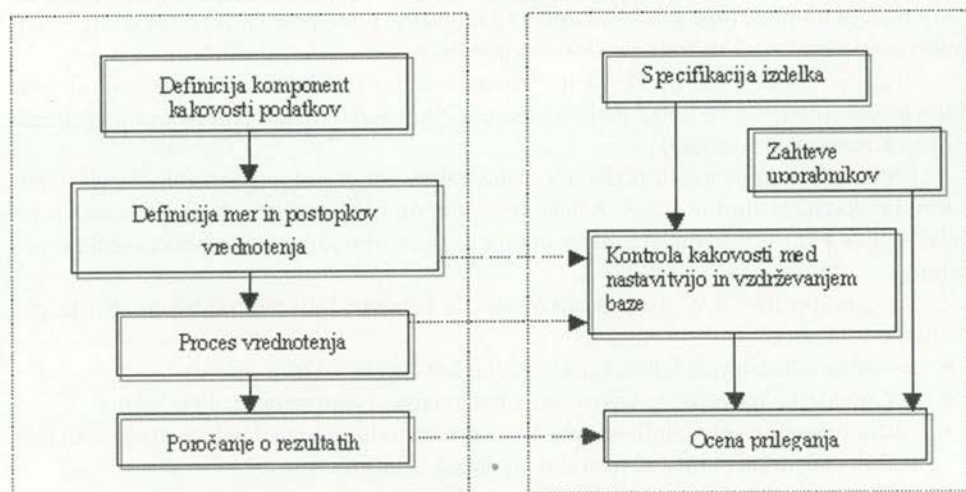


- V vsakem delovnem procesu je treba definirati faktorje dobre kakovosti, tako da procesi postanejo merljivi.
- Kakovost moramo doseči z razumevanjem in izboljšavo procesov in preprečevanjem napak, ne pa z inšpekcijo in popravilanjem.
- Podjetje oz. organizacija mora razvijati statistično razumevanje procesov in uporabljati statistične metode za reševanje problemov.

Rezultati procesov COK so splošno veljavni cilji, tj. nižji stroški, višji dohodki, zadovoljni kupci, motivirani zaposleni. Še posebej so prednosti uporabe COK v državnih agencijah za prostorske podatke (pri nas Geodetska uprava RS) lahko vidne v bolj kakovostnih podatkih, učinkoviti proizvodnji izdelkov (npr. kart) in drugem. Povečanje kakovosti prostorskih podatkov pomeni zmanjšanje stroškov zaradi slabe izvedbe.

#### 4 KAKOVOST PROSTORSKIH PODATKOV

Koncepti kakovosti prostorskih podatkov morajo podati splošni potek izvajanja celotnega procesa. Pomembni so naslednji koraki (slika 1). Najprej moramo definirati komponente kakovosti, potem moramo za vsako komponento definirati mere in metode vrednotenja. Na koncu moramo o rezultatih kontrole poročati na ustrezen način.



Slika 1: Glavne faze koncepta kakovosti prostorskih podatkov po ISO 19114.

Pomembno je, da ločimo med dvema različnima nalogama: specifikacija izdelka in zahteve uporabnika. Specifikacija izdelka pomeni proizvajalcu podatkov aplikacijski model, na osnovi katerega zajema podatke. Uporabnik podatkov ima lahko drugačne zahteve, ki se odražajo v drugačnem aplikacijskem modelu. Kakovost podatkovne zbirke pomeni, kako dobro le-ta upošteva specifikacije izdelka.

Če upoštevamo osnovna načela COK, ki so na kratko predstavljena v poglavju 2, moramo pri razvoju modela kakovosti prostorskih podatkov upoštevati tehnične in uprav-

ljavske vidike, ki so med seboj povezani. V praksi se običajno upošteva le tehnični vidik, kar pa ni dovolj. Nadzor rezultatov na koncu proizvodne linije ni najbolj optimalen način izvajanja kontrole. Lahko ugotovimo, da podatki niso v okviru zahtevane natančnosti, vendar težko opredelimo vzroke za odstopanja. Popravki so lahko zelo zamudni in dragi.

#### *4.1 Upravljavski vidik*

Odločitve ne morejo biti boljše od podatkov, na katerih temeljijo. Program kakovosti podatkov nam lahko pomaga, da so podatki najvišje možne kakovosti v okviru vnaprej definiranih zahtev. Dva od petih elementov COK sta neposredno povezana z upravljavskim vidikom: odnos do kakovosti in kakovost upravljavskega procesa.

Za uspešno implementacijo COK potrebna odločitev najvišjega vodstva. Na državnem nivoju to pomeni, da morajo biti sprejete ustrezne strateške odločitve. Pri upravljavskem procesu je nujno, da se najvišje vodstvo opredeli za kakovost in sprejme določene ukrepe za njeno zagotavljanje. Predvsem je pomembno stalno izobraževanje vseh delavcev.

Isto velja tudi za nacionalne inštitucije, ki skrbijo za prostorske podatke. Globalizacija je povzročila veliko večjo izmenjavo podatkov kot v preteklosti (blizu državnih mej, za potrebe npr. evropske karte, za navigacijo). Na področjih, kjer je visoka natančnost življenskega pomena (npr. letalske karte za navigacijo, pomorske karte) so že uveljavljeni zelo visoki standardi kvalitete prostorskih podatkov.

Treba je vzpodbujati timsko delo. Stalno dodatno izobraževanje zaposlenih je zelo pomembno, vendar je še boljše sistemsko uvesti teme kakovosti v izobraževalne procese (šolski sistem, na univerzah).

Proizvodnja prostorskih podatkov slabe kakovosti je dolgoročno zelo draga. Uporabniki niso zadovoljni in iščejo boljše vire. Moramo se zavedati, da je kakovosten izdelek lahko strateška prednost tudi na področju geoinformatike, kar v praksi večkrat pozabimo.

Za uspešno uveljavo sistema kakovosti na katerem koli področju v praksi je pomembno naslednje:

- zavestna odločitev za kakovost in uvedba konceptov COK v prakso,
- več poudarka na tematiki kakovosti v nacionalnem programu izobraževanja,
- harmonizacija nacionalnih standardov z mednarodnimi; izdelava standardov in tehničnih specifikacij, kjer še niso dovolj dobro izdelani.

#### *4.2 Tehnični vidik*

Trije od petih elementov COK so povezani s tehničnim vidikom modela: kakovost izdelka, zagotavljanje kakovosti in kontrola kakovosti. Zelo pomembno je načelo, da moramo kakovost doseči z razumevanjem in izboljšavo procesa in s preprečevanjem nastajanja napak, ne pa z inšpekcijo in popravilanjem. Iz programa izvajanja nadzora kakovosti prostorskih podatkov, ki se množično zajemajo v okviru državnih projektov v Sloveniji, je razvidno, da izvedba še vedno temelji pretežno na končni inšpekciji podatkov.



## 5 STATISTIČNE METODE

Obseg članka ne omogoča podrobnejše obravnave statističnih metod, zato le nekaj podarkov. Kakovost prostorskih podatkov največkrat ni možno niti smiselno preverjati v celoti, temveč le-to izvedemo na izbranih vzorcih. Zelo je pomembna izbira vzorcev in metode. Zelo uspešno se lahko uporabi statistično testiranje hipotez, vendar v praksi žal še premalo pogosto.

Uporaba statističnih metod v povezavi z nadzorom kakovosti prostorskih podatkov je v strokovni literaturi dokaj slabo obdelana, tudi v predlogih standardov (ISO, CEN) najdemo malo primerov. Metode vzorčenja sicer lahko najdemo v standardih ISO 2859 in ISO 3951, vendar so bili ti standardi razviti za druge namene in jih ne moremo enostavno prenesti za uporabo na prostorskih podatkih.

## 6 ZAKLJUČEK

Kakovost zahteva zavedno družbo in uresničevanje zastavljenih ciljev, ki se začne pri najvišjih upravljaljskih strukturah in se konča pri zadnjem delavcu na hierarhični lestvici. Še vedno obstajajo raziskovalni problemi na področju upravljanja prostorskih podatkov, ki jih bo treba rešiti v prihodnosti. Metode vzorčenja prostorskih podatkov je potrebno bolje raziskati, testirati in pripraviti za uporabo v praksi. Različne metode so primerne za različne vrste izdelkov (topografske karte, katastrske načrte, pomorske karte, itd.). Metode vrednotenja je treba natančno definirati za vsak parameter kakovosti. Čim več bi morali uporabljati enostavne statistične metode, tako da jih lahko obvlada tudi manj izobražen kader. Bolj zahtevne metode pa naj uporabljajo usposobljene skupine strokovnjakov za raziskovalne namene. Dobre specifikacije projektov morajo biti pripravljene pred začetkom zajema podatkov. Seveda so vsake specifikacije le ideali, ki jih v celoti ne moremo dosegati, zato je treba vnaprej definirati tudi sprejemljiva odstopanja. V praksi se velikokrat dogaja, da se tehnične specifikacije spreminjajo celo med potekom projekta, kar seveda negativno vpliva na končno kakovost izdelkov.

Stanje v Sloveniji se na področju nadzora prostorskih podatkov v zadnjih letih zelo izboljšuje. Vpeljava systemskega nadzora v izvedbene projekte (ciklično aerosnemanje, aerotriangulacijo, skeniranje ortofoto, DMR) vodi k izboljšanju kakovosti. V raziskovalni nalogi (Kosmatin Fras et al. 2003) smo predlagali, da obstoječe postopke v Sloveniji lahko izboljšamo z:

- uvedbo nadzora položajne natančnosti prostorskih podatkov, še posebej na izvornih virih,
- uvedbo statističnih metod v nadzoru kakovosti,
- implementacijo aktualnih mednarodnih standardov,
- uskladitvijo zakonodaje,
- zagotovitvijo ustrezne infrastrukture za nadzor kakovosti.

Izziv za mednarodno skupnost pa je zagotovo nadaljnje razvijanje in harmonizacija mednarodnih standardov. Le-ti naj postanejo bolj uporabniško prijazni in razumljivi.



*Pojasnilo:*

Članek povzema nekatere rezultate naloge Ciljni raziskovalni program »Konkurenčnost Slovenije 2001–2006« – Razvoj sistema kontrole državnih prostorskih podatkov, šifra raziskovalnega projekta V2-07/10-02 (financerja: Ministrstvo za šolstvo znanost in šport in Geodetska uprava Republike Slovenije).

VIRI IN LITERATURA:

- Giversen, J. 2002: Implementing the ISO 19100 Standards in Denmark's National Datasets (Sea charts, TOP10DK and the cadastral map). OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management, 21–22 marec 2002, str. 19–26, Istanbul, Turčija.
- ISO/TC 211, ISO/DIS 19113: Geographic Information – Quality Principles.
- ISO/TC 211, ISO/DIS 19114: Geographic Information – Quality Evaluation Procedures.
- Jakobsson, A., Vauglin, F. 2001: Status of Data Quality in European National Mapping Agencies. Zbornik ICC 2001. Peking, Kitajska.
- Juran, M. J. 1999: Juran's Handbook of Quality. 5. izdaja. McGraw-Hill.
- Kosmatin Fras, M. 2002: Total Quality Management in Photogrammetric Projects – Models and Applications in Slovenia. Doktorska disertacija. Milano, Italija.
- Kosmatin Fras, M. 2003: Quality model based on total quality management in photogrammetry. Geodetski list, let. 57 (80) 3, 167–181, Zagreb, Hrvaška.
- Kosmatin Fras, M. et al. 2003: Razvoj sistema kontrole državnih prostorskih podatkov. Raziskovalna naloga v okviru programa CRP »Konkurenčnost Slovenije 2001–2006, Geodetski inštitut Slovenije. Ljubljana.
- Režek, J., Flogie, E. et al. 2003: Analiza obstoječih predpisov in priprava na izhodišča za nove. 1. del. Geodetska uprava RS, maj 2003, delovno gradivo. Ljubljana.
- Turner, R. J. 1995, The Handbook of Project-based Management. Managing quality, McGraw-Hill Europe, str. 159 – 179.
- Zakon o državni upravi, Uradni list Republike Slovenije št. 52/02.

# GEOLOCIRANI STATISTIČNI PODATKI SLOVENIJE ZA APLIKACIJO V SISTEMIH GIS

Branko Pavlin\*

UDK: 311.2(497.4)

## *Izyleček*

### *Geolocirani statistični podatki Slovenije za aplikacijo v sistemih GIS*

Na Statističnem uradu RS je v okviru programa Phare nastalo največje podatkovno skladišče geolociranih individualnih, lokalnih in regionalnih statističnih podatkov v državi. V podatkovnem skladišču je možno povpraševanje, oz. podatkovno rudarjenje po statističnih podatkih za 23 vsebinskih področij statistike, za časovno vrsto od leta 1995 dalje, za vse teritorialne ravni iz registra prostorskih enot. Statistični podatki za vse teritorialne ravni so opremljeni z georeferencami in MID-i, zato je iz njih možno neposredno, učinkovito tvoriti statistične informacijske plasti v sistemih GIS.

## *Ključne besede*

*Podatkovno skladišče, geokodirani statistični podatki, regionalne statistike*

## *Abstract*

### *Geocoded statistical data in Slovenia as input for GIS*

Statistical Office of the Republic of Slovenia has recently constructed a Data Warehouse, containing vast quantity of individual, local and regional statistical data. There are data for 23 statistical areas stored in the Data Warehouse for the time series from 1995 onwards. By exploiting different data mining possibilities it is possible to obtain output geocoded regional statistics data which are appropriate for direct import into GIS and creation of »statistical layer«.

## *Keywords*

*Data Warehouse, geocoded statistical data, regional statistics*

## 1 UVOD

Statistični urad RS (SURS) je največji »proizvajalec«, obdelovalec, vzdrževalec in distributer uradnih statističnih podatkov v državi za različne teritorialne ravni. Zaradi tradicionalnega sodelovanja z državnimi geodetskimi ustanovami pri razvoju in vzpostavitvi Registra teritorialnih enot Slovenije, je SURS že v začetku devetdesetih let 20. stol., tedaj še redkim uporabnikom GIS, lahko ponudil teritorialno členjene digitalne statistične podatke, opremljene z geokodo. Ta ponudba je v letu 2003, z izgradnjo podatkovnega skladišča regionalnih statističnih podatkov »SURS RDB«, zelo povečana in predstavlja odličen vir podatkov za GIS.

\* dr., Statistični urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, branko.pavlin@gov.si



## 2 PODATKOVNO SKLADIŠČE REGIONALNIH STATISTIČNIH PODATKOV »SURS RDB«

SURS je že od začetka uveljavljanja tehnologije GIS v Sloveniji z njo povezan kot uporabnik in hkrati producent informacijskih podatkovnih plasti za GIS. Spomniti velja na prve digitalne karte pokrovnosti in rabe tal (predvsem kmetijske), ki so tam nastajale na podlagi interpretacije digitalnih satelitskih posnetkov vse od sredine 80-ih let prejšnjega stol. dalje. Leta 1993 je nastal prvi t. i. »statistični GIS«, v katerem je bilo okrog 80 spremenljivk iz »Popisa gospodinjstev, stanovanj ter kmečkih gospodarstev 1991«, preko navezave na register EHIŠ (Evidenca hišnih števil) opremljenih z geokodami in georeferencami. To je omogočalo prikaz individualnih statističnih podatkov na računalniškem zaslonu, ter njihovo prostorsko analiziranje glede na fizičnogeografske, ter grajene strukture v pokrajini. Proces približevanja EU je tudi na področju geostatistike pomenil pozitivno spodbudo. Program PHARE je v okviru široko zastavljenega projekta modernizacije državne statistike, omogočil zasnovo in realizacijo podprojekta »Izgradnja podatkovnega skladišča regionalnih statističnih podatkov »SURS RDB« (Regional Database). Po zasnovi v letu 1998 in finančni stagnaciji v letu 1999, je sredi leta 2000 program hitro stekel in se formalno zaključil konec leta 2001, aktivna izgradnja pa je trajala do sredine leta 2003, zatem pa obstala. SURS RDB je trenutno v fazi testnega delovanja, do popolne uveljavitve ter uporabe pa je glavno odprto vprašanje problem rednega vzdrževanja ažurnosti podatkov.

### 3 VSEBINA SURS RDB

SURS RDB je največje podatkovno skladišče individualnih, lokalnih in regionalnih statističnih podatkov v državi. Prvotno vsebinsko izhodišče izgradnje RDB-ja, »zagotavljanje ažurne, zanesljive in dostopne regionalne statistične podatke za podporo regionalnim razvojnim politikam Slovenije v kontekstu strukturnih skladov EU«, ki je izhajalo iz zahtev Eurostata, je SURS razširil in nadgradil. Nabor statističnih vsebinskih področij je sledil prvotnemu principu relevantnosti statističnih podatkov za podporo regionalnemu razvoju, povečana pa je teritorialna detajlnost ter pogostnost (»časovna ločljivost«) vnesenih podatkov. Tako so v SURS RDB načeloma zajeti statistični podatki na najnižji dosegljivi teritorialni ravni za posamezno vrsto statističnega podatka. Pogostnost zajema je bila pri individualnih podatkih povečana iz letne na četrletno raven (kjer je to smiselno), časovna vrsta pa sega od prvega kvartala 1995 do četrtega kvartala 2000. Večji del statističnih podatkov v RDB predstavljajo kvartalnim preseki z individualni zapisi iz naslednjih administrativnih oz. statističnih registrov ter evidenc, ki so skoraj v celotnem obsegu osnovne tabele preneseni v RDB: iz Centralnega registra prebivalstva, Poslovnega registra Slovenije, Registra brezposelnih oseb, Statističnega registra delovno aktivnega prebivalstva, Evidence prejemnikov pokojnin, Evidence o prijavi in odmeri dohodnine fizičnim osebam. Poleg teh individualnih podatkov so v RDB vneseni še rezultati številnih statističnih raziskovanj, ki se redno izvajajo in v osnovi zajemajo statistične podatke na ravni naselij, občin ali upravnih enot. V nadaljevanju je naveden kratek pregled vsebine SURS RDB:

*Demografija:* Državljeni in prebivalci Slovenije po spolu, starosti, gostoti poselitve, po statusu prebivališča; tujci (le na ravni občine) po spolu in starostnih skupinah; rojstva; smrti; selitve prebivalstva; zakonske zveze in razveze.

*Dohodnina* (samo za leti 1995 in 1996): število zavezancev po spolu in starosti, število oddanih napovedi. Bruto in neto osnova za dohodnino, število vzdrževanih družinskih članov.

*Plače:* podatki o bruto in neto izplačanih plačah, številu opravljenih ur in številu zaposlenih po obrazcu ZAP/M glede na dejavnost in pravnoorganizacijsko obliko podjetja, sektorizacijo, velikost podjetja, poreklo kapitala in vrsto lastništva, mesečni podatki.

*Pokojnine:* število upravičencev in zneski iz naslova pokojninskega in invalidskega zavarovanja po spolu in starostnih skupinah glede na državljanstvo, vrsto pokojnine, vrsto priznanja izjemne pokojnine, generalni status in zakonski stan, letni podatki.

*Stanovanja:* število in površina stanovanj glede na fazo graditve in velikost, letni podatki po občinah. število stanovanj po letu zgraditve, letni podatki po občinah.

*Izobraževane:* število dijakov v srednjih šolah po načinu šolanja (mladina/odrasli), izobraževalnih programih; glede na občino bivanja in občino šolanja, število študentov po spolu in starostnih skupinah glede na študijski program in smer; letni podatki po občini stalnega bivališča; število diplomantov po spolu in starostnih skupinah; število magistrstrov (zaključenih magisterijev) po spolu in starostnih skupinah, letni podatki po občini stalnega bivališča; število doktorjev znanosti po spolu in starostnih skupinah.

*Poslovni subjekti:* število aktivnih poslovnih subjektov (iz Poslovnega registra Slovenije) po SKD, sektorizaciji SKIS, pravnoorganizacijski obliki, poreklu kapitala, velikosti podjetja, četrletni podatki. Število ustanovitev in ukinitvev poslovnih subjektov.

*Promet:* cestni promet, dolžina cest, cestni javni prevoz – število prepeljanih potnikov in potniških kilometrov po vrsti prevoza, prevoženi kilometri z blagom po vrsti tovornega prevoza; število vozniških dovoljenj po kategorijah, število registriranih in prvič registriranih vozil po vrstah vozil za fizične in pravne osebe (letni podatki po upravnih enotah); prometne nesreče glede na izid; mejni cestni promet – prihodi in odhodi potnikov, vozil in blaga glede na vrsto vozil; železniški promet – dolžina prog, število železniških postaj, število odpotovalih potnikov (letni podatki po upravnih enotah); mejni železniški promet; pomorski promet; letalski promet; podatki po občinah; letni podatki o poštnih storitvah po občinah.

ukinitvev poslovnih subjektov.

*Trg delovne sile:* število zaposlenih glede na stalno bivališče ali kraj zaposlitve po spolu, starostnih skupinah, stopnji strokovne izobrazbe in državljanstvu RS glede na SKD dejavnost podjetja. Število delovnih migrantov po kraju stalnega bivališča in kraju zaposlitve in po državljanstvu, četrletni podatki. Brezposelne osebe po enakih znakih. ukinitvev poslovnih subjektov.

*Trgovine:* število prodajaln v trgovini na drobno, število zaposlenih, površina prodajnega prostora po dejavnosti trgovine glede na pretežni način strežbe in vrsto prodajalne (podatki iz obrazca), po SKD dejavnosti podjetja, poreklu kapitala, vrsti lastnine, velikosti in sektorizaciji (iz PRS), letni podatki.

*Turizem:* nastanitvene zmogljivosti po vrstah objekta, letni podatki po naseljih; število turistov in turističnih nočitev po vrstah turistov in po vrstah nastanitvenih objektov, letni podatki po občinah.



*Investicije:* podatki iz tabele 6 v obrazcu INV-01, po dejavnosti in naslovu investitorja in glede na občino investiranja, letno; investicije, tekoči izdatki in drugi izdatki za varstvo okolja, po namenu in kraju sedeža investitorja (iz PRS), letno.

*Raziskovalno razvojna dejavnost:* podatki o zaposlenih in izplačilih v raziskovalno-razvojni dejavnosti iz obrazca R-RD, letno.

*Okolje:* prečiščevanje odpadne vode v javnem kanalizacijskem omrežju po načinu čiščenja; izpust neprečiščenih in prečiščenih odpadnih vod iz javnih kanalizacijskih sistemov; kanalizacijsko omrežje – število primarnih vodov, dolžina sekundarnih vodov in število priključkov, primerjava s številom prebivalstva, letni podatki po občinah; izpuščanje odpadne vode iz industrije; prečiščene odpadne vode v industriji, letni podatki po občinah.

*Državljeni:* preračun teritorialno-časovne vrste historičnih podatkov (od 1995 dalje) na stanje teritorialne členitve 1. 1. 1999 (Šnuderl 2002).

#### 4 TEHNOLOŠKE OSNOVE SURS RDB

Infrastrukturno osnovo predstavlja okolje Oracle. Programsko okolje Oracle Data Warehouse je bilo uporabljeno za izgradnjo podatkovnega skladišča, v katerem so shranjene t. i. mikrotabele, to so relacijske tabele z zapisi individualnih statističnih podatkov. Oracle Discoverer pa je uporabniško orodje, s katerim se izvaja teritorialno agregiranje individualnih podatkov, ter vsa ostala povpraševanja po podatkovju, oz. t. i. »podatkovno rudarjenje« v SURS RDB (Jug 2000). Poizvedovanje poteka v okolju strežnik – odjemalec, odzivni časi pri tem pa so zelo ugodni, saj trajajo običajno le nekaj sekund, do največ nekaj minut pri kompleksnih poizvedbah.

Vsebina statističnih podatkov v SURS RDB je v največji meri izražena preko šifer, s katerimi so opremljeni, te pa so povzete iz nacionalnih in mednarodnih statističnih klasifikacij. Vsi šifranti, uporabljeni za označevanje vsebine v SURS RDB, so shranjeni na strežniku za klasifikacije »Klasje«, ki je javno dostopen na spletni strani SURS-a. Uporaba standardnih klasifikacij/šifrantov je eden izmed osnovnih pokazateljev kakovosti, saj zagotavlja koherentnost statističnih podatkov za nacionalno okolje, ter njihovo mednarodno primerljivost. Olajša pa tudi uporabo podatkov SURS RDB za uporabnike, ki niso specializirani za dnevno uporabo teh podatkov. Ti lahko vnaprej analizirajo vsebino šifrantov, objavljenih na svetovnem spletu in tako bolje formulirajo ciljno vsebino povpraševanja v SURS RDB.

#### 5 SURS RDB KOT VIR INFORMACIJSKIH PLASTI ZA GIS

Register prostorskih enot Slovenije (RPE), ki ga upravlja Geodetska uprava RS, je bil osnova za izgradnjo t. i. prostorske oz. teritorialne dimenzije podatkovnega skladišča SURS RDB. O njej je poročal že Senegačnik (Senegačnik 2002), njena naloga pa je, da omogoča *teritorialno povpraševanje* po statističnih podatkih, shranjenih v SURS RDB. Ti so izvorno dvoji: individualni ali agregirani na določeno teritorialno raven. Temeljna

prednost SURS RDB je, da omogoča izjemno veliko fleksibilnost pri povpraševanjih po teritorialno opredeljenih statističnih podatkih za vsa vključena vsebinska področja.

### 5.1 Individualni geokodirani statistični podatki

SURS RDB omogoča izpis individualnih, geokodiranih in georeferenciranih statističnih podatkov iz najpomembnejših registrov in evidenc v državi! Individualni podatki so torej opremljeni s koordinatami ter MID-om, ki je ključ pripadnosti nadrejenim teritorialnim enotam.

Privlačnost tovrstnih podatkov za GIS je v tem, da jih lahko uporabimo za *prostorsko modeliranje* skupaj z drugimi informacijskimi podatkovnimi plastmi, ki niso vezane na upravno-politično členitev pokrajine (porečja, planska območja, varstvena območja, višinski pasovi ipd). Poleg običajnih koropletnih analiz tovrstni podatki omogočajo še mrežne (gridne) analize ter raznovrstne prostorsko-statistične analize.

V SURS RDB *individualni statistični podatki* niso dosegljivi preko običajnega uporabniškega orodja (Oracle Discoverer), pač pa le preko SQL povpraševanja v t. i. mikrobazi RDB, kamor dostopata le dva ali trije administratorji SURS. Razlog za to je zaščita teh podatkov pred nepooblaščenno uporabo. Zaradi varovanja statistične zaupnosti individualni, neagregirani podatki niso odprti za splošno javnost, pač pa le za znanstveno raziskovalne institucije in namene.

### 5.2 Agregirani statistični podatki – za različne hierarhične ravni veljavne upravno-politične členitve Slovenije

Z razmeroma enostavnim uporabniškim orodjem Oracle Discoverer, lahko uporabnik v realnem času pregleduje in izpisuje časovne vrste statističnih podatkov za poljubno teritorialno raven iz hierarhično urejenega Registra prostorskih enot Slovenije, tj. za približno 15.500 popisnih/prostorskih okolišev, 8000 statističnih okolišev, 6000 naselij, 193 občin, 58 upravnih enot, 12 statističnih regij. Osnovo za teritorialno agregiranje predstavljajo lokacijske informacije za posamezno hišno številko iz RPE, ki vsebuje tudi navezovalno identifikacijo za nadrejeno teritorialno raven. Vse fizične osebe in poslovni subjekti pa so navezani na neko hišno številko!

Za statistične podatke iz RDB, ki so že izvorno zajeti, ter vneseni v mikrotabele SURS RDB na določeni teritorialni ravni (naselja, občine), pa je možno agregiranje podatkov le na višje (nadrejene) teritorialne ravni.

Zaradi pogostega spreminjanja teritorialnih členitev v Sloveniji in s tem povezanim problemom prikazovanja časovne vrste statističnih podatkov, je bila v okviru izgradnje SURS RDB izdelana tudi programska rešitev za t. i. »preračun časovno-teritorialne vrste«. Gre za možnost prikaza historičnih statističnih podatkov za »današnjo«, oz. trenutno veljavno upravno politično členitev. Ta programska rešitev je bila doslej aplicirana le na eno vsebinsko področje v SURS RDB (delovno aktivno prebivalstvo), preostala pa na to še čakajo.

Dodatno je bil za potrebe RDB razvit sistem za avtomatično agregiranje podatkov



z ravni občine na raven vseh 24 regionalnih delitev Slovenije, ki so zajete v Katalogu regionalnih delitev Slovenije 2001 (Pavlin 2001), ter sistem za hitro *oceno* historičnih časovnih vrst na podlagi agregiranja podatkov z ravni naselja na višje teritorialne ravni.

Izpis statističnih podatkov iz SURS RDB za izbrano upravno-politično teritorialno enoto je možno opremiti s popolno geokodo in georeferenco. To odpira možnost za neposreden uvoz v podatkovni sloj »statistični podatki« kateregakoli GIS-a.

## 6 KAKOVOST STATISTIČNIH PODATKOV SURS RDB KOT INFORMACIJSKE PLASTI GIS

Kakovost rezultatov, pridobljenih s pomočjo GIS-a je odvisna od parcialnih kakovosti vsebinskih informacijskih plasti GIS-a. Kakovost statističnih podatkov iz SURS RDB, kot vhodne informacijske plasti v GIS lahko ocenimo z več vidikov.

Položajna natančnost individualnih statističnih podatkov je definirana z natančnostjo vira za geolociranje, tj. EHIŠ v RPE. Slednjega SURS RDB le prevzema. Dosedanje testno delovanje in uporaba SURS RDB je pokazala, da je tudi kakovost teritorialnega agregiranja individualnih statističnih podatkov na podlagi teritorialne dimenzije odlična, manjše napake so bile doslej odkrite le pri posameznih primerih pripadnosti naselij občinam, ki so spreminjale obseg ali poimenovanje.

Statistično kakovost lahko vrednotimo glede na sedem komponent kakovosti, kakršne pozna koncept definicije kakovosti v evropskem statističnem sistemu. Te so: ustreznost statističnih konceptov (relevance), točnost ocen (accuracy), pravočasnost, dostopnost in jasnost informacij, primerljivost statistik (comparability), enovitost (coherence) in kompletnost/popolnost (completeness). Za statistične vsebine, ki so dostopne v SURS RDB lahko zapišemo, da dosegajo visoke ocene za statistično kakovost, razen za komponento pravočasnost, oz. ažurnost, ki je slaba, saj so najbolj sveži podatki na voljo za četrti kvartal leta 2000 (Pavlin 2003).

Ob pripravi vhodnih podatkov za SURS RDB je bila izvedena dodatna kontrola njihove kakovosti, tako za podatke iz registrov, kot tudi za podatke iz rednih statističnih raziskovanj. Izgrajena »teritorialna dimenzija« omogoča za statistične podatke iz SURS RDB uspešnejše upravljanje s kategorijo »neznano«. Gre za zapise, ki nimajo znane natančne prostorske mikrolokacije, pač pa le pripadnost naselju ali občini. V primerjavi z običajnimi statističnimi objavami za nekatera vsebinska področja statistike, je pri izpisih statističnih podatkov iz SURS RDB obseg kategorije »neznano« manjši. To je lahko razlog, da se zlasti na nižjih teritorialnih ravneh, pojavijo odstopanja med sprotno objavljenimi (tiskanimi) statističnimi podatki in rezultati poizvedbe v RDB. Ta razhajanja so večja pri statističnih podatkih iz začetka časovne vrste (1995–1999) in se stalno zmanjšujejo zaradi vsesplošnejše uporabe RPE in s tem boljše teritorialno lociranje podatkov v izvornih administrativnih virih. Uporabnik statističnih podatkov iz SURS RDB mora poleg tega upoštevati še statistične metapodatke, ki pojasnjujejo metodološke osnove (spremembe) statističnih podatkov in podajajo elemente ocene kakovosti zanje.

SURS RDB je kompleksen podatkovni vir, kakovost tu shranjenih podatkov se bo v celoti pokazala šele skozi njihovo redno uporabo. Odlika podatkovnega skladišča je, da

je morebitne odkrite pomanjkljivosti možno nadzorovano odpravljati (revidirani podatki) in s tem stalno povečevati kakovost izhodnih statističnih podatkov.

## 7 SKLEP

SURS RDB je tehnološko sodobno zasnovan, izjemno bogat vir geolociranih statističnih podatkov, uporabnih za GIS. Možno ga je še vsebinsko in količinsko širiti, ter kakovostno izboljševati. K temu pa lahko najbolj pripomore spodbuda, ki prihaja iz uporabniških vrst. Navidezne prepreke za večjo uporabo tega vira, ki izhajajo iz potrebe po varovanju zaupnosti statističnih podatkov je potrebno preseči s postavljanjem in uveljavljanjem pozitivne prakse, kar je dolžnost in pravica uporabnikov!

*Opozorilo: Stališča, izražena v tem prispevku so rezultat avtorjevih osebnih pogledov in niso nujno enaka uradnim stališčem ustanove, v kateri je zaposlen.*

## VIRI IN LITERATURA:

- Jensterle, R., Klep, J., Miklič, E. 2001: METIS – Osrednji metapodatkovni repozitorij SURS. 11. Statistični dnevi, zbornik. Statistični urad RS in Statistično društvo Slovenije, Radenci.
- Jug, M. 2000: Dostop do statističnih podatkov v podatkovnem skladišču: poizvedovanje, analiza, tabeliranje. 10. Statistični dnevi, zbornik. Statistični urad RS in Statistično društvo Slovenije, Radenci.
- Jug, M. 2001: Metodologija izgradnje statističnih podatkovnih skladišč. 11. Statistični dnevi, zbornik. Statistični urad RS in Statistično društvo Slovenije, Radenci.
- Pavlin, B. 2001: Katalog regionalnih delitev Slovenije 2001. Medmrežje: <http://www.stat.si/katalogrds/index.html>.
- Pavlin, B. 2002: Podatkovno skladišče regionalnih statističnih podatkov SURS RDB in njegova uporaba. 12. Statistični dnevi, zbornik. Statistični urad RS in Statistično društvo Slovenije, Radenci.
- Pavlin, B. 2003: Prihodnost podatkovnega skladišča regionalnih statističnih podatkov SURS RDB. SWOT analiza, tipkopis, SURS.
- Senegačnik, J. 2002: Register prostorskih enot kot prostorska dimenzija v podatkovnem skladišču. V zborniku »Gis v Sloveniji 2000–2002«, Ljubljana, strani 81–86.
- Šnuderl, K. 2002: Vsebina SURS RDB, tipkopis, Statistični urad RS.





# DIGITALNI ARHIV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA

Danijel Boldin\*

UDK: 528.44:004.6

## **Izyleček**

Geodetska uprava RS je v letu 1999 pričela z sistematičnim in postopnim procesom pretvorbe podatkov arhiva zemljiškega katastra v digitalno obliko. V ta namen smo skupaj z Geodetskim inštitutom in strokovnjaki iz podjetij Monolit in IGEA pripravili dve študiji, katerih rezultati so bili osnova za pripravo vrste dokumentov, ki opisujejo proces pretvorbe, način uporabe digitalnih podatkov, tehnične standarde in elemente kakovosti podatkov. Izhodišča zasnove digitalnega arhiva izhajajo iz potrebe po hitrejšem, večuporabniškem dostopu do podatkov arhiva, različnih načinov tiskanja, lažjemu posredovanju podatkov ipd. V prispevku je opisana zasnova sistema, njegov namen in cilji, ter prikazani dosedanja rezultati dela.

## **Ključne besede**

zemljiški kataster; arhiv; digitalni arhiv; stiskanje podatkov

## **Abstract**

In the year 1999 Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia has began with a process of systematic and progressive way of transformation the Land Cadastre Data in digital form. With the collaboration of Geodetic Institute and some experts of geodetic companies we prepared two studies that were base for several technical documents for transformation. The purpose of digital archive is to offer a way that will enable optimal usage of archived documentation of the Land Cadastre. Management, maintenance and usage of documentation in analogue form are extremely difficult. Volume of archived documentation and its heterogeneous contents demand full and integrated approach to develop information solutions of Land Cadastre Digital Archive. The article will present development of Land Cadastre Digital Archive, the process of transformation of analogue documentation into digital form, as well as technological solutions used.

## **Keywords**

land cadastre, digital archive, archive, data compression

## 1 UVOD

Razvoj informacijske in telekomunikacijske tehnologije je omogočil informatizacijo tudi na področjih, kjer v preteklosti ni bilo smiselno razvijati aplikacijskih rešitev oz. so bile le te povezane z velikimi stroški. Predvsem nove tehnologije na področju stiskanja podatkov, povečanje hitrosti komunikacijskih omrežij in vedno večja prisotnost elektronskega

\* Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska 12, 1000 Ljubljana, danijel.boldin@gov.si



poslovanja so izhodišča, ki so nas vodila pri razvoju digitalnega arhiva zemljiškega katastra. Delo s klasično obliko podatkov zahteva veliko časa za iskanje, pripravo ustreznih kopij (originali se uničujejo), izdajanje podatkov je zamudno in velikokrat tehnično neustrezno. Sodobne tehnološke rešitve omogočajo hiter, večuporabniški dostop do podatkov, iskanje določenih skupin (npr. zapisniki, skice, odločbe), njihovo pregledovanje, (povečava detajla), tiskanje oz. črno/bele in barvne izrisi ipd.

## 2 PODATKI ZEMLJIŠKEGA KATASTRA

Arhiv podatkov zemljiškega katastra nastaja že skoraj 200 let. Do izdelave grafičnega zemljiškega katastra je prišlo na osnovi odloka avstrijske dvorne pisarne leta 1805. Detajlna izmera je bila opravljena najprej za Primorsko – od leta 1818 dalje. Sledila je izmera za Štajersko – od leta 1820, na Kranjskem se je izvajala izmera od leta 1822 dalje. Izmera Prekmurja je bila izvedena v okviru izmere Madžarske od leta od leta 1856 dalje. Večina grafičnih načrtov zemljiškega katastra je bila izdelana v seženjskem merilu 1 : 2880, v mestih in nekaterih gosto pozidanih naseljih v merilih 1 : 720 ali 1 : 1440, v planinskih predelih pa tudi v merilu 1 : 5760. Na območju Slovenije je bila razvita triangulacija v treh nepovezanih koordinatnih sistemih z izhodišči na Schöckelbergu (severno od Gradca), Krimu in hribu Gellert (zahodni breg Donave v Budimpešti). Nekaj mejnih občin na primorskem je bilo izmerjenih že v letih 1811–1813 v lokalnih občinskih mrežah.

Na preostalih površinah pa so bili zemljiškokatastrski načrti za večja naselja izdelani v merilu 1 : 1000, na ostalih območjih pa tudi v merilu 1 : 2000 ali 1 : 2500. Ti načrti so bili izdelani v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu. V Sloveniji imamo 5.140.000 parcel, ki so združene v 2698 katastrskih občin.

Leta 1993 smo pričeli s postopnim prehodom na sodobnejši – računalniški način vodenja podatkov zemljiškega katastra. V digitalni obliki – digitalni zemljiški kataster, vodimo in vzdržujemo opisne in lokacijske podatke. Evidenco zemljiškega katastra sestavljata digitalni grafični in atributi del. Grafični del se za celotno državo vodi in vzdržuje v enotnem državnem koordinatnem sistemu. Na posameznih geodetskih upravah poteka dnevno, lokalno vzdrževanje atributnih baz zemljiškega katastra. Ti podatki se nato prenašajo v centralno bazo. Glede na spremembe, se vzdržuje tudi centralna baza grafičnega dela zemljiškega katastra. Centralno atributno bazo uporabljajo zainteresirani državni in občinski organi ter službe, za kar je izdelana posebna aplikacija namenjena vpogledovanju podatkov. Vpogledovanje v bazo podatkov je omogočeno ob upoštevanju Zakona o varovanju osebnih podatkov.

Geodetske uprave sprejemajo vloge za izvedbo sprememb v bazah zemljiškega katastra (npr. vloga za ureditev meje, parcelacijo ipd.). Del vloge predstavlja elaborat, ki ga izdelata geodetsko podjetje na podlagi naročila stranke. Reševanje vloge na geodetski upravi je upravni postopek, ki se zaključi z upravnim aktom.

Z reorganizacijo poslovanja geodetske službe (Zakon o geodetski dejavnosti iz leta 2000) so del geodetske dejavnosti prevzela geodetska podjetja (samostojni podjetniki ali gospodarske družbe), ki opravljajo med drugim tudi geodetske meritve in opazovanja, kartiranje, ter druga dela in postopke, ki so potrebni za evidentiranje podatkov o nepremičninah in prostoru.

V okviru projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin v Sloveniji, je bilo pridobljeno posojilo Svetovne banke. Z njegovo pomočjo je bil izdelan zajem, transformacija in uskladitev digitalnih katastrskih načrtov.

### 3 STANJE ARHIVA

Danes je arhiv zemljiškega katastra zložen na izpostavah geodetskih uprav v omarah po oznakah katastrskih občin. Za vsako katastrsko občino so pripravljene mape, v katerih je praviloma zložen en elaborat. V elaboratu so združeni vsi dokumenti, ki obravnavajo en tehnični postopek – geodetsko meritev. Tehnični postopek lahko obravnava več upravnih postopkov (npr. nova izmera). Elaborat je tako celota več dokumentov ali zadev, ki zadevajo isto osebo ali stvar oz. isto vrsto dokumentov ali zadev različne vsebine. Tako elaborat ni samo dokumentacija o tehničnih postopkih v zvezi s posamezno spremembo, ampak ga predstavljajo vsi razpoložljivi dokumenti, ki dokumentirajo postopek pri spremembi podatkov, za katere je pristojna geodetska služba.

Za enotno vodenje evidence elaboratov je oblikovan enoten način oštevilčevanja – IDPOS (identifikator postopka), ki omogoča sistematično vodenje evidence. Enoten način vodenja evidence zahteva, da so podatki smiselno urejeni. Vse razpoložljive listine so združene v en ovitek (mapo). Elaborati so urejeni po katastrskih občinah (KO). Za vsako KO so elaborati razvrščeni po letih. Dostop do podatkov v posamezni mapi je mogoč s poznavanjem oznake katastrske občine in številke posameznega postopka.

Natančneje lahko arhiv elaboratov spremljamo od leta 1991 naprej, ko je bila nastavljena elektronska evidenca elaboratov (EVELA). Evidenca elaboratov omogoča povezovanje parcel, ki so v elaboratu (parcela se lahko nahaja v več postopkih) z oznako postopka – IDPOS.

Obseg elaboratov arhiv zemljiškega katastra je zelo obsežen (več kot 10 milijonov dokumentov). Vsebuje različne dokumente od formata A4 do A0.

Dokumenti so bili pripravljani v različnih časovnih obdobjih, z različnimi tehnikami in prikazani na različnih medijih.

Na osnovi vse večjega povpraševanja po podatkih arhiva zemljiškega katastra – predvsem izvajanje postopkov v zvezi z denacionalizacijo, pa tudi zahtev geodetskih izvajalcev, se je pokazala potreba po digitalni obliki teh dokumentov. Velik obseg podatkov in zelo raznovrstna vsebina pa zahtevata sistematičen in premišljen pristop pri oblikovanju informacijskega sistema digitalnega arhiva.

### 4 DIGITALNI ARHIV

Na Geodetski upravi je bilo v preteklosti izvedenih nekaj pilotnih študij o možnih načinih prenosa dokumentov arhiva v digitalno obliko. Prvi postopki prenosa analognih podatkov arhiva v digitalno obliko so bili izvedeni v letu 1999. Na osnovi pripravljenih tehničnih pogojev je bilo izvedeno skeniranje dokumentov v več izpostavah območnih geodetskih uprav (pribl. 6 % KO-jev).

Celovita obravnava problematike prenosa dokumentov arhiva v digitalno obliko je



bila opisana v študiji Geodetskega inštituta leta 2001. Pri izvedbi študije je poleg sodelavcev GI sodelovala tudi strokovna skupina delavcev Geodetske uprave. Rezultati študije so bili osnova za pripravo vrste dokumentov, ki opisujejo proces pretvorbe, način uporabe digitalnih podatkov, tehnične standarde in elemente kakovosti podatkov.

Osnovna izhodišča zasnove digitalnega arhiva so:

1. digitalna slika podatkov mora biti verna reprodukcija originalov (izris digitalne slike mora biti identičen originalu),
2. za operativno delo z rastrskimi slikami mora biti uporabljena ustrezna metoda stiskanja podatkov,
3. omogočiti je treba hiter dostop do določenih skupin podatkov,
4. uporaba podatkov na lokalni ravni mora biti zasnovana na HTML obliki brez programskih rešitev,
5. hkrati z izvedbo lokalne rešitve je potrebno podatke zapisati v obliko, ki omogoča vzpostavitev centralne baze,
6. omogočeno mora biti vzdrževanje in izdajanje podatkov digitalnega arhiva na lokalni ravni,
7. proces pretvorbe podatkov izvajajo zunanji izvajalci.

Zasnova digitalnega arhiva izhaja iz dveh ravni: lokalne in centralne. Lokalna opredeljuje tehnično rešitev za uporabo digitalnih podatkov na izpostavah geodetskih uprav. Centralna raven pa določa tehnične standarde za vzpostavitev bodoče centralne baze podatkov arhiva zemljiškega katastra.

Vsebina digitalnega arhiva vsebuje vse dokumente, ki se nanašajo na arhiv zemljiškega katastra. To so predvsem podatki o elaboratih, poleg tega pa arhiv vsebuje še zemljiško katastrske načrte (od formata A4 do A0) in indikacijske skice. Tehnološko je proces pretvorbe izveden postopno, tako da smo v prvi fazi (leta 2001) pripravili osnovne standarde (tehnične pogoje) za pretvorbo elaboratov (male meritve in nova izmera), v lanskem letu pa smo opredelili še tehnične pogoje za zemljiškokatastrske načrte.

V letošnjem letu pričakujemo poleg pretvorbe starih dokumentov tudi že vzdrževanje digitalnega arhiva (letno nastane okoli 30.000 novih elaboratov). Prav tako bomo letos pričeli z izdajanjem digitalnih podatkov na lokalni ravni.

S projektom posodobitve evidentiranja nepremičninskih evidenc (pogodba z izvajalcem je bila sklenjena oktobra 2003), ki je sofinanciran s strani Mednarodne banke za obnovo in razvoj predvidevamo tudi vzpostavitev centralne baze digitalnega arhiva zemljiškega katastra. Centralne baze nepremičninskih evidenc bodo preko distribucijske baze dostopne vsem državnim organom (podpora e-upravi), kot tudi vsem drugim institucijam, ki imajo pravico uporabe teh podatkov. Predvideno je, da bo projekt zaključen leta 2005.

#### *4.1 Tehnične definicije*

Osnovna izhodišča zasnove digitalnega arhiva so narekovala opredelitev tehničnih standardov za pretvorbo in uporabo podatkov. Ker so podatki zemljiškega katastra ena

temeljnih evidenc o zemljiščih mora imeti digitalna reprodukcija dokumenta – izdelana z obstoječo opremo, enako ločljivost kot jo ima originalni dokument. Arhiv zemljiškega katastra je zelo raznovrsten, vsebuje najrazličnejše dokumente od črno/belih dokumentov formata A4 do barvnih načrtov velikosti A0. Digitalna oblika teh dokumentov mora na eni strani omogočati kvalitetno reprodukcijo in na drugi morajo biti velikosti datotek primerne za vsakodnevno uporabo.

Da bi zadostili tem zahtevam smo pripravili standarde za pripravo digitalnih slik v obliki in zapisu, ki je brez izgube podatkov (loosless). Tako smo za vse rastrske slike opredelili ločljivost 300 pik na inčo (dpi). Pri čemer so črnobeli dokumenti zapisani eno-bitno, barvni pa 24 bitno (16 milijonov barv). Podatki s temi lastnostmi so zapisani v formatu TIFF, ki je kodiran z LZW algoritmom. Predstavljajo nam statični del arhiva, ki ni namenjen vsakodnevni uporabi. Podatki v obliki TIFF so zapisani na DLT-trakovih, ki se hranijo v centralnem arhivu na GU. Za dnevno uporabo podatkov je bilo potrebno poiskati način stiskanja, ki ima z vidika zemljiškega katastra najustreznejše lastnosti in najmanjšo izgubo podatkov (loosy). Preizkusili smo različne tehnologije stiskanja podatkov (JBig2, LuraVave, Jpeg2000, DjVu, MrSID) in se odločili za tehnologijo DjVu.

Prednosti tehnologije DjVu (LizatdTech) pred ostalimi so bile predvsem:

1. ustrezna kakovost stisnjenih slik,
2. majhne datoteke tako pri črnobelih kot pri barvnih slikah,
3. segmentacija barvnih datotek v tri sloje, kjer se slika segmentira v barvno ospredje, črno ospredje ter barvno ozadje,
4. zasnova segmentiranja omogoča hitrejši prenos podatkov po omrežju,
5. brezplačni pregledovalnik DjVu datotek (Plug-In), kot dodatek za internet brskalnike (MS Internet Explorer in Netscape).

Podatki v DjVu formatu so zapisani na CD-mediju in predani uporabnikom na izpostavah geodetskih uprav. Pregledovalnik DjVu datotek omogoča pregledovanje slik, premikanje po sliki, tiskanje in zapis slike v format BMP.

Ker je obseg podatkov zelo velik in vsebuje različne dokumente, ki nastajajo pri izvedbi tehničnih in upravnih postopkov v zvezi zemljišči, smo podatke o tehničnih postopkih – geodetska meritev, uredili v skupine. Oblikovali smo 15 skupin podatkov, ki razvrščajo dokumente malih meritev in nove izmere v skupine. Skupine so oblikovane predvsem na osnovi najpogostejše uporabe posameznih dokumentov na izpostavah geodetskih uprav.

Poleg elaboratov vsebuje arhiv zemljiškega katastra tudi zemljiškokatastrske načrte in indikacijske skice, ki prikazujejo spremembe parcelnega stanja skozi zgodovino. Kot je opisano v pogl. 1.1, so nekateri načrti že zelo stari in zahtevajo posebno pozornost pri pretvorbi v digitalno obliko. Zemljiškokatastrski načrti niso geokodirani za vsak list posebej, pač pa je prostorska lokacija določena posredno preko nomenklature lista. V ta namen smo pripravili 12 vektorskih mrež listov za celotno Slovenijo za vse koordinatne sisteme in merila v katerih so prikazani ti načrti. Vsak pravokotnik v določeni mreži ima informacijo o obstoju načrta. Vsak načrt je opisan tudi z informacijo o času. Vsi načrti, ki so bili uporabljani za vzpostavitev digitalnih katastrskih načrtov (DKN), imajo stanje 0. Starejši načrti pa imajo stanja od 1 naprej.

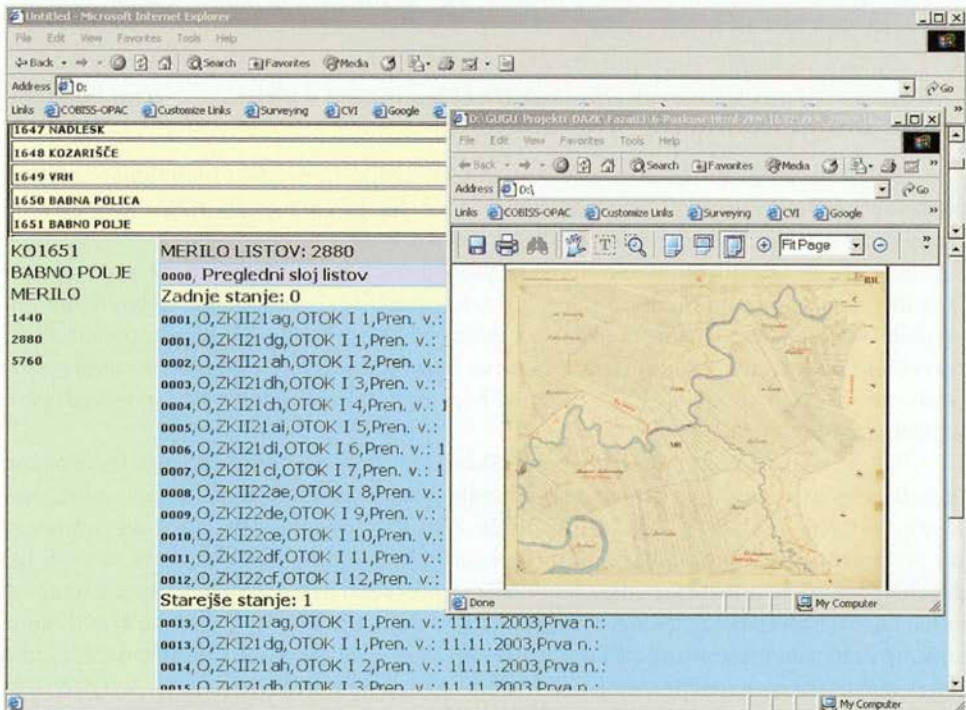


## 4.2 Proces pretvorbe

Sam proces pretvorbe klasičnih podatkov v digitalno obliko izvajajo zunanji izvajalci. Na izpostavah geodetskih uprav delavci po posebnih navodilih pripravijo podatke arhiva. Zunanji izvajalci v skladu s tehničnimi pogoji izvedejo celoten postopek pretvorbe gradiva iz klasične v digitalno obliko. Postopke kontrole izvajajo tako zunanji izvajalci, ki skrbijo za tehnično ustreznost digitalnih podatkov, kakor tudi delavci na izpostavah geodetskih uprav, ki poleg tehnične kakovosti preverjajo tudi vsebinsko ustreznost. Trenutno je v digitalni obliki več kot milijon dokumentov.

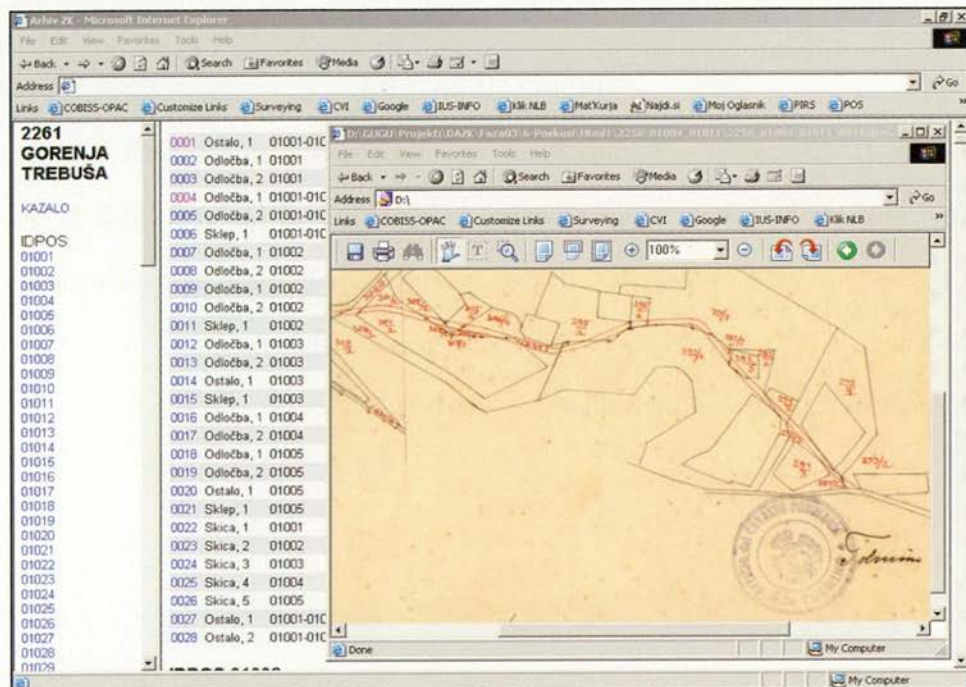
## 4.3 Uporabniška rešitev

Uporaba digitalnega arhiva temelji na drevesni strukturi zapisa podatkov. Podatki so zapisani v datotečni obliki s predpisano hierarhijo. Uporabniški vmesnik za delo s podatki je pripravljen v HTML obliki (v povezavi z DjVu vmesnikom) in omogoča hitro izbiro zelene katastrske občine in ustreznih digitalnih podatkov (načrtov ali podatkov iz elaborata geodetske meritve). Uporabniška rešitev je prilagojena delu na izpostavi geodetske uprave in omogoča tako izdajanje podatkov (npr. geodetskim podjetjem), kakor tudi vzdrževanje digitalnega arhiva.



Slika 1: Primer uporabe digitalne oblike zemljiškokatastrskih načrtov.

Ker predvidevamo, da bo v letu 2005 zaživila centralna baza nepremičnin z ustreznimi aplikacijsko podporo, trenutno na centralni ravni ne vzpostavljamo baze podatkov digitalnega arhiva. Tako na lokalni ravni tudi ni razvite nobene aplikacijske rešitve. Na slikah 1 in 2 sta prikazana primera pregledovanja podatkov digitalnega arhiva.



Slika 2: Primer uporabe digitalne oblike elaboratov.

## 5 ZAKLJUČEK

V letošnjem letu predvidevamo nadaljevanje izvajanja postopkov pretvorbe s postopnim posodabljanjem obstoječega procesa. Tako nameravamo izvesti pilotne projekte tekočega vzdrževanja vsebine digitalnega arhiva s strani geodetskih uprav in geodetskih izvajalcev. Prav tako predvidevamo izvedbo izdajanja podatkov iz digitalnega arhiva v tistih izpostavah, ki imajo v digitalni obliki celoten arhiv.

Arhiv Slovenije ima v svoji zbirki gradiva tudi originale franciskeyskega katastra. To gradivo je nastajalo od leta 1818 do 1828. Na arhivu Slovenije so že izvedli pretvorbo podatkov v digitalno obliko – v letu 2002 so imeli v digitalni obliki 28.000 listov (obseg 72 GB). Ker je to gradivo uporabno tudi pri nekaterih postopkih v zvezi z urejanjem mej nameravamo izvesti pilotni projekt povezave med digitalnima arhivoma (povezava nomenklatur listov).

Projekt pretvorbe podatkov zemljiškega katastra bo pridobil pravo uporabnost šele z nastavitvijo centralne baze na Glavnem uradu GU. Z razvojem aplikativne programske



rešitve, ki bo omogočala povezavo podatkov arhiv z standardnimi postopki pri urejanju mej (npr. postopki v delovodniku), bo digitalni arhiv pridobil ustrezno funkcionalnost in pomen. Z združevanjem podatkov arhiva z geokodiranimi sloji, ki jih vzdržuje Geodetska uprava RS (npr. DKN, DOF, mreže listov ipd.), bodo informacije, ki jih bo možno na ta način pridobiti, bistveno olajšale vsakodnevno delo v zvezi z urejanjem mej.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Boldin, D. 2004: ZKN – del digitalnega arhiva. Geodetski vestnik, letnik 48, št 1, str. 78–83. Ljubljana.
- Dobernik, M. 2002: Reproduciranje franciscejskega katastra. Arhivi XXV, št 2. Ljubljana.
- Geodetski inštitut Slovenije 2001: Pretvorba arhiva zemljiškega katastra v digitalno obliko. Ljubljana.
- McKinley, T. 1997: From Paper to Web. Adobe Press. 1st edition.
- Medmrežje 1: <http://www.lizardtech.com> (5. 5. 2004).
- Medmrežje 2: <http://www.sigov.si/ars> (5. 5. 2004).

# DIGITALNI KATASTRSKI NAČRTI IN NJIHOVA IZBOLJŠAVA

Marina Korošec\* in Sandi Berk\*\*

UDK: 528.44:004(497.4)

## **Izvleček**

### **Digitalni katastrski načrti in njihova izboljšava**

Na podlagi zajema katastrskih načrtov in izvedene transformacije so bili izdelani digitalni katastrski načrti, ki zvezno pokrivajo območje Republike Slovenije v enotnem koordinatnem sistemu. Digitalni katastrski načrti predstavljajo poenoten grafični del zbirke podatkov zemljiškega katastra. Analogni katastrski načrti bodo v obliki skanogramov spravljani v digitalni arhiv, kjer bo omogočeno sistemsko pregledovanje teh načrtov. Že ob sami izdelavi digitalnih katastrskih načrtov je bila odpravljena vrsta sistematičnih in logičnih napak. Z uporabo načrtov v digitalni obliki, skupaj z drugimi prostorskimi sloji, je mogoče pridobiti nove informacije, ob tem pa se pokažejo tudi nesoglasja, ki so rezultat različnih metod, natančnosti, namenov in interesa vodenja te zbirke skozi zgodovino. Pokazala se je potreba po izboljšavi položajne natančnosti digitalnih katastrskih načrtov. Predstavljene so metode njihove izboljšave glede na značaj posega in način izvedbe ter primernost uporabe posameznih metod na nekaterih karakterističnih območjih.

## **Ključne besede**

digitalna zbirka podatkov zemljiškega katastra, digitalni katastrski načrt – DKN, izboljšanje kakovosti podatkov, položajna natančnost

## **Abstract**

### **Digital cadastral maps and their improvement**

Through the acquisition of cadastral maps and their transformation, digital cadastral maps were made in the unified coordinate system for the whole territory of the Republic of Slovenia. Digital cadastral maps are now uniformed graphical data as a constituent part of the digital cadastral database. Analogous cadastral maps in the form of scanned data will be stored into the digital archives, where the review will still be possible. Many systematical and also logical errors were eliminated during the production of digital cadastral maps. Using them in the digital form and together with various spatial data, some new information became available. In this way some disagreements turned up, as a result of various methods with different precision, purpose and interest to manage the database during the history. The need for improvement of positional accuracy of digital cadastral maps became evident. The methods of improvement with regard to the character of operation, the way of realization, and the suitability for use are presented, taking into account some characteristic regions.

## **Keywords**

data quality improvement, digital cadastral database – DCDB, digital cadastral map, positional precision

\* Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska ulica 12, 1000, Ljubljana, marina.korošec@gov.si

\*\* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, sandi.berk@geod-is.si



## 1 UVOD

Katastrski načrti so osnova za varovanje stvarnih in drugih pravic na nepremičninah, obdavčenje nepremičnin, nadzor trga nepremičnin, podporo aktivnostim v kmetijstvu in gozdarstvu, ravnanje z naravnimi viri in premoženjem, podporo prostorskemu načrtovanju in ne nazadnje statističnim obdelavam. Načrti služijo kot enotna podlaga za podatke o prostoru.

Z vzpostavitvijo digitalnih katastrskih načrtov se je zaradi enostavnosti uporabe teh podatkov število različnih uporabnikov in s tem tudi raznolikost same uporabe močno povečala. Tako so se pojavile tudi dileme v zvezi s kakovostjo teh podatkov, pogosto kot posledica napačne interpretacije geometričnih podatkov, ko se te obravnava kot neodvisen sloj, torej ob neupoštevanju vseh ostalih podatkov zemljiškega katastra. Osnovna pokazatelja kakovosti digitalnih katastrskih načrtov sta *ažurnost podatkov zemljiškega katastra* ter njihova *položajna natančnost*.

Razlogi za neažurnost podatkov grafičnega dela zbirke so bodisi neizpeljani postopki (izmera dolžinskih objektov, komasacije), ali pa je uživanje nepremičnine v naravi drugačno, kot to izkazuje stanje v uradni zbirki podatkov. Ugotovljeno je, da lastniki parcel ne vložijo vedno zahteve za ureditev mej parcel, čeprav jih uživajo drugače, npr. na podlagi medsebojnih dogovorov, ali pa že dolgoletnega ustnega izročila. Takih primerov je sicer vedno manj, so pa še dokaj pogosti.

Slaba položajna natančnost katastrskih načrtov (natančnost položajev glede na državni koordinatni sistem) je posledica zgodovine nastanka katastrskih načrtov ter postopkov njihovega vzdrževanja. Vsebina katastrskih načrtov grafične izmere prvotno ni bila kartirana v nobeni kartografski projekciji. Matematična stroga zveza za prehod v državni koordinatni sistem torej ne obstaja. Poleg tega je treba upoštevati še instrumentarij in metode izmere, ki so bile uporabljene za vzpostavitev izvornih katastrskih načrtov in so se spreminjale skozi čas.

Položajno natančnost veljavnih katastrskih načrtov je mogoče izboljšati na več načinov, ki so predstavljeni v tem članku.

## 2 ANALOGNI ZEMLJIŠKOKATASTRSKI NAČRTI IN PREHOD NA DIGITALNE KATASTRSKE NAČRTE

Slovenijo je pokrivalo 19347 zemljiškokatastrskih načrtov v različnih merilih, izdelanih z različnimi merskimi metodami in v različnih koordinatnih sistemih.

Leta 1991 je Geodetska uprava Republike Slovenije pričela izvajati projekt Digitalni zemljiški kataster, ki je bil zamišljen kot povezava atributnega in grafičnega dela zbirke podatkov zemljiškega katastra. Projekt se je leta 1995 nadaljeval kot Projekt izdelave digitalnih katastrskih načrtov in leta 1999 postal del Projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin, ki je bil na področju zemljiškega katastra zaključen konec leta 2002. Cilj take posodobitve je bila zagotovitev podatkov zemljiškega katastra v enotnem koordinatnem sistemu. Obenem je to velik korak k povezljivosti zbirk prostorskih podatkov.

Izdelava digitalnih katastrskih načrtov je obsegala:

- fazo zajema (priprava zemljiškokatastrskih načrtov, skaniranje, vektorizacija skanogramov, kontrolni izrisi, usklajevanje in ponovno vzdrževanje digitalnih katastrskih načrtov, pregled skaniranja in vektorizacije) ter
- fazo transformacije (priprava podatkov, usklajevanje in ponovno vzdrževanje med območji zajema digitalnih katastrskih načrtov, pregled transformacij in usklajevanja meja).

Digitalni katastrski načrti so bili izdelani z enako položajno natančnostjo kot izvorni načrti. Njihova natančnost je torej odvisna od metode izmere ter merila izvornega načrta.

Sočasno z vzpostavitvijo enotne podatkovne zbirke grafičnega in pisnega dela zbirke zemljiškega katastra so bile izvedene kontrole ujemanja parcelnih števil, odpravljene so bile tudi nekatere grobe napake v površinah parcel. Digitalni način vodenja in vzdrževanja zbirke je omogočil izvedbo analiz kakovosti podatkov zemljiškega katastra, ki se nanašajo na evidentiranje oblike, velikosti, položaja in orientacije parcel v prostoru. Celovita analiza kakovosti podatkov zemljiškega katastra je bila izvedena v okviru projekta Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) Konkurenčnost Slovenije 2001–2006 z naslovom Postopki izboljšave podatkov zemljiškega katastra.

### *2.1 Uveljavitev digitalnih katastrskih načrtov*

Za uveljavitev digitalnih katastrskih načrtov za določeno katastrsko občino mora biti izdan sklep o uveljavitvi katastrskih načrtov, ki je objavljen v Uradnem listu Republike Slovenije. Pogoji za uveljavitev, na podlagi katere se začnejo digitalni katastrski načrti uporabljati kot uradni grafični prikaz podatkov zemljiškega katastra, so naslednji:

- digitalni katastrski načrt mora biti izdelan za območje cele katastrske občine;
- digitalni katastrski načrt mora biti izdelan v državnem koordinatnem sistemu;
- parcele oz. parcelni deli morajo homogeno in zvezno pokrivati območje cele katastrske občine;
- meje katastrske občine, katere digitalni katastrski načrt se uveljavlja, morajo biti usklajene z mejami vseh sosednjih katastrskih občin;
- podatki o parcelah morajo biti usklajeni v pisnem in grafičnem delu zemljiškega katastra;
- vzpostavljena mora biti zbirka elaboratov in zemljiškokatastrskih točk.

Analogni zemljiškokatastrski načrti postanejo z dnem začetka uradne uporabe digitalnega katastrskega načrta sestavni del arhiva zemljiškega katastra. V letu 2004 ostaja neuveljavljenih okoli 5 % katastrskih občin.

### *2.2 Izvedba ocene kakovosti digitalnih katastrskih načrtov*

Kakovostni digitalni katastrski načrti zahtevajo ohranjanje oblike, velikosti in orientacije osnovne enote, tj. parcele, in ohranjanje lastninskopravnih razmerij. Pri presoji

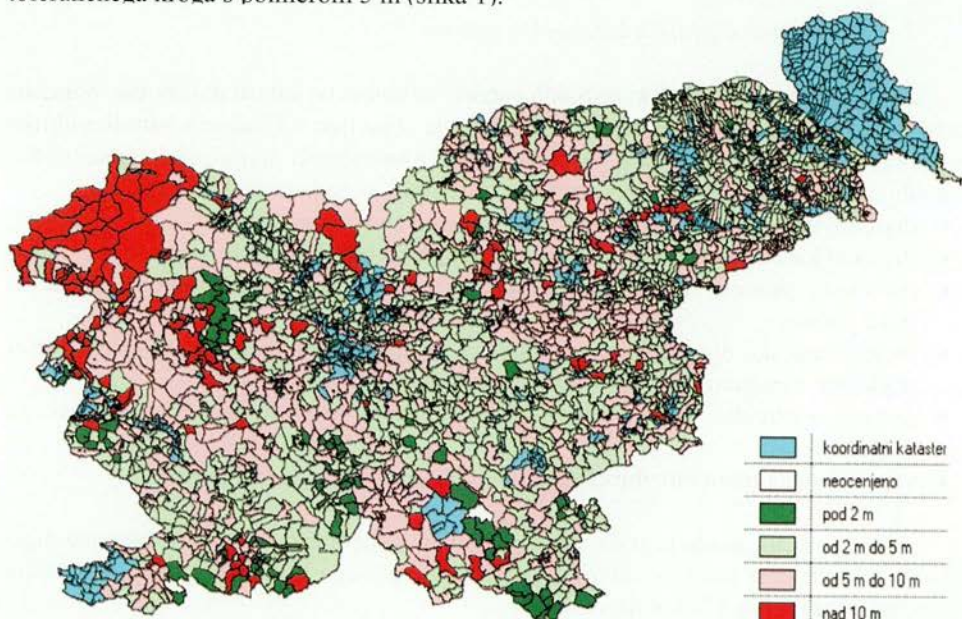


kakovosti digitalnih katastrskih načrtov je bila položajna natančnost mejnih točk opisana s tremi atributi, in sicer:

- kakovost vklopa v enoten koordinatni sistem (s pomočjo transformacijskih točk),
- ujemanje po transformaciji (s pomočjo kontrolnih točk) in
- odstopanje na osnovi izmerjenih zemljiškokatastrskih točk.

Položajno kakovost katastrskih podatkov bi sicer najbolj zanesljivo ugotovili na podlagi ponovnih meritev in primerjave z obstoječimi numeričnimi oz. grafičnimi podatki. Vendar takšne meritve pomenijo precejšnjo finančno obremenitev, zato je tak način preverjanja kakovosti uporaben le v nekaterih posameznih primerih. Za celovito analizo na nivoju države pa so bili uporabljeni vsi ostali razpoložljivi podatki, in sicer podatki točk in smernih vektorjev iz elaboratov transformacij digitalnih katastrskih načrtov, celotne zbirke zemljiškokatastrskih točk ter digitalnih ortofotoposnetkov.

Vizualna ocena položajne natančnosti, ki je bila tudi izvedena na območju cele države, ni bila vključena v končno analizo, ker je vsebovala premočan subjektivni faktor. Končna analiza je pokazala, da je približno 75 % katastra v Sloveniji zadovoljive kakovosti, in sicer tako glede ažurnosti podatkov zbirke zemljiškega katastra, kot tudi glede položajne natančnosti. Oznaka »zadovoljiva kakovost« v tem primeru pomeni, da je opredeljeno dovoljeno odstopanje položajev točk glede na državni koordinatni sistem znotraj tolerančnega kroga s polmerom 5 m (slika 1).



Slika 1: Ocena položajne natančnosti digitalnih katastrskih načrtov po delih katastrskih občin (območjih zajema).

Seveda pa so zahteve različnih uporabnikov večje, zato bodo na območjih slabše kakovosti izvedene izboljšave digitalnih katastrskih načrtov.

### 2.3 Digitalni katastrski načrti kot del sistema zemljiškega katastra

Digitalna oblika vzpostavitve in vzdrževanja celotne zbirke zemljiškega katastra odpira široke možnosti uporabe in povegljivosti teh podatkov z drugimi zbirkami podatkov.

Cilj projekta prenove informacijskega sistema vodenja nepremičninskih zbirk podatkov je izdelati enotno internetno/intranetno aplikacijo za zemljiški kataster, kataster stavb in register prostorskih enot, ki bo omogočala popolno poslovanje, kar pomeni vodenje in vzdrževanje zbirk, vodenje upravnih postopkov in izdajanje podatkov ter vpogledovanje v zbirke podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije. Izvedba med drugim zahteva:

- povezavo zbirk podatkov,
- izdelavo zbirke gostujočih podatkov in pravnih režimov,
- vzpostavitev neposrednih računalniških povezav z nekaterimi registri (centralni register prebivalstva, zemljiška knjiga, poslovni register),
- vodenje vseh podatkov v centralnih bazah,
- vzdrževanje distribucijskih podatkovnih zbirk ter
- zanesljivost in varnost uporabe in vzdrževanja podatkov.

Aplikacija naj bi omogočala tudi vpogledovanje v digitalni arhiv.

## 3 IZBOLJŠAVA KAKOVOSTI DIGITALNIH KATASTRSKIH NAČRTOV

V primerih, ko na posameznih območjih ne bodo izvedene nove terenske meritve, položajna natančnost digitalnih katastrskih načrtov pa večini uporabnikov ne bo zadoščala, bo položajno natančnost mogoče izboljšati na več načinov. Odločilna pri tem je seveda trenutna kakovost podatkov. Digitalne katastrske načrte lahko razdelimo na območja različnih kategorij, in sicer glede na sledeče pokazatelje kakovosti:

- glede na stopnjo absolutne položajne natančnosti,
- glede na stopnjo relativne položajne natančnosti ter
- glede na stopnjo ažurnosti vsebine (ujemanje potekov meja z dejanskim stanjem).

Podrobna analiza obstoječe kakovosti digitalnih katastrskih načrtov na danem območju je predpogoj za optimalno izbiro metode izboljšanja. Seveda pa pri izbiri metode igrajo pomembno vlogo tudi sredstva, ki so na voljo (torej potreba oz. interes, da se stanje izboljša), pomembna pa je tudi časovna komponenta izvedbe izboljšave.

### 3.1 Izhodišča in zahteve pri izbiri metod izboljšanja

Osnovna izhodišča pri izbiri metod izboljšanja so:

- ohranitev uradnosti podatkov,
- zagotovitev zveznosti sloja digitalnih katastrskih načrtov ter
- zagotovitev sledljivosti postopkov.



Metode izboljšanja morajo zagotoviti nadzorovane postopke, ki zagotavljajo sledljivost izboljšanja kakovosti podatkov. V največji možni meri se morajo ohraniti relativni odnosi grafične vsebine, izboljša pa se absolutna položajna natančnost mejnih točk. V tem smislu obravnavamo metode izboljšanja za tehnične postopke, spremljajoče terenske meritve (če so potrebne) pa za tehnično izmero. Metode izboljšanja ne smejo povzročiti topoloških nepravilnosti, nastanka špranj, prav tako ne sme priti do prekrivanja vsebin. Vse posege izboljšave je treba evidentirati na način, ki omogoča vrnitev načrtov v prvotno stanje.

### 3.2 Razvrstitev metod izboljšanja

Metode izboljšanja digitalnih katastrskih načrtov lahko razdelimo na dva načina. Osnovna delitev metod izboljšanja je delitev glede na *značaj posega* v vsebino digitalnih katastrskih načrtov. Druga delitev, ki je prav tako pomembna, saj je v tesni povezavi s količino sredstev, ki jih bo treba zagotoviti, pa je delitev glede na *način izvedbe*.

#### 3.2.1 Metode izboljšanja glede na značaj posega

Metode izboljšanja digitalnih katastrskih načrtov glede na značaj posega razdelimo na matematične metode, metode vklopa in mozaične metode.

*Matematične metode* so metode, katerih osnovna značilnost je eksaktnost posega; vsebino digitalnih katastrskih načrtov spreminjamo po natančno določenem postopku transformacije; za poseg uporabimo izbrani niz transformacijskih točk; vrsta uporabljene transformacije in uporabljeni niz parov transformacijskih točk enolično določata učinek transformacije, prav tako pa omogočata tudi prehod v prvotno stanje. Druga bistvena lastnost matematičnih metod je, da uvajajo samo položajne spremembe, ne pa vsebinskih.

*Metode vklopa* so metode, katerih osnovna je nova izmera dela oz. večih delov območja posega; lahko gre za posamezno parcelacijo, ki jo vklopimo v digitalni katastrski načrt, sklop parcelacij in podobno. Metode vklopa so praviloma kombinirane z drugimi metodami zaradi uskladitve vsebine na obodih novoizmerjenih delov digitalnih katastrskih načrtov. Druga bistvena lastnost teh metod je, da lahko uvajajo tudi vsebinske spremembe na načrtih, kar je pomembno pri povezavi z atributnim delom zbirke podatkov zemljiškega katastra.

*Mozaične metode* so metode, katerih osnova je premikanje posameznih točk digitalnega katastrskega načrta – običajno z ročnimi posegi (npr. odprava odstopanj na zemljiškokatastrskih točkah); pri tem se skupaj z lomno oz. tro-/več- mejno točko premaknejo tudi krajišča mejnih črt, ki se stikajo v dani točki (druga krajišča teh mejnih črt ostanejo nepremična). Običajno se te metode uporabljajo v kombinaciji z drugimi metodami, npr. evklidsko (translacija in/ali rotacija), podobnostno ali kako drugo transformacijo delov vsebine (npr. pravokotizacija stavb).

#### 3.2.2 Metode izboljšanja glede na način izvedbe

Metode izboljšanja digitalnih katastrskih načrtov glede na način izvedbe razdelimo na pisarniške metode, terenske metode in metode daljinskega zaznavanja.

*Pisarniške metode* so metode, pri katerih uporabimo že obstoječe podatke oz. nove interpretacije obstoječih podatkov (npr. identifikacija točk na digitalnih ortofotoposnetkih, stereoisvrednotenje); praviloma gre za odpravljanje položajnih odstopanj, kar dosežemo z matematičnimi ali mozaičnimi metodami, fotogrametrične metode nove izmere pa zahtevajo metodo vklopa.

*Terenske metode* so metode, pri katerih za izboljšanje digitalnih katastrskih načrtov pridobivamo nove podatke neposredno na terenu; lahko gre za večja ali manjša območja nove katastrske izmere na terenu (npr. posamezne parcelacije), terenske domeritve za zgostitev transformacijskih točk ali terensko identifikacijo. Dejansko gre za terensko-pisarniške metode, saj postopek izboljšave digitalnih katastrskih načrtov nujno vključuje tudi izvedbo v pisarni.

*Metode daljinskega zaznavanja* so metode, pri katerih za izboljšanje digitalnih katastrskih načrtov pridobivamo nove podatke, vendar se od terenskih metod izmere ločijo po tem, da ni neposrednega stika z merjenim objektom; samo izmero predstavlja izvrednotenje in zajem detajla (poteka meja), ki se izvaja v pisarni. V praksi so tudi te metode večinoma kombinirane s terenskimi (npr. izmera ali vsaj signalizacija oslonilnih točk, kontrolne meritve ipd.).

*Kombinirane metode* so kombinacije vseh omenjenih metod in so v praksi najbolj pogoste. Ime kombinirana metoda uporabimo predvsem v primeru, ko na izbranem območju posega ni ene same prevladujoče metode.

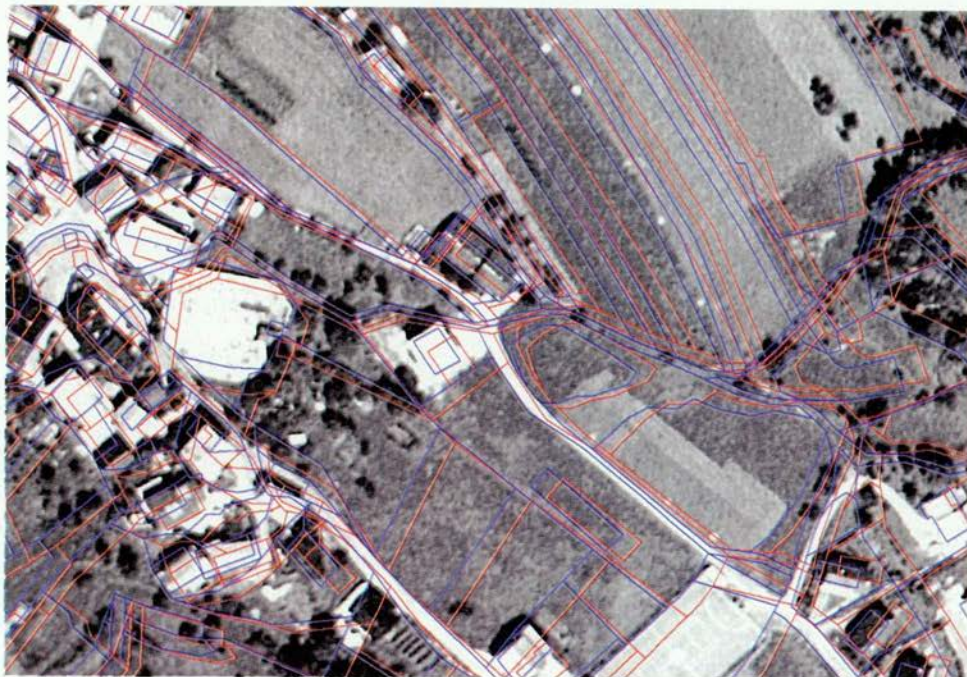
### 3.3 Izbira ustreznih metod izboljšanja

Pri izbiri metod izboljšanja digitalnih katastrskih načrtov težimo k temu, da so čim cenejše in čim enostavnejše. Najcenejše metode izboljšanja digitalnih katastrskih načrtov so metode ponovne transformacije z uporabo obstoječih podatkov (zemljiškokatastrskih točk, geodetskih točk, točk identificiranih na digitalnih ortofotoposnetkih). Te izvajamo na območjih, kjer imamo težave z absolutno natančnostjo digitalnih katastrskih načrtov, izpolnjen pa mora biti še pogoj, da imamo na voljo dovolj ustrezno razporejenih točk za transformacijo. Če ta dodatni pogoj ni izpolnjen, uporabimo metode ponovne transformacije, v kombinaciji s terenskimi domeritvami. V primeru, ko je poleg absolutne položajne natančnosti slaba tudi relativna položajna natančnost (posledica napak pri izmeri in/ali vzdrževanju) ali pa je problem v neažurnosti vsebine, pa pridejo v poštev kombinirane metode in v najslabšem primeru nova izmera.

### 3.4 Testiranje metod izboljšanja

V iskanju optimalnih metod izboljšanja kakovosti podatkov zemljiškega katastra so bile doslej testirane predvsem matematične metode – metode ponovnih transformacij digitalnih katastrskih načrtov (slika 2).





Slika 2: Primer izboljšanja položajne natančnosti digitalnega katastrskega načrta; rdeče je stanje pred, modro pa stanje po ponovni transformaciji.

Rezultat testiranj matematičnih metod (Berk et al. 2003a, Berk et al. 2003b), predvsem testiranj trikotniško zasnovane odsekoma afine transformacije (trikotniške transformacije), ki se je izkazala za najbolj učinkovito, je opredelitev kriterijev uporabe, ki se nanašajo na:

- določanje območja transformacije,
- izbiro transformacijskih točk,
- način izvedbe transformacije ter
- presojo ustreznosti izvedene transformacije.

Z izvedenimi testiranj trikotniške transformacije smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- s to metodo *lahko rešujemo* predvsem večje sistematične zamike vsebine digitalnih katastrskih načrtov; nesistematični zamiki (z vektorji odstopanj v različnih smereh) so težje obvladljivi oz. povzročijo pojav večjih deformacij vsebine, kar pomeni izgubo pravokotnosti stavb, izgubo podobnosti oblik parcel in večje spremembe površin,
- metoda je *primerna* predvsem za večja območja katastrskih občin, z enakim trendom in velikostjo odstopanj,
- metoda je primerna za ruralna območja z manjšimi naselji in brez intenzivnega obnavljanja podatkov o poteku meja,

- metoda je (brez dodatnih terenskih meritev) *primerna* predvsem za območja, kjer je na voljo dovolj zemljiškokatastrskih točk, ki so tudi enakomerno razporejene po celotnem območju transformacije (homogena struktura),
- metoda *ni primerna* na urbanih območjih z intenzivnim vzdrževanjem podatkov o poteku meja, kjer imamo lahko sicer veliko zemljiškokatastrskih točk, vendar z »navzkrižnimi odstopanji«,
- uporaba metode *ni smiselna* na območjih, kjer je absolutna položajna natančnost mejnih točk v načrtu boljša od 2 m.

#### 4 SKLEP

Krog uporabnikov katastrskih načrtov se je skozi zgodovino precej spreminjal, v današnjem času pa bi te podatke želeli uporabljati praktično vsi, katerih delo je kakorkoli povezano s prostorom. Bolj ko bodo ti podatki vsebinsko ažurni in položajno natančni, večji bo krog uporabnikov. Šele kakovostne zbirke podatkov o nepremičninah omogočijo tudi njihovo optimalno izrabo, zato je kakovost teh zbirk v interesu lokalnih skupnosti in države. Kakovostne zbirke podatkov o nepremičninah omogočajo usklajenost pri urejanju prostora in nudijo ustrezno podporo pri odločanju.

Projekt za opredelitev metod in postopkov izboljšave digitalnih katastrskih načrtov, ki se končuje v letu 2004, vključuje tudi testiranje kombinirane metode izboljšave. Končni cilj projekta je opredelitev metod, ki bodo na optimalni način omogočale izvedbo izboljšave digitalnih katastrskih načrtov in s tem zadostile potrebam čim širšega kroga uporabnikov.

Naročnik CRP-projekta z naslovom »Postopki izboljšave podatkov zemljiškega katastra« je Geodetska uprava Republike Slovenije, sofinancira pa ga tudi Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport.

#### LITERATURA IN VIRI:

- Berk, S., Logar, M., Maligoj, M., Mavec, S., Pegan Žvokelj, B., Rosulnik, P., Triglav, M., Vraničar, I., Žnidarič, J. 2003a: Ocena kakovosti podatkov zemljiškega katastra. Elaborat, Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Berk, S., Bovha, D., Ferlan, M., Kovačič, M., Mahnič, G., Mivšek, E., Pegan Žvokelj, B., Rosulnik, P., Skok, I., Stopar, B., Triglav Čekada, M., 2003b: Postopki izboljšave podatkov zemljiškega katastra. Letno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela, Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana





# INFRASTRUKTURA PROSTORSKIH PODATKOV MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Jurij Stare\*

UDK: 91:659.2:004(497.4 Ljubljana)

## **Izvleček**

### **Infrastruktura prostorskih podatkov Mestne občine Ljubljana**

S prispevkom želimo predstaviti prizadevanja Mestne občine Ljubljana (MOL) za izgradnjo, rešitev in način reševanja problematike infrastrukture prostorskih podatkov. Mesto Ljubljana, katere naslednik je MOL, že od leta 1992, skuša sistemsko reševati problematiko prostorskih podatkov. Od takrat je prišlo do velikih sprememb, tako v zmogljivosti tehnoloških rešitev, kakor tudi v potrebah. Trenutna inštalacija obsega že več kot 34 delovnih mest, opremljenih z orodji za obdelavo prostorskih podatkov, ki uporabljajo prostorsko podatkovno bazo veliko 500 GB, datotečni sistemi pa presegaajo 2 TB.

## **Ključne besede**

Infrastruktura prostorskih podatkov, geografski informacijski sistem

## **Abstract**

### **Spatial data Infrastructure of Ljubljana municipality**

With this article we wish to show efforts of municipality of Ljubljana to construct solutions and the way of solving problems of spatial data infrastructure. Since 1992 the municipality of Ljubljana, the successor of Ljubljana city, has been trying to systematically solve the problem of spatial data. Since then there have been many changes in the field of technical solutions as well as in our demands. Our current installation consists of 34 workstations, which are equipped with tools for working with spatial data, which use a database 500GB in size while the file system is over 2TB in size.

## **Keywords**

Spatial data infrastructure, geographical information system

## 1 UVOD

Oddelek za urbanizem je le ena organizacijska enota v sestavi Uprave Mestne občine Ljubljana, vendar je zaradi svoje funkcije že po naravi prostorsko naravnana in se zato že ves čas ukvarja s prostorskimi podatki in informacijskimi sistemi. S tem prispevkom skušamo to problematiko osvetliti tudi širše, torej kako je z infrastrukturo na celi občini.

V prispevku bomo predstavili naslednje štiri sklope:

1. Organizacijske enote MOL
2. Arhitekturo računalniškega omrežja
3. Arhitekturo programske opreme
4. Skupno bazo prostorskih podatkov

\* Mestna občina Ljubljana, Oddelek za urbanizem, Poljanska 28, 1000 Ljubljana, jurij.stare@ljubljana.si



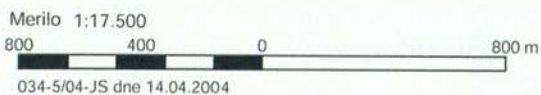


**MESTNA OBČINA LJUBLJANA**  
**Mestna uprava**  
**ODDELEK ZA URBANIZEM**  
 Poljanska cesta 28, P.p.25  
 1001 Ljubljana



01-3061542  
 01-3061552  
 01-3061557  
[urbanizem@ljubljana.si](mailto:urbanizem@ljubljana.si)  
[www.ljubljana.si](http://www.ljubljana.si)

Razporeditev organizacijskih enot MOL, ki uporabljajo geoinformacijsko infrastrukturo



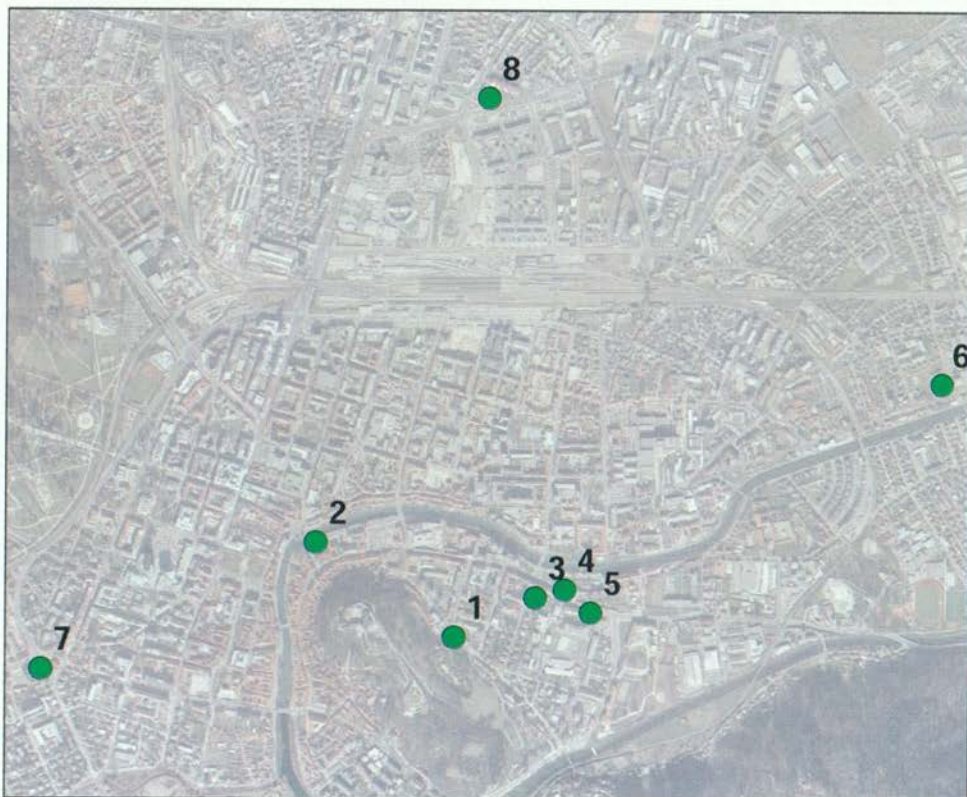
Legenda

Ortofoto 2003



● Lokacije organizacijskih enot

ID	Organizacijska enota	Ime ulice	h. št.
7	OGJSP	TRG MLADINSKIH DELOV. BRIGAD	7
3	JSS, OGD	ZARNIKOVA ULICA	3
2	OGN	ADAMIČ-LUNDRHOVO NABREŽJE	2
1	CI	STRELIŠKA ULICA	14
4	OGZ	AMBROŽEV TRG	7
5	OU	POLJANSKA CESTA	28
6	MI	PROLETARSKA CESTA	1
8	ZVO, ZZR	LINHARTOVA CESTA	13



Slika 1: Razporeditev organizacijskih enot MOL, ki uporabljajo skupno občinsko geoinformacijsko infrastrukturo.

## 2 ORGANIZACIJSKE ENOTE MOL

Mestna uprava Mestne občine Ljubljana je organizacijsko razdeljena v več organizacijskih enot. Deset enot pri svojem delu uporablja geoinformacijsko infrastrukturo. Zaradi dislociranih oddelkov (slika 1) je za vse oddelke relativno težko zagotavljati računalniške zmogljivosti, ki bi bile locirane na centralnem mestu. Zato se centralno rešuje zagotavljanje računalniških zmogljivosti predvsem na organizacijskem nivoju, za katerega je zadolžen Center za informatiko. Nekatere organizacijske enote, tudi Oddelek za urbanizem, imajo svojo podenoto za informatiko za reševanje lokalnih potreb.

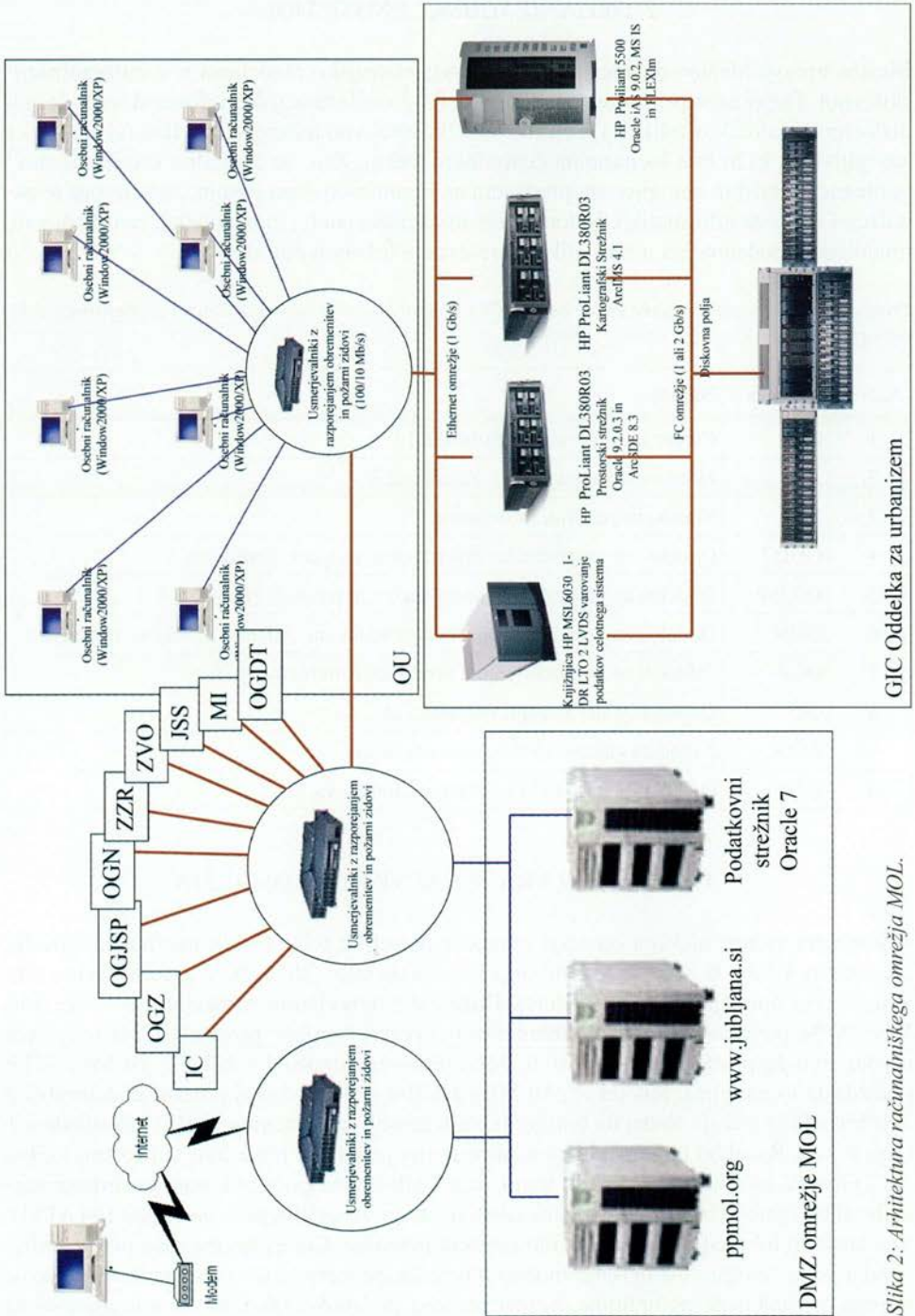
*Preglednica 1: Organizacijske enote enot MOL, ki uporabljajo skupno občinsko geoinformacijsko infrastrukturo.*

Zap. št.	Oddelek	Naslov
1.	CI	Center za informatiko, Streliška 14
2.	JSS	Javni stanovanjski sklad, Zarnikova 3
3.	MI	Mestna inšpekcija, Proletarska 1
4.	OGDT	Oddelek za gospodarske dejavnosti in turizem, Zarnikova 3
5.	OGJSP	Oddelek za gospodarske javne službe in promet, Trg MDB 7
6.	OGN	Oddelek za gospodarjenje z nepremičninami, Adamič Lundrovo nabrežje 2
7.	OGZ	Oddelek za gospodarjenje z zemljišči, Ambrožev trg 7
8.	OU	Oddelek za urbanizem, Poljanska 28
9.	ZVO	Zavod za varstvo okolja, Linhartova 13
10.	ZZR	Oddelek za zaščito in reševanje, Linhartova 13

## 3 ARHITEKTURA RAČUNALNIŠKEGA OMREŽJA

Arhitektura računalniškega omrežja izhaja iz potreb in tehnoloških možnosti. Ogrodje predstavlja WAN, ki pokriva večino organizacijskih enot (slika 2). V začetni fazi je bila zmogljivost omrežja majhna (2 Mb/s). Danes se pripravljamo zamenjati obstoječe 144 Mb/s ATM povezave z 1 Gb/s Ethernet povezavami (optične povezave). Na lokalnem nivoju smo že povsod nadomestili 10 Mb/s Ethernet koaksialni kabel z 10 Mb/s UTP (zvezdasta topologija). Stikala oz. 10 Mb/s HUB-e smo že skoraj povsod nadomestili z 100 Mb/s UTP stikali. Sedaj na bolj prometnih mestih že zamenjujejo 100 Mb stikala z 1 Gb/s stikali. Ponekod imamo tudi na lokalnem nivoju optične povezave s hitrostmi 1 Gb/s oz. 2 Gb/s. V začetku 90-tih je bilo jasno, da s 2 Mb/s ni mogoče pokrivati geoinformacijskih zahtev, zato je bilo že takrat treba iskati rešitve v zmogljivejšem omrežju (144 ATM). Vendar je to bilo tedaj za celo občino povsem nerealno. Cene opreme niso ravno padle, vendar se je zmogljivost opreme močno povečala (procesna moč računalnikov, velikost hitrega in zunanega pomnilnika, hitrost prenosa podatkov) tako, da so zmogljivosti že take, da lahko načrtujemo tudi mrežne rešitve geoinformacijskih problemov.

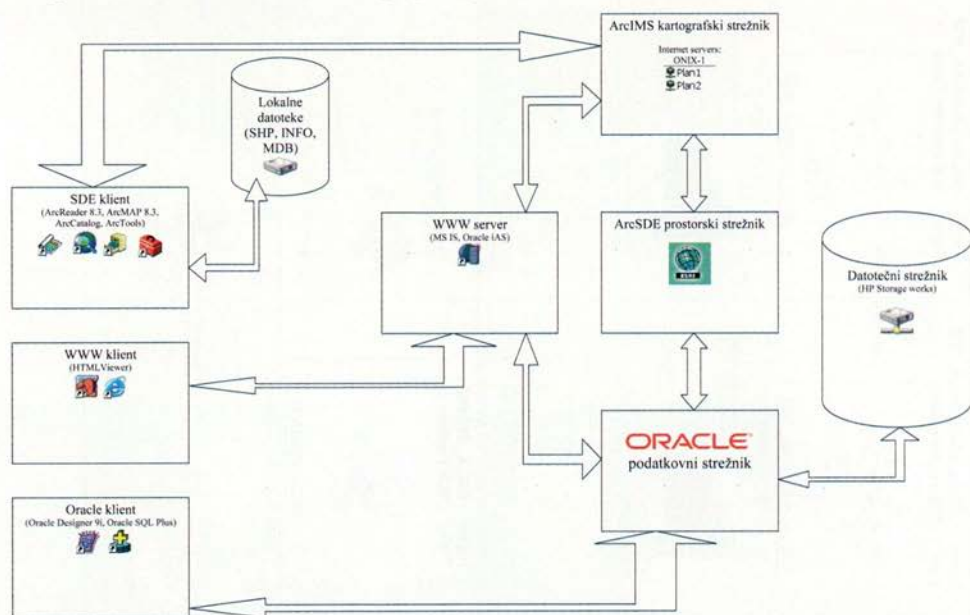




Slika 2: Arhitektura računalniškega omrežja MOL.

#### 4 ARHITEKTURA PROGRAMSKE OPREME

Podobno kot strojna oprema, je tudi programska oprema za podporo geoinformacijskim nalogam zahtevnejša od običajne (slika 3). Predvsem ni mogoče dobiti ustreznih rešitev od istega proizvajalca. Za naše potrebe smo se odločili za kombinacijo Oracle, Microsoft in ESRI, ki se nam zdi dovolj fleksibilna in zanesljiva, s čimer pokrijemo velike baze podatkov za grafične vektorske in rastrske podatke, vnos in analizo, avtomatizacijo postopkov in kartografijo. Majhna občina verjetno lahko vse naloge zaupa zunanjemu izvajalcu, za MOL pa to enostavno ni racionalno. Posamezne naloge se lahko zaupajo zunanjim izvajalcem, celotne infrastrukture pa prav gotovo ne.

















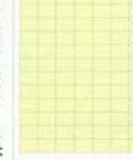
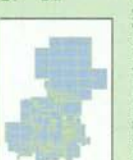




Slika 3: Arhitektura programske geoinformacijske podpore MOL.

#### 5 SKUPNA BAZA PROSTORSKIH PODATKOV

Skupna geoinformacijska podpora oddelkom omogoča, da se tudi vzpostavi skupna baza prostorskih podatkov za celo MOL. Skupna baza je zelo velika, vendar večino predstavljajo rastrski podatki (slika 4). Vektorski podatki navadno zasedajo mnogo manj prostora na disku kot rastrski podatki. Vendar je razlika tudi v zahtevnosti obdelave. Rastrski podatki zahtevajo veliko pasovno širino za prenos podatkov (tudi do 100 krat več), hkrati zahtevajo, da uporabnik sam interpretira njihovo vsebino. Poizvedovanje je mogoče le po prostorski lokaciji in so z drugimi podatki povezani tudi samo preko lokacije. Vektorski podatki zahtevajo manj prostora, vendar je treba kar precej procesorske moči, da se izrišejo tako, kot je potrebno. Povezave do drugih vsebin so preko atributov z relacijsko algebro povsem enostavne. Najmanj prostora na disku zasedajo atributni podatki, vendar



<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_0701</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_0701_1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_07_1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_07_1_1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_07A</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_07A_P0A_P00LOZE</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_08E1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_TOPOS</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_cesta_201</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_elektrovida_102</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_vodotoka_402</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_jezernska_prog_202</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_jezernska_prog_2021</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_jezernska_prog_2022</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_os_jezernska_prog_2023</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_srednja_jezernja_jeo_302</li> <li><input type="checkbox"/> SDEPA_P0A</li> <li><input type="checkbox"/> SDEPA_P00LOZE</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00_CENTR1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00_CSA</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A1</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A2</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A3</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A4</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A5</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A6</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A7</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A8</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A9</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A10</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A11</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A12</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A13</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A14</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A15</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A16</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A17</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A18</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A19</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A20</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A21</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A22</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A23</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A24</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A25</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A26</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A27</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A28</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A29</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A30</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A31</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A32</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A33</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A34</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A35</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A36</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A37</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A38</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A39</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A40</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A41</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A42</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A43</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A44</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A45</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A46</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A47</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A48</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A49</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A50</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A51</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A52</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A53</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A54</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A55</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A56</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A57</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A58</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A59</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A60</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A61</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A62</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A63</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A64</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A65</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A66</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A67</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A68</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A69</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A70</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A71</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A72</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A73</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A74</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A75</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A76</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A77</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A78</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A79</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A80</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A81</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A82</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A83</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A84</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A85</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A86</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A87</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A88</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A89</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A90</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A91</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A92</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A93</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A94</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A95</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A96</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A97</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A98</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A99</li> <li><input type="checkbox"/> GIC_A_00T_P0A100</li> </ul>	<p>Name: <b>GIC_cesta_201</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_cesta_201</p> <p>Name: <b>GIC_os_elektrovida_102</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_elektrovida_102</p> <p>Name: <b>GIC_os_vodotoka_402</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_vodotoka_402</p> <p>Name: <b>GIC_jezernska_prog_202</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_jezernska_prog_202</p>	<p>Name: <b>GIC_cesta_201</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_cesta_201</p> <p>Name: <b>GIC_os_elektrovida_102</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_elektrovida_102</p> <p>Name: <b>GIC_os_vodotoka_402</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_vodotoka_402</p> <p>Name: <b>GIC_jezernska_prog_202</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_jezernska_prog_202</p>	<p>Name: <b>GIC_jezernska_prog_202</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_jezernska_prog_202</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2021</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2021</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2022</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2022</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2023</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2023</p>	<p>Name: <b>GIC_jezernska_prog_202</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_jezernska_prog_202</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2021</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2021</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2022</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2022</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2023</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2023</p>	<p>Name: <b>GIC_jezernska_prog_202</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_jezernska_prog_202</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2021</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2021</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2022</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2022</p> <p>Name: <b>GIC_os_jezernska_prog_2023</b> Type: <b>SDE Feature Class</b></p>  <p>GIC_os_jezernska_prog_2023</p>
---	--	--	--	--	--

Slika 4: Skupna geoinformacijska baza MOL.

imajo največji vsebinski pomen. Vse več pa je tudi primerov, ko je treba vzpostaviti povezavo do multimedijskih dokumentov (dokumenti v obliki za tisk, fotografije, filmi, zvočni zapisi), ki močno povečajo zahteve po diskovnem prostoru.

## 6 ZAKLJUČEK

V prispevku smo predstavili geoinformacijsko infrastrukturo, ki jo MOL gradi z majhnimi koraki že 12 let. Prednosti majhnih sistemov so v tem, da jih lahko zgradimo praktično v enem koraku. Od geoinformacijske podpore pogosto zahtevamo več kot je z razpoložljivimi sredstvi tehnološko mogoče, zato je edini primeren pristop »pristop z majhnimi koraki«. Na ta način lahko vsak korak preverimo in prilagodimo smer naslednjega koraka. To je seveda možno, če se znamo analitično ozreti nazaj in naprej v prihodnost.

Pomembnejša skupna oprema Oddelka za urbanizem MOL:

AUTODESK (<http://www.autodesk.com>):

- Autodesk Map Series 2004

ESRI (<http://www.esri.com>):

- ArcIMS, 4.0.1
- ArcInfo, 8.3
- ArcSDE, 8.3
- ArcView, 8.3
- ArcReader, 8.3

HP (<http://www.hp.com>):

- Proliant 5500
- ML530
- MA 8000
- DL 380 G3

Microsoft (<http://www.microsoft.com>):

- Windows Server 2003 Standard Edition, Windows 2000 SP 6, Windows 2000 server SP 6, Windows XP SP1

ORACLE (<http://www.oracle.com>):

- Database 9i Release 2 (9.2.0.3.0)
- Application server Version 9.0.2
- Internet Developer Suite 9i Release 2 (9.0.2.5),
- iDevelpment Accelerators

YesSoftware (<http://www.codecharge.com>):

- CodeCharge Version 2.0.7, CodeCharge Studio Version 2.0.5

Veritas (<http://www.veritas.com>):

- Backup exec 8.0 (pripravljamo se na 9.0)





# AVTOBUSNI GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEM

Marjan Lep\*, Andrej Tibaut\*, Aleksander Pirš\*\*, Matej  
Gabrovec\*\*\* in Tomaž Podobnikar\*\*\*\*

UDK: 656.132, UDK: 91:659.2:004

## *Izveček*

### *Avtobusni geografski informacijski sistem*

Zakon o prevozih v cestnem prometu iz leta 2001 opredeljuje javni linijski prevoz potnikov kot javno dobrino, ki jo zagotavlja država kot gospodarsko javno službo. Vlada Republike Slovenije mora med drugim določiti koncesijska območja, vrsto in obseg prevozov ter standarde dostopnosti. Kakovostno izvajanje teh nalog omogoča GIS, ki vsebuje podatke o vseh avtobusnih postajališčih in linijah s pripadajočimi voznimi redi. Hkrati mora biti ta zbirka povezljiva z georeferenciranimi podatki o cestni infrastrukturi ter o prebivalstvu, predvsem s kraji bivanja, šolanja in dela. V okviru projekta »Izdelava nacionalnega voznega reda in tarifnega sistema za linijski avtobusni promet« smo obstoječi avtobusni voznoredni informacijski sistem nadgradili v avtobusni geografski informacijski sistem.

## *Ključne besede*

Javni potniški promet, geografski informacijski sistem

## *Abstract*

### *Bus Related Geographic Information System*

The act on the road transport of 2001 determines the public passenger transport as a public commodity that is granted by the state as an economy public service. Among other things, the Government of the Republic of Slovenia is to specify the concession areas, the type and extent of transport and the accessibility standards. A qualitative implementation of these tasks can be done with the GIS, which comprises the data on all bus stops and routes and the related timetables. These data also have to be correlational with the georeferential data on the road infrastructure and the population, particularly with the places of residence, school and work. Within the scope of a project »Elaboration of the National Timetable and Tariff System for Bus Transport Routes« the existing bus timetable information system has been upgraded to the bus geographic information system.

## *Keywords*

Public Passenger Transport, Geographic Information System

\* dr. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor, lep@uni-mb.si, andrej.tibaut@uni-mb.si

\*\* Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor, aleksander.pirs@nigrad.si

\*\*\* dr., Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, matej@zrc-sazu.si

\*\*\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tomaz@zrc-sazu.si



## I UVOD

V Sloveniji do leta 1998 ni bilo enovitega sistema zbiranja ključnih podatkov za informatizacijo javnega potniškega prometa. Takrat je bil v okviru projekta Informatizacija avtobusnega vozno rednega sistema, ki ga je naročilo Ministrstvo za promet in zveze, izdelan podatkovni model, ki je omogočal avtomatizirano, časovno stabilno, enolično in racionalno zbiranje, obdelavo in porazdelitev podatkov, potrebnih za delovanje in razvoj sistema javnega potniškega prometa. Na podlagi tega modela je bila pripravljena podatkovna baza slovenskih avtobusnih vozniških redov. Podatkovni model je bil pripravljen tako, da je bila omogočena njegova kasnejša nadgradnja. Izdelano je bilo tudi programsko orodje AVRIS-P in AVRIS-U, prvo je bilo namenjeno prevoznikom za vnos podatkov, drugo pa upravljavcu vozno rednega sistema (Lep, Tibaut 1999). Sistem je omogočal pripravljanje, usklajevanje in registracijo avtobusnih vozniških redov po takratni zakonodaji. Ni pa vseboval geografske komponente in ni omogočal povezave z drugimi prostorskimi podatki. Leta 2001 je nov Zakon o prevozih v cestnem prometu (Uradni list RS 59/2001) opredelil javni linijski prevoz potnikov kot gospodarsko javno službo. Vlada mora s koncesijskim aktom določiti koncesijska območja in standarde dostopnosti do javnega linijskega prevoza. Kakovostno izvajanje teh nalog omogoča GIS, ki vsebuje podatke o vseh avtobusnih postajališčih in linijah s pripadajočimi vozniškimi redi. Hkrati mora biti ta zbirka povezljiva z georeferenciranimi podatki o cestni infrastrukturi ter o prebivalstvu. Zato je bil AVRIS-U nadgrajen v geografski informacijski sistem AVRIS-GIS. Ta sistem omogoča povezavo z Banko cestnih podatkov (v nadaljevanju BCP), ki vsebuje tudi podatke o avtobusnih postajališčih na državnih cestah. Prvi poskus povezave vozno rednih baz z Banko cestnih podatkov je bil narejen na testnem območju Koprškega Primorja (Drobne, Paliska 1996). Avtorja sta ugotovila, da je le 46 % tamkajšnjih postajališč v Katastru signalizacije in opreme cest, predlagala sta dopolnjevanje baze avtobusnih postajališč s koordinatami, zajetimi s pomočjo tehnik GPS-a.

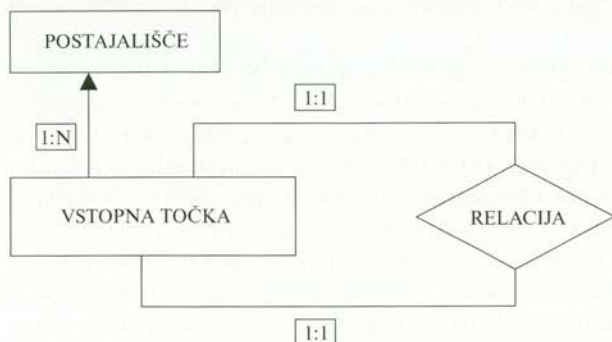
## 2 PODATKOVNI MODEL ZA AVTOBUSNI GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEM

Izgradnjo podatkovnega modela za avtobusni geografski informacijski sistem so usmerjale tri zahteve:

- omogočiti popolnejše opisovanje dogajanja v avtobusnem javnem prometu, kar smo realizirali s širitvijo obstoječega podatkovnega modela,
- povezati AVRIS z BCP na konceptualnem nivoju, kar smo reševali s pripravo podatkovnega vmesnika ter
- preveriti usklajenost predlaganih rešitev z veljavnimi ali nastajajočimi mednarodnimi standardi, kjer smo pri iskanju in presoji rešitev preverjali predvsem TRANS-MODEL (2001) kot primer najnovejšega evropskega referenčnega standarda, VDV Model (OPNV-Datenmodel 5.0 2001) kot primer »de-facto« ali industrijskega standarda ter GDF (3.0 1996) kot primer standarda za geografske podatke o prometu.

## 2.1 Razširitev obstoječega podatkovnega modela

Podatkovno strukturo smo razširili tako, da se entitetni tip *POSTAJALIŠČE* in asociacija *RELACIJA*, ki sta tvorila osnovo starega podatkovnega modela, povezujeta preko novega entitetnega tipa *VSTOPNE TOČKE* na način, kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1:  
Jedro podatkovnega modela.

Model je potrebno razumeti na sledeč način: *POSTAJALIŠČE* vsebuje najmanj eno in največ *n* *VSTOPNIH TOČK*. *RELACIJA* je asociacija, ki se začne natančno pri eni *VSTOPNI TOČKI* in konča natančno pri eni *VSTOPNI TOČKI*. *POSTAJALIŠČE* je postajališče v prometnem smislu, kot ga definira tudi Zakon o prevozih v cestnem prometu (Uradni list RS 59/2001).

Preglednica 1: Tabela postajališča – logični model.

Ključ	Atribut	Podatkovni tip	Območje dopustnih vrednosti
P <sub>1</sub> , T	Koda_občine	Znak (3)	
P <sub>2</sub> , T	Koda_naselja	Znak (3)	
P <sub>3</sub>	Koda_v-naselju	Znak (3)	
	Ime_Dodatno	Znak (40)	
	Ime_2	Znak (40)	
	Pomen	Znak (1)	»*«, »M«
	Vozni_red	Logično	Da / Ne
S <sub>1</sub>	Ime_Daljinar-2002	Znak (25)	

Legenda:

P Primarni ključ – sestavljen iz treh atributov

T Tuji ključ

S Sekundarni ključ (ključ po starem podatkovnem modelu)

Kodo postajališča sestavljajo *Koda\_občine*, *Koda\_naselja* in *Koda\_v-naselju*. *Koda\_občine* in *Koda\_naselja* sta trimestni kodi (šifri) občine in naselja v skladu z Registrom prostorskih enot (preglednica 1). *Koda\_v-naselju* je trimestna koda, ki označuje postajališče znotraj meja naselja. Praviloma se glavno postajališče v naselju označi z »001«.



Na tak način generirana koda postajališča je v Republiki Sloveniji enolična. Preglednici 2 in 3 prikazujeta praktično uporabo tega sistema kodiranja postajališč.

Ime postajališča je praviloma enako imenu naselja z dodatkom; posebnosti krmilita vrednosti polja *Vozni\_red* in *Pomen*. *Ime\_naselja* se po relacijskem principu avtomatsko generira na podlagi *Kode\_naselja*. Do 40 znakov dolgo *Ime\_dodatno* označuje del naselja (zaselek, mestna četrt, ulica), pomemben objekt (šola, tovarna, gostilna ipd) ali pa je identifikacija lokacije (križišče).

*Ime\_2* je 40 znakov dolg niz. Polje se uporablja za potrebe objavljajanja voznega reda, kadar je potrebno imeti še drugo ime postajališča. Primeri: dvojezična območja, vkoreninjeno lokalno poimenovanje in podobno. *Pomen* je oznaka postajališča v skladu z zakonodajo (npr. pomembnejše avtobusno postajališče). *Vozni\_red* je stikalo, ki definira, katero ime naj se uporablja za potrebe obveščanja potnikov oz. uporabnikov. Načeloma je ime naselja skupaj z dodatkom tisto, ki se zapisuje na vozne rede, npr. Ljubljana Šiška, Maribor STŠ, Pesnica križišče. V nekaj konkretnih primerih bi dosledno uveljavljanje tega pravila predstavljalo probleme za uporabnike. Primera: postajališče pri zimsko športnem centru leži formalno v nekem naselju, katerega ime je povsem nepoznano uporabnikom, kot npr. Areh leži na območju naselja Frajhajm; ponekod je ljudsko poimenovanje različno od uradnega imena naselja kot npr. Jakob oz. Zgornji Jakobski Dol. Če ima stikalno vrednost *Ne*, se za izpisovanje uporablja samo *Ime\_dodatno* brez formalnega imena naselja. *Ime\_daljinar-2002* je 25 znakov dolg niz, ki predstavlja ime postajališča v starem podatkovnem modelu in se vodi v zbirki v prehodnem obdobju.

Postajališče je v bistvu abstrakten pojem in praviloma ni neka prostorsko definirana točka. Postajališče je generalizacija pojava oz. entitete *Vstopna točka*, če neke vstopne točke geografsko in logično ležijo dovolj blizu skupaj, da jih uporabniki prepoznavamo kot eno. Za potrebe vizualizacije se lega postajališča izračunava kot težišče koordinat vstopnih točk.

Preglednica 2: Primer tabele »Postajališča« – osnovna struktura.

Koda občine	Koda naselja	Koda v naselju	Ime_Dodatno	Ime_2	Pomen	Vozni red	Ime_Daljinar-2002
089	006	001	Jarenina			Ne	Jarenina
089	006	002	Repa				Jareninski Dol Repa
089	006	003	križišče				Jareninski Dol K
089	027	001					Vukovski Dol
089	020	001					Slatenik
089	023	001	Jakob			Ne	Jakob
089	023	002	križišče				Sp. Jakobski Dol K
089	030	002					Zg. Jakobski Dol
058	019	001					Jurovski Dol
058	019	002	Grubar				Jurovski Dol Grubar
058	019	003	Ketiš				Jurovski Dol Ketiš
058	019	004	Krempl				Jurovski Dol Krempl
058	019	005	križišče				Jurovski Dol K

Preglednica 3: Primer tabele »Postajališča« – s pripojenimi imeni.

Koda občine	Ime občine	Koda naselja	Ime naselja	Koda v naselju	Ime_Dodatno	Ime_Daljinar-2002
089	Pesnica	006	Jareninski Dol	001	Jarenina	Jarenina
089	Pesnica	006	Jareninski Dol	002	Repa	Jareninski Dol Repa
089	Pesnica	006	Jareninski Dol	003	križišče	Jareninski Dol K
089	Pesnica	027	Vukovski Dol	001		Vukovski Dol
089	Pesnica	020	Slatenik	001		Slatenik
089	Pesnica	023	Spodnji Jakobski Dol	001	Jakob	Jakob
089	Pesnica	023	Spodnji Jakobski Dol	002	križišče	Sp. Jakobski Dol K
089	Pesnica	030	Zgornji Jakobski Dol	002		Zg. Jakobski Dol
058	Lenart	019	Jurovski Dol	001		Jurovski Dol
058	Lenart	019	Jurovski Dol	002	Grubar	Jurovski Dol Grubar
058	Lenart	019	Jurovski Dol	003	Ketiš	Jurovski Dol Ketiš
058	Lenart	019	Jurovski Dol	004	Krempel	Jurovski Dol Krempel
058	Lenart	019	Jurovski Dol	005	križišče	Jurovski Dol K

Vsako postajališče ima eno ali več *VSTOPNIH TOČK* (preglednica 4).

Preglednica 4: Vstopne točke – logični model.

Ključ	Atribut	Podatkovni tip	Območje dopustnih vrednosti
P <sub>1</sub> , T	Koda_postajališča	Znak (9)	
P <sub>2</sub>	Oznaka_vstopne točke	Znak (2)	
T	Koda_BCP	Znak (6)	
	Y	Celo število	>0
	X	Celo število	>0
	Z	Celo število	
T	Odsek	Znak (9)	
	Stacionaža	Celo število	>0
	Niša	Znak (1)	»0«, »1«, »2«
	Čakalnica	Znak (1)	»0«, »1«, »2«
	Tabla	Znak (1)	»0«, »1«, »2«
	Vozni_red	Znak (1)	»0«, »1«, »2«

Legenda:

P Primarni ključ – sestavljen iz dveh atributov

T Tuji ključ



Oznaka\_vstopne-točke je dvomestna koda; uporabljata se dva pristopa h kodiranju:

- »D« in »L« za tista postajališča, ki imajo dve vstopni mesti, praviloma zamaknjeni vzdolž neke ceste. Pri tem se z »D« označi tista vstopna točka, ki je na desni strani ceste, če se po njej pomikamo v smeri naraščajočih kilometrov. Za določitev tega atributa je potrebno poznati usmerjenost ceste oz. cestnega odseka.
- »0«, »1«, »2« itd. na postajališčih z več vstopnimi mesti ali vstopnimi mesti na različnih koncih tro-, štiri- ali večkrakih križišč.

*Koda\_BCP* se vpisuje za potrebe povezovanja z Banko cestnih podatkov. V to polje se vpisuje enolična šifra postajališča po BCP, če ta obstaja. V preglednici 6 je prikazan princip, kako bi lahko (bo) izgledala tabela po spojitvi z Banko cestnih podatkov. Oznaki *Y*, *X* sta koordinati vstopnih točk merjeni na mestu, kjer praviloma v avtobus vstopajo potniki. *Y* in *X* sta Gauß-Krügerjevi koordinati, zapisani na način, kot ga določa Pravilnik o uporabi Gauß-Krügerjeve projekcije pri izdelavi državne topografske karte v merilu 1:25000 in razdelitev na liste (Uradni list RS 36/1998). Oznaka *Z* je nadmorska višina vstopne točke (podatek je informativnega značaja in ni obvezen). Za potrebe avtobusne voznooredne zbirke se zbirajo naslednje štiri prometne lastnosti: *Niša*, *Čakalnica*, *Tabla* in *Vozni\_red*, ki opisujejo kakovost opremljenosti postajališča. Primer kodiranja vstopne točke je prikazan na preglednici 5.

Preglednica 5: Tabela Vstopne točke – osnovna struktura.

Koda postajališča			Oznaka vstopne točke	Koda BCP	Y	X	Z	Niša	Čakalnica	Tabla	Vozni red
089	006	001	L	089 213	553826.	165323.		0	0	0	0

Ko bo zagotovljena popolna povezljivost z BCP, bodo tudi za potrebe upravljanja z avtobusnim voznoorednim sistemom potrebne oz. zanimive vse infrastrukturne lastnosti, ki jih ponuja BCP. Le-te se vzamejo iz BCP po relacijskem principu. *Legna na infrastrukturi* po BCP natančno opisuje tloris vstopne točke. *Odsek* je evidenčna številka odseka v skladu s Pravilnikom o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah ter objektih na njih (Uradni list RS 49/1997). S pomočjo preprostih preračunov bo, z izjemo nadmorske višine *Z*, možno izračunati potrebni podatek o legi in stacionaži vstopnega mesta.

Preglednica 6: Shematski prikaz tabele vstopnih točk po spojitvi z BCP.

Koda vstopne točke			Legna			Legna na infrastrukturi			Lastnosti - infrastruktura			Lastnosti - promet	
Koda postajališča	Oznaka vstopne točke	<i>Koda_BCP</i>	Y	X	Z	Odsek	Od	Do	<i>Infrastrukturni podatki</i>			Vozni red	Čakalnica

Legenda:

Polja označena s poševnim tiskom so pripojena iz BCP preko ključa *Koda\_BCP*

*RELACIJE* so osnovni elementi avtobusnega omrežja in definirajo kateri dve vstopni točki sta logično - kar praktično pomeni tudi infrastrukturno – povezani (preglednica 7).

Preglednica 7: Tabela Relacije – logični model

Ključ	Atribut	Podatkovni tip	Območje dopustnih vrednosti
P <sub>1</sub> , T	Koda_vstopne točke-Od	Znak (11)	
P <sub>2</sub> , T	Koda_vstopne točke-Do	Znak (11)	
	Dolžina	Realno število	> 0.00
	Čas_1	Realno število	> 0.00
	Čas_2	Realno število	> 0.00
S <sub>1</sub> , T	Postajališče_2002-Od	Znak (25)	
S <sub>2</sub> , T	Postajališče_2002-Do	Znak (25)	
	Km_2002	Celo število	> 0
	Čas_2002	Celo število	≥ 0

Legenda:

- P Primarni ključ – sestavljen iz dveh atributov
- T Tuji ključ
- S Sekundarni ključ – sestavljen iz dveh atributov

Kodo relacije sestavljata *Koda\_vstopne točke-Od* in *Koda\_vstopne točke-Do*. *Koda\_relacije* je primarni ključ tabele in je v tabeli enolična. V realnem svetu je možno, da sta dve vstopni točki povezani po dveh (ali več) infrastrukturnih poteh. V tem primeru nastopi problem, da so lastnosti *Relacije* (opis poti, dolžina, čas) za isto relacijo lahko različne. Pojav je v slovenski avtobusni voznooredni praksi redek. *Dolžina* je prava dolžina relacije v metrih. V obdobju do vzpostavitve zveze z BCP se vnašajo na drug način dobljeni podatki oz. se prevzame dolžina iz stare podatkovne baze. *Čas\_1* je potovalni čas v normalnih razmerah izražen v minutah na decimalni način. *Čas\_1* se lahko izračuna na podlagi podatka o dolžini in vrsti ceste (iz BCP) ter se nato popravi glede na empirično izmerjene vrednosti, saj iz BCP ni neposredno možno izračunavati zamude npr. pri levih zavijanjih in podobno. *Čas\_2* ni obvezen. Evropski standardi (OPNV\_Datenmodel 2001) govorijo o treh tipičnih obdobjih (kjer veljajo tudi različne vrednosti kakovostnih in časovnih parametrov): konične ure, izvenkonične ure na delovni dan in dela prost čas.

Atributi *Postajališče\_2002-Od*, *Postajališče\_2002-Do*, *Km\_2002* in *Čas\_2002* predstavljajo opis relacij, kot ga uporablja veljavni daljinar. V strukturi so ti atributi prisotni za potrebe prehoda na novo strukturo in so začasni. Preglednica 8 prikazuje praktično uporabo kodiranja enega para relacije.



Preglednica 8: Tabela Relacij (primer enega »para«).

Koda vstopne točke Od	Koda vstopne točke Do	Dolžina	Čas_1	Čas_2	Relacija po Daljinarju 2002		Km 2002	Čas 2002
					Postajališče 2002-Od	Postajališče 2002-Do		
089 027 001 D	089 020 001 D	972	1.61		Vukovski Dol	Slatenik	1	3
089 020 001 L	089 027 001 L	976	1.62		Slatenik	Vukovski dol	1	3

## 2.2 Zajem podatkov o avtobusnih postajališčih

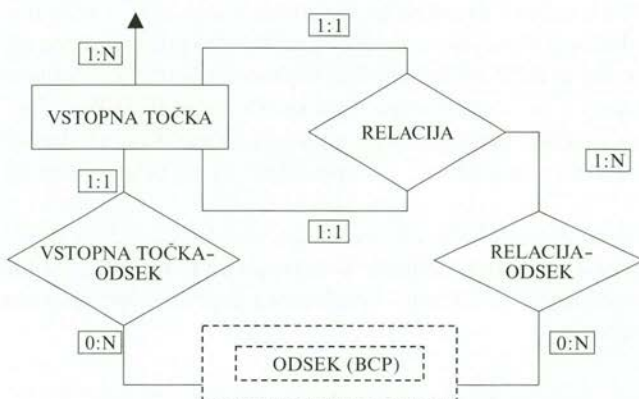
Podatke o postajališčih (geografske koordinate in izbrane lastnosti) smo zajeli na terenu, in sicer z več različnimi ročnimi sprejemniki GPS, s povprečno točnostjo 10 m. Glede na dejanske pomanjkljive označbe postajališč in mere avtobusov ter glede na točnost zbirke cestne mreže, je bila navedena točnost instrumentov primerna. Ločeno so bili zajeti podatki za vsako vstopno točko. Podatki so bili glede na vrsto instrumenta z različnimi postopki transformirani v slovenski državni koordinatni sistem (Besslov elipsoid 1841 in Gauss Krügerjeva projekcija) ter povezani z zbirko postajališč. Z uporabo GIS-a so bila postajališča povezana s prostorsko zbirko naselij. Ob tem smo izvajali nadzor pravičnosti atributov tako pripravljene zbirke avtobusnih postajališč numerično in grafično.

## 2.3 Podatkovni vmesnik Avtobusna podatkovna zbirka – Cestna podatkovna zbirka

Reševanje problema povezovanja avtobusne in infrastrukturne podatkovne zbirke se prevede na izgradnjo podatkovnega vmesnika med Relacijo (iz AVRIS) in Odsekom (iz BCP). Za vzpostavitev povezave med obema podatkovnima zbirkama je potrebno opredeliti:

- Kje na infrastrukturi neka VSTOPNA TOČKA leži?
- Po kateri POTI se »izvrši« neka RELACIJA?

Slika 2 prikazuje ustrezní podatkovni model:



Slika 2:  
Podatkovni vmesnik Avtobusna  
– Cestna podatkovna zbirka.

Shemo na sliki 2 je treba razumeti na naslednji način: »Vstopna točka vedno leži na nekem cestnem odseku. Odsek ima lahko od nič (torej nima) vstopnih točk ali jih ima lahko končno mnogo (N). Neka Relacija vedno leži vsaj na delu nekega odseka oz. lahko leži na zaporedju N povezanih segmentov cestnih odsekov. Po nekem cestnem odseku lahko poteka od 0 do končno mnogo relacij (N)«. Logični model tabele *RELACIJA\_ODSEK* je prikazan na preglednici 9:

Preglednica 9: Tabela *Relacija\_Odsek* – logični model.

Ključ	Atribut	Podatkovni tip	Območje dopustnih vrednosti
P <sub>1</sub> , T	Vstopna točka-Od	Znak(11)	
P <sub>2</sub> , T	Vstopna točka-Do	Znak(11)	
P <sub>3</sub>	Zap_št-segmenta	Celo število	1...99
T	Odsek	Znak(9)	
	Km_Od	Realno število	> 0.
	Km_Do	Realno število	> 0.

Legenda:

- P Primarni ključ – sestavljen iz treh atributov  
 T Tuji ključ

Na preglednici 10 je prikazan praktični primer, kako »položimo« relacijo na odseke cestnega omrežja. *Zap\_št segmenta* je dvomestno število, ki označuje zaporedje delov odsekov cestnega omrežja po katerem poteka relacija. *Odsek* je številka odseka iz Banke cestnih podatkov, po katerem poteka segment. *Km\_Od* je stacionaža (v metrih) na odseku, kjer se i-ti segment relacije prične. *Km\_Do* je stacionaža (v metrih) na odseku, kjer se i-ti segment relacije konča.

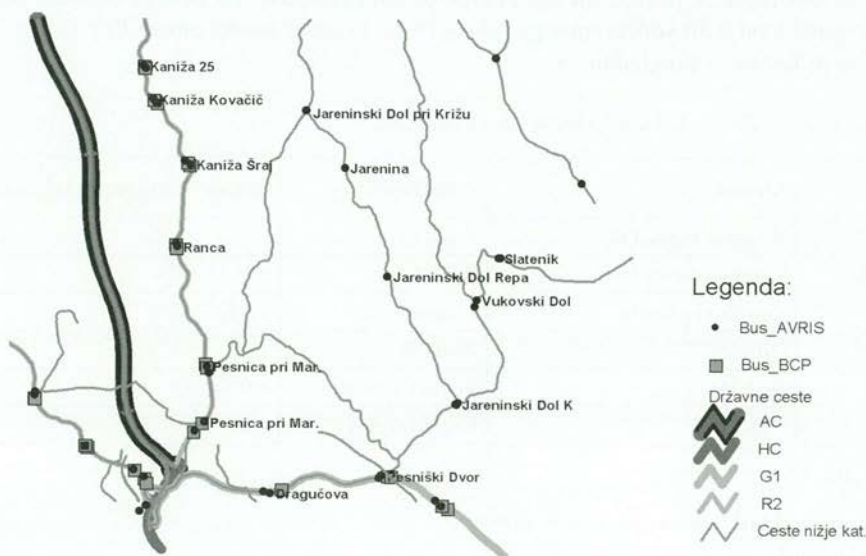
Preglednica 10: Praktični primer opisa poteka relacije po cestnem omrežju.

Vstopna točka Od	Vstopna točka Do	Zap_št segmenta	Odsek Od	Km Od	Km Do
089 027 001 D	089 020 001 D	1	203 142	4650	3678
089 027 001 D	089 020 001 D	2	301 010	0	2711
089 027 001 D	089 020 001 D	3	310 060	4555	3250

Podatke o postajališčih, ki smo jih izmerili na terenu z GPS napravo, je načeloma možno povezati s postajališči v BCP. Ker pa v BCP še niso (vsaj ne v celoti) vključene občinske ceste s pripadajočimi postajališči in torej v njej manjka velik del postajališč (slika 3), takšno povezovanje zaenkrat še nima pravega smisla. Nadzor pravilnosti povezovanja otežuje različno poimenovanje postajališč v BCP in AVRIS-u. Prednost povezave podatkov iz Banke cestnih podatkov je v vključitvi tamkajšnjih podrobnejših infrastruk-



turnih podatkov, za katere pa žal ni zagotovljeno redno vzdrževanje. Povezava obeh baz pa bi bila izredno koristna predvsem zaradi možnosti avtomatskega izračunavanja razdalj in potovalnih časov med postajališči.



Slika 3: Postajališča v Banki cestnih podatkov in AVRIS\_GIS-u.

## 2.4 AVRIS\_GIS

AVRIS\_GIS je programska oprema za podporo postopkom upravljanja z avtobusnimi voznimi redi, predstavlja nadgradnjo že uveljavljenega programa AVRIS\_U, ki je namenjen podpori upravljanja z avtobusnimi voznimi redi. AVRIS\_GIS pa ni le funkcionalna, ampak tudi tehnološka nadgradnja AVRIS\_U. Monolitno aplikacijo izdelano v MS Access-u so nadomestile komponente izdelane v Visual Basicu 6.0 (Vozni redi, Vožnje, Postajališča in Voznoredni režimi), ki so samostojne komponente ActiveX (po Microsoftovi specifikaciji OCX).

Omenjene komponente za svoje brezhibno delovanje dodatno uporabljajo še naslednje komercialne komponente: Component Toolbox 6.0 za večjo prijaznost grafičnega uporabniškega vmesnika (DBI-tech.com) in MapObjects 1.1 (ESRI) za GIS funkcionalnost. Ciljni operacijski sistem za AVRIS\_GIS je v tej verziji MS Windows.

## 3 SKLEP

Izdelava avtobusnega geografskega sistema omogoča povezovanje o javnem linijskem avtobusnem prometu z drugimi prostorskimi podatki. Med drugim lahko s povezovanjem z georeferenciranimi prebivalstvenimi podatki proučujemo dostopnost do javnega potniškega prometa, ki jo lahko analiziramo z vidika različnih starostnih, socialnih ali

poklicnih skupin prebivalstva. Doslej so bile take študije zaradi odsotnosti ustreznih podatkovnih baz možne le na manjših območjih (Gabrovec, Pavlin, Sluga 2000). Povezava avtobusnih podatkovnih zbirk z Banko cestnih podatkov pa bo omogočila vključitev potovanj z javnim potniškim prometom v različne prometne modele.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Banka cestnih podatkov, 1998: Uporabniški priročnik, Prometnotehniški inštitut in Direkcija RS za ceste, Ljubljana.
- Drobne, S., Paliska, D. 1996: GIS izvedba daljinarja. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1995 – 1996, Ljubljana, str. 68–75.
- Gabrovec, M., Pavlin, B., Sluga, G. 2000: Dostopnost do javnega potniškega prometa v Ljubljanski urbani regiji. Ljubljana, Geografija mesta, Ljubljana, str. 251–256.
- ISO 14825: 1996. Geographic Data Files (GDF 3.0), CEN/TC278 (Road Traffic and Transport Telematics), 1996.
- ISO 14825:2002. Intelligent Transport Systems – Geographic Data Files – Overall Data Specifications (GDF 4.0), ISO/TC204 (Intelligent Transport Systems).
- Lep, M. 1999: Informatizacija avtobusnega vozno rednega sistema, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor
- Lep, M., Tibaut, A. 1999: AVRIS, Uporabniški priročnik, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor
- OPNV-Datenmodel 5.0, 2001: VDV-Schriften 451, 452, Köln.
- TRANSMODEL, 2001: Medmrežje: <http://www.transmodel.org/> (20. 5. 2004).





# UPORABA GIS-A ZA PROUČEVANJE PROSTORSKE DOSTOPNOSTI V ANALIZI POVPRAŠEVANJA PO STORITVI JPP

Dejan Paliska\*, Samo Drobne\*\* in Daša Fabjan\*

UDK: 656:659.2:004

## *Izyleček*

*Uporaba GIS-a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP*

*Pri planiranju sistema javnega potniškega prometa ima pomembno vlogo ocena potencialnega povpraševanja. Povpraševanje po transportni storitvi prevoza potnikov je dokaj kompleksen pojav, na katerega vpliva množica endogenih in eksogenih dejavnikov. Mednje štejemo tudi dostopnost do nudene storitve. V prispevku poskušamo prikazati uporabo GIS-a v segmentu analiziranja prostorske dostopnosti do kontaktnih točk v transportni mreži. Prispevek se osredotoča na predstavitev poglavitnih metodologij v vektorskem GIS-u in na konkretnem primeru prikazuje in komentira različne pristope.*

## *Ključne besede*

*Dostopnost, prostorska dostopnost, javni potniški promet, analiza povpraševanja, geografski informacijski sistemi*

## *Abstract*

*Using GIS to study the transit accessibility in public transportation service demand analysis*  
*Estimating the potential demand plays an important role in planning transit service system. Transit service demand is a very complex feature influenced by several endogenous and exogenous factors. One of them is also the accessibility to service offered. This article shows the GIS application for the analysis of geographic accessibility to bus/railway station in the transportation network. The focus is on presentation of the key methodologies of vector GIS applied to a real case that explains and enables a comparison of different approaches used.*

## *Keywords*

*Accessibility, transit accessibility, transit, demand analysis, geographic information systems*

## 1 UVOD

Za dostopnost do transportne storitve lahko rečemo, da je kritični dejavnik pri planiranju v javnem potniškem prometu, v določeni meri pa tudi vpliva na delitev rabe prevoznih sredstev. V planiranju storitve prevoza potnikov je dostopnost največkrat definirana kot »lahkotnost«, s katero pridemo iz začetne lokacije s pomočjo transportnega sredstva na končno, željeno lokacijo (Koenig 1980). Pri proučevanju povpraševanja po transportni

\* Fakulteta za pomorstvo in promet, Pot pomorščakov 4, 6320 Portorož, dejan.paliska@fpp.edu, dasa.fabjan@fpp.edu

\*\* Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, samo.drobne@fgg.uni-lj.si



storitvi, ki ima pomembno vlogo pri planiranju, lahko prostorsko dostopnost ožje definiramo kot zmožnost potnikov, da dostopajo do kontaktnih točk v transportni mreži (avtobusnih in železniških postaj, postaj podzemne železnice, itd.). Seveda tudi ožja definicija prostorske dostopnosti vključuje več dejavnikov, kot so varnost, prijetnost hoje, primerna urejenost ulice ali ceste za hojo, možne ovire itd. Ker potniki večinoma dostopajo do kontaktnih točk peš (raziskave kažejo, da je v ZDA več kot 79 odstotkov takih potnikov), ima oddaljenost od kontaktnih točk velik pomen pri izbiri prevoznega sredstva. V stroki je splošno uveljavljeno in znano, da večina potnikov ni pripravljeno hoditi več kot 500 m (0,25 milje) do kontaktne točke. Bolj so kontaktne točke oddaljene, manjša je verjetnost uporabe javnega transportnega sredstva. Zhao in soavtorji (Zhao s sod. 2002) so na podlagi anketnega vzorca ugotovili, da funkcija pripravljenosti potnikov, da hodijo do avtobusne/železniške postaje, pada eksponentno z večanjem oddaljenosti do kontaktnih točk. Ugotovili so, da je razdaljo 1000 metrov pripravljeno prehoditi manj kot pet odstotkov anketiranih, razdaljo 100 metrov pa več kot 70 odstotkov anketiranih. Pri takem pojmovanju lahko »lahkotnost« dostopa ponazorimo kar z oddaljenostjo.

Če se osredotočimo na oddaljenost od avtobusne/železniške postaje, hitro ugotovimo, da je odvisna od vrste dejavnikov, predvsem od urbanističnih značilnosti okolja. Ulična in cestna mreža imata s svojimi značilnostmi velik vpliv. Slepe ulice, slabo povezana in zasnovana ulična mreža ter razne ovire, kot so protihrupne zaščite, podporni zidovi, ograje ter stavbe, lahko bistveno vplivajo na dostopnost do avtobusnih/železniških postaj. Tako zasnovana okolja že sama po sebi ovirajo uporabo javnih potniških prevoznih sredstev in s tem spodbujajo rabo avtomobila.

## 2 POGOSTE METODE DOLOČANJA DOSTOPNOSTI V ANALIZI POVPRASEVANJA

Pri proučevanju dostopnosti do avtobusnih/železniških postaj so v dosedanjih raziskavah povpraševanja po transportni storitvi prevoza potnikov najpogosteje kar narisali krožnico okoli postaje in s tem določili servisno območje postaje. V devetdesetih letih smo tako priča prvim aplikacijam metode v GIS-u, ki jo imenujemo Buffer metoda. Uporaba GIS orodij je zelo poenostavila to metodo, hkrati pa ponudila možnost boljše analize dostopnosti ter razvoja zahtevnejših in bolj natančnih metod.

Da bi lahko ugotovili razlike, ki nastanejo ob uporabi različnih metod analize dostopnosti, smo na vzorčnem primeru aplicirali tri metode. Metode smo izbrali glede na njihov pomen in glede na potreben obseg podatkov, ki jih zahteva posamezna metoda. Kot vzorčno prostorsko enoto smo uporabili naselje Jagodje (občina Izola), kjer smo analizirali prostorsko dostopnost do avtobusnega postajališča medkrajevne linije. V naselju Jagodje obstajata dve taki avtobusni postajališči, vendar eno s svojim servisnim območjem ni dostopno za stanovanjske objekte izbranega naselja, zato smo ga v analizi izpustili. Servisno območje izbranega in obravnavanega avtobusnega postajališča pokriva bližnje stanovanjske objekte naselja Jagodje in tudi nekaj stanovanjskih objektov, ki pa glede na obstoječo administrativno mejo že spadajo v naselje Izola, kar se jasno vidi na Sliki 4. Za potrebe analize razlik med v nadaljevanju opisanimi in primerjanimi metodologijami smo stavbe, ki ne spadajo v obravnavano naselje Jagodje, izpustili. Proučevali smo prostorsko

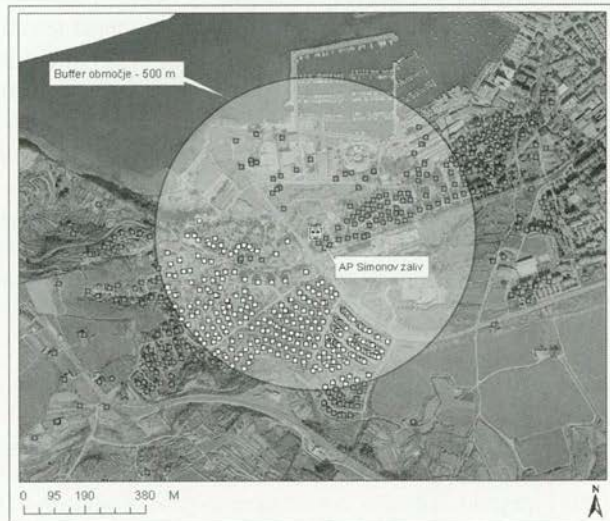
dostopnost do izbranega avtobusnega postajališča ob predpostavki, da potniki dostopajo peš. Tak način proučevanja je tudi v praksi najbolj pogost.

## 2.1 Buffer metoda

Pri uporabi Buffer metode (metoda vmesnih območij) predpostavimo, da se populacija in zaposlenost enakomerno porazdelujeta znotraj prostorske enote. Nato z buffer območji okoli avtobusnih/železniških postaj določimo servisno območje le-teh. Dostopnost se nato izračuna kot razmerje med številom stanovanjskih enot znotraj buffer območja in celotnim številom v izbrani prostorski enoti (naselju, občini ali drugi enoti z neko administrativno mejo). Predpostavka, da se populacija porazdeljuje enakomerno v prostorski enoti se največkrat pokaže kot slabost te metode. Da sta raba tal in gostota prebivalstva v prostorski enoti uniformna, drži le v redkih primerih.

Druga bistvena slabost je, da metoda upošteva pot dostopa potnikov do avtobusnih/železniških postaj kot evklidsko razdaljo. Čeprav hoja v določenih primerih skrajša pot v primerjavi z drugimi oblikami kopnega transporta, je največkrat dejanska prehojena razdalja daljša od evklidske. Potencialni potnik lahko stanuje v bližini avtobusne/železniške postaje, vendar je ta zanj nedostopna, če do nje ne obstaja ulica ali pešpot. Metoda tudi ne upošteva naravnih in umetnih ovir, kot so reke, kanali, avtoceste, zidovi, ograje itd., ki se lahko pojavijo na poti. Zaradi naštetega ta metoda največkrat preceni dostopnost, kar pomeni tudi precenitev povpraševanja. Tipične buffer vrednosti, ki se uporabljajo v raziskavah so 0,25, 0,3 in 0,5 milje ali 500 in 1000 m. Bistvena prednost metode je, da zahteva relativno malo podatkov, zadostujejo že lokacije avtobusnih/železniških postaj in centriodi stavb.

Pri določanju dostopnosti do avtobusnega postajališča medkrajevne linije v naselju Jagodje smo uporabili buffer območje 500 metrov. Uporabili smo minimalno število potrebnih podatkov, centriode hiš in centroid avtobusnega postajališča (slika 1). Tak postopek določanja dostopnosti je izredno enostaven.



Slika 1: Servisno območje z uporabo Buffer metode.

Odčitali smo lahko, da se znotraj buffer območja nahaja 288 centroidov hiš od skupno 461 stavb v naselju. Če izrazimo dostopnost kot razmerje ugotovimo, da je dostopnost do avtobusnega postajališča medkrajevne linije 62,4 odstotna. Pri tem ne smemo pozabi-



ti, da smo izračunali samo prostorsko dostopnost za potnike, ki dostopajo do avtobusnega postajališča peš. S podatki o številu prebivalcev na posameznih hišnih naslovih, ki smo jih povezali s centroidi hiš, odpravimo eno izmed pomanjkljivosti metode in izboljšamo izračun dostopnosti na 67,1 odstotkov. To je relativno visoka dostopnost. V praksi je tako visok odstotek dostopnosti sprejemljiv le, ko se ga izračuna za prostorske enote, v katerih se populacija gosti okoli avtobusne postaje. Zato je glede na uporabljeno metodo smiselno podrobneje proučiti ozadje rezultata za posamezno lokacijo.

Razlika med razmerjema pove, da poselitev v naselju ni povsem uniformna. To lahko tudi ugotovimo, če izračunamo gostoto prebivalstva; v bližnji okolici avtobusnega postajališča je gostota zaradi večstanovanjskih hiš večja.

## 2.2 *Network-ratio metoda*

Ugotovitev pomanjkljivosti Buffer metode in uporaba GIS-a je pospešila iskanje boljše metode. Kar nekaj raziskovalcev je razvijalo različne popravke obstoječih metod in iskalo nove. Čeprav so v začetku devetdesetih let GIS programska orodja že vsebovala module za mrežne analize so jih v raziskavah dostopnosti uporabljali predvsem prostorski planerji. Za potrebe proučevanja dostopnosti pri analizi povpraševanja po transportni storitvi prevoza potnikov, pa kot eno izmed prvih uspešnih aplikacij mrežnih analiz šteje raziskavo O'Nealla (O'Neall s sod. 1995). Uporabljena metoda predpostavlja, da potniki pot do avtobusne/železniške postaje prehodijo po ulični ali cestni mreži. Pri tej metodi se s pomočjo mrežnih analiz določi drevo poti do avtobusne/železniške postaje in definira izolinije enakih razdalj ali časov na mreži. Na tak način se tudi definira servisno območje avtobusne/železniške postaje. O'Neall predpostavi, da se populacija enakomerno porazdeljuje vzdolž mreže in izračuna dostopnost kot razmerje med skupno dolžino ulic oddaljenih do največ 0,25 milje po mreži in celotno dolžino ulic v prostorski entoti. Namesto razmerja med dolžinami ulic se v metodi lahko uporabi tudi razmerje med števili centroidov stavb. Metoda je predstavljala dobro osnovo za nadaljnje delo, saj so kasneje z uporabo te metode raziskovalci dokazali močno povezavo med uporabo avtobusa in dostopnostjo do avtobusnih postaj (Hsiao s sod. 1997). Metodologija se je pokazala za uspešno pri aplikaciji na območja z uniformno gostoto prebivalstva. Pri različnih gostotah prebivalcev in rabe tal pa se pokažejo pomanjkljivosti metode. Prav tako kot Buffer metoda tudi ta ne upošteva umetnih in naravnih ovir, kar ji štejejo za pomanjkljivost.

## 2.3 *Izboljšana Network-ratio metoda*

Network-ratio metoda je bila nedvomno boljša od Buffer metode, vendar je imela podobne pomanjkljivosti. Da bi odpravil bistvene pomanjkljivosti je Zhao (Zhao s sod. 1998) metodo uporabil v zaključenih prostorskih enotah enostanovanjskih in večstanovanjskih hiš, za kar je potreboval podrobnejše podatke o številu prebivalcev. S tem je zagotovil, da je gostota prebivalstva na celotnem opazovanem območju uniformna. Poskušal je tudi upoštevati vse naravne in umetne ovire tako, da je zajemal podatke na terenu. Ugotovil je, da je tak način zajema zahteven in drag, nadalje pa je težavo predstavljalo

tudi vzdrževanje in ažuriranje zajete baze podatkov. Rešitev je našel v predpostavki; če obstaja naravna ali umetna ovira med ulico in stanovanjskim objektom, potem je skoraj nemogoče, da bi imel objekt naslov na tej ulici. Ta predpostavka je vodila k razvoju izpopolnjene metodologije. Predpostavil je, da lahko stanovalci dostopajo do avtobusne/železniške postaje preko izbrane ulice, če se nahaja objekt na dotični ulici, če je ta ulica povezana z drugimi ulicami, na katerih se nahaja avtobusna/železniška postaja, in če objekt po ulični mreži ni preveč oddaljen od avtobusne/železniške postaje (oddaljenost hoje). Izboljšana metodologija se pokaže uspešna v večini primerov, bistvena izboljšava je predvsem v tem, da ne potrebujemo obširne baze podatkov o ovirah. Avtor je kasneje metodologijo še izpopolnjeval in glede na potrebe in možnosti vključeval v model še druge prostorske podatke.

Za izračun dostopnosti po tej metodi smo poleg centoridov hiš in avtobusnega postajališča uporabili še podatke o ulični mreži s šiframi ulic. Za vsak odsek v mreži smo izračunali čas hoje, uporabljena hitrost hoje je 4 km/h in je enaka za vse odseke v mreži. Da bi lahko določili drevo poti smo uporabili ArcView 3.0 in ekstenzijo Network Analyst. Maksimalen čas hoje je definiran s prehojeno razdaljo 500 m po ulični mreži, pri izbrani hitrosti je to 7,5 minut.



Slika 2: Servisno območje z uporabo izboljšane Network-ratio metode.



Centroide hiš smo preko šifre ulice povezali z ulicami in izbrali samo tiste centroide, ki so od definirane drevesa poti oddaljeni manj kot 10 metrov. S tem smo zagotovili, da so izbrane samo stavbe, ki imajo naslov na izbranih ulicah, in na tak način upoštevali možne umetne in naravne ovire. Da bi bili rezultati med različnimi metodami med seboj kar najbolj primerljivi, smo za določanje dostopnosti uporabili razmerje med centoidi stavb. Izračunali smo, da je dostopnost 40,9 odstotkov. Če s pomočjo števila prebivalcev upoštevamo še neuniformno porazdelitev gostote prebivalcev v naselju, pa lahko izračunamo 45,4 odstotno dostopnost (slika 2).

#### *2.4 Podrobnejše metode, ki slonijo na mrežnih analizah*

Poleg omenjenih pristopov, ki se v različnih izboljšavah in popravkih tudi največkrat uporabljajo za proučevanje dostopnosti v analizi povpraševanja, smo želeli preveriti uporabnost nekaj podrobnejših pristopov. Dober primer zelo podrobnega modeliranja je najverjetneje raziskava dostopnosti do multimodalnih središč (Kenneth s sod. 2002). Avtorji so v tem modelu zajeli vse možne poti do multimodalnih središč. V mreži so natančno zajeli in kategorizirali obstoječe pločnike, manjkajoče pločnike, prehode ulice, prehode ceste, nadhode in stopnišča. Da bi lahko upoštevali različne hitrosti hoje, so različnim kategorijam pripisali različne uteži. Tako so upoštevali, da pešci hitreje hodijo po pločniku kot ob cestišču ali po stopnicah. Upoštevali so tudi zakasnitve pri prečkanju cestišča glede na tip križišča (semaforizirano, križišča, kjer avtomobili dajejo prednost pešcem, križišča, kjer bi morali avtomobili dajati prednost pešcem, vendar tega ne počno, in neregulirana križišča). V času zakasnitve prečkanja so upoštevali kategorijo ceste in gostoto prometa. Da bi lahko še bolj natančno izračunali čase hoje, so zajemali tudi podlage posameznih odsekov v mreži. Pri tej metodologiji je uporabljen enak algoritem kot pri metodi Network-ratio, vendar je za tako natančno modeliranje potrebno ogromno število podatkov. Prav tako je pomembno pogosto ažuriranje podatkov, saj se določeni upoštevani podatki lahko tudi mesečno ali celo dnevno spreminjajo.

#### *2.5 Poskus uvedbe »Nove metode«*

Za tako podrobno modeliranje dostopnosti na vzorčnem naselju smo morali zajemati mrežo vseh dostopnih poti do avtobusnega postajališča. Zajeli smo vse pločnike; kjer ob cesti ni pločnika, smo predpostavili, da pešci hodijo po cestišču in zato zajemali ceste ali ulice. Prečkanje ulice smo predvideli na označenih in neoznačenih prehodih za pešce. Odseke smo kategorizirali in posameznim kategorijam dodelili uteži. Npr. čas hoje po asfaltiranem pločniku smo izračunali glede na dolžino pločnika in hitrost hoje (4 km/h), če se hodi po makadamu ali stopnicah, pa smo upoštevali hitrost 3,5 km/h. Upoštevali smo tudi čakanje na prečkanje ceste. Upoštevan čas čakanja na prečkanje semaforiziranega križišča je 30 sekund (določeno glede na interval semaforja), čas čakanja na prečkanje na nereguliranem označenem prehodu na cesti je 10 sekund, v ulici pa 3 sekunde. Model smo še dodatno nadgradili z upoštevanjem naklonov odsekov. Predpostavili smo, da naklon (ne glede na smer, saj se mora pešec tudi vračati do prebivališča) negativno vpliva na

pripravljenost do hoje. Smiselno se nam je zdelo upoštevati, da odstotek naklona podaljša čas hoje za odstotek, a tega nismo posebej preverjali v praksi. Tako pripravljeno mrežo poti smo uporabili pri iskanju drevesa poti od avtobusnega postajališča. Podobno kot v prejšnjem primeru smo tudi tukaj uporabili ekstenzijo Network Analyst. Izbran maksimalen čas hoje je 7,5 min. Metodo smo v nadaljevanju prispevka poimenovali »Nova metoda«.

Umetne in naravne ovire smo upoštevali na enak način kot pri Network-ratio metodi, čeprav je pri tako podrobnem zajemanju podatkov to skoraj nepotrebno. Izračunali smo, da je dostopnost 22,3 odstotna, če upoštevamo gostoto prebivalcev pa 28,2 odstotka (slika 3).



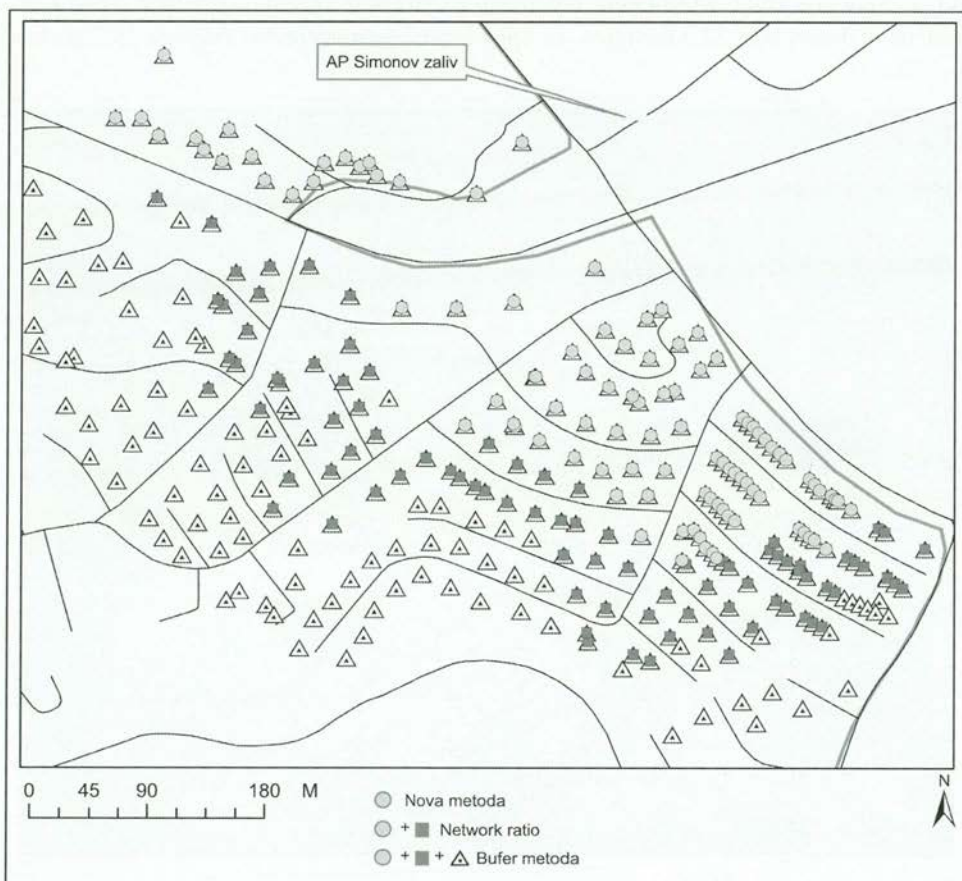
Slika 3: Servisno območje z uporabo »Nove metode«.

### 3 PRIMERJAVA UPORABLJENIH METOD

Če uporabljene metode medsebojno primerjamo, ugotovimo, da jih lahko glede na uporabljen pristop ločimo v dve skupini (slika 4). V prvo skupino spadajo metode, ki predvidevajo, da potencialni potniki prehodijo evklidsko razdaljo, predstavnik te skupine je



Buffer metoda. V drugo skupino pa uvrstimo metode, ki slonijo na mrežnih analizah. Tako pri prvi kot pri drugi skupini je aplikacija v GIS-u dokaj enostavna, če imamo na razpologo primerno programsko opremo in potrebne prostorske podatke. In ravno potrebni prostorski podatki predstavljajo v večini primerov največjo težavo. Strošek zajema in vzdrževanja prostorskih podatkov glede na pričakovane rezultate in omejen vpliv prostorske dostopnosti na povpraševanje ni vedno opravičljiv. Zato neredko raziskovalci za določanje prostorske dostopnosti še vedno uporabljajo Buffer metodo.



Slika 4: Grafična primerjava Buffer metode, Network-ratio metode in »Nove metode«.

Buffer metoda največkrat preceni prostorsko dostopnost, predvsem v prostorskih enotah s slabo zasnovano cestno in ulično mrežo. Bolj kot je cestna ali ulična mreža podobna pravilni mreži, manjša je precenitev dostopnosti (Hsiao s sod. 1997). Na podlagi tega spoznanja lahko tudi korigiramo rezultate Buffer metode.

Primerjava izračunanih dostopnosti pokaže, da so razlike v dostopnosti do 40 odstotkov (preglednica 1). Ne preseneča, da je največja razlika prav med Buffer metodo in Novo metodo (preglednica 2). Ta razlika lahko sugerira, da je ulična mreža v naselju

nepravilna ali slabo povezana. Del razlike pa lahko pripišemo sami zasnovi Nove metode, ki najverjetneje dostopnost podcenjuje. Ostale razlike med različnimi metodami so med 17 in 21 odstotkov.

*Preglednica 1: Pregled izračunanih dostopnosti po Buffer metodi, Network-ratio metodi in »Novi metodi«.*

Skupaj		Buffer metoda (1)		Network-ratio metoda (2)		Nova metoda (3)	
		Dostopna številu	Dostopnost [%]	Dostopna številu	Dostopnost [%]	Dostopna številu	Dostopnost [%]
Stavbe	461	288	62,4	189	40,9	103	22,3
Stanovalci	2007	1348	67,1	910	45,4	567	28,2
Razlika (%)			-4,7		-4,5		-5,9

*Preglednica 2: Razlike med izračunanimi dostopnostmi po Buffer metodi, Network-ratio metodi in »Novi metodi«.*

Skupaj		Razlika (%)		
		Buffer metoda – »Nova metoda«	Network-ratio – »Nova metoda«	Buffer metoda – Network-ratio
Stavbe	461	40,1	18,6	21,2
Stanovalci	2007	38,9	17,2	21,7

Razlike med izračunanimi prostorskimi dostopnostmi na osnovi števila centroidov in na osnovi števila stanovalcev so relativno majhne, kar kaže na dokaj uniformno gostoto prebivalstva in rabo tal v naselju.

#### 4 SKLEP

Povpraševanje po transportni storitvi prevoza potnikov je odvisno od vrste dejavnikov. Dostopnost je le eden izmed teh dejavnikov, prostorska dostopnost, pa je le en vidik dostopnosti. Ker so znanstveniki že večkrat dokazali pomembnost prostorske dostopnosti v povpraševanju, se v raziskavah ta izračunava na različne načine. V prispevku smo želeli prikazati nekaj širše uporabljenih metod in jih med seboj primerjati, pri čemer smo se tu omejili le na metode z vektorskimi GIS-i, čeprav obstajajo tudi rešitve modeliranja dostopnosti z rastrskim pristopom, kot je to prikazano v prispevku (Drobne s sod. 2004), vendar se v analizi povpraševanja po transportni storitvi na mikro nivoju redkeje uporabljajo.

Nedvomno z uporabo sodobnejših, bolj podrobnih metod bolje določimo prostorsko dostopnost, vendar potrebujemo veliko več podatkov. Stroški, ki so povezani z zajemom in vzdrževanjem podatkov, pa niso vedno sprejemljivi. Iz krajšega pregleda metod, ki ga prispevek ponuja, je razvidno, da je uporaba geografskih informacijskih tehnologij ključnega pomena pri razvoju metod.



VIRI IN LITERATURA:

- Drobne, S., Paliska, D., Fabjan, D. 2004: Rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004*, tu. Slovenija
- Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J. Weatherford, M. 1997: Using GIS for Transit Pedestrian Access Analysis. Preprint of the Transportation Research Board 76th Annual Meeting, Washington, D.C., January str. 12–16. ZDA
- Kenneth, A., Rod C., Lawrence, M., Heather, W. 2002: Assessing Multi-Modal Transportation Accessibility Using ArcView Network Analyst. Esri users conference 2002. ZDA
- Koenig, J.G. 1980: Indicators of urban accessibility: theory and application. *Transportation* 9, str. 145–172. ZDA
- O'Neill, W., Ramsey, D., Chou, J. 1995: Analysis of Transit Service Areas Using Geographic Information Systems, *Transportation Research Record* No. 1364, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., str. 131–138. ZDA
- Peng, Z., Dueker, K. J. 1994: A GIS database for route-level transit demand modeling. In D. D. Moyer (Ed.), *Proceedings of the 1994 Geographic Systems for Transportation (GIS-T) Symposium*, str. 415–433. ZDA
- Preslar, D.A. 1998: Transit Ridership Forecasting Using a GIS. *Proceedings of the ASCE Conference on Transportation, Land Use, and Air Quality - Making the Connection*, str. 595- 605. ZDA
- Pulugurtha, S. S., Nambisan, S. S., Srinivasan, N. 1999: A GIS Application for Evaluating Accessibility and Optimizing Locations of Transit Service Facilities. Paper presented at the 78th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC. ZDA
- Zhao, F. 1998: GIS Analysis of the Impact of Community Design on Transit Accessibility. *Proceedings of the ASCE South Florida Section Annual Meeting*. ZDA
- Zhao, F., Min-Tang, L., Chow, L.F., Gan, A., Shen D. 2002: FSUTMS Mode Choice Modeling: Factors Affecting Transit Use and Access. Final report, National Center For Transit Research (NCTR), University of South Florida, Tampa. ZDA.

# UPORABA GIS-A V NARAVOVARSTVENIH SMERNICAH

Matej Petkovšek\* in Mojca Tomažič\*

UDK: 502/504:004.6, UDK: 91:659.2:004

## Izvleček

### *Uporaba GIS-a v naravovarstvenih smernicah*

Zavod RS za varstvo narave se vključuje v postopke načrtovanja rabe naravnih dobrin in urejanja prostora s pripravo naravovarstvenih smernic. V prispevku predstavljamo uporabo GIS-a za pripravo kartografskih prilog v formatu Arc View. Prikazana je tudi priprava digitalnih baz podatkov z naravovarstveno vsebino.

## Ključne besede

Naravovarstvene smernice, prostorsko načrtovanje, »naravovarstveni« geografski informacijski sistem, Zavod RS za varstvo narave

## Abstract

### *The use of GIS in the guideline of nature conservation*

The Institute of the Republic of Slovenia for Nature Conservation is included in the proceedings of planning the use of natural goods and spatial planning with the guideline of nature conservation. This paper presents the use of GIS for preparing cartographic annexes in ArcView format and digital databases with contents of nature conservation.

## Key words

Guideline of nature conservation, spatial planning, GIS in nature conservation, Institut of the Republic of Slovenia for Nature Conservation

## 1 UVOD

Pravno varovanje narave ima v Sloveniji že skoraj stoletno tradicijo. Na podlagi Spomenice, dokumenta, ki ga je pripravil Odsek za varstvo prirode in prirodnih spomenikov Muzejskega društva Slovenije, je bilo leta 1924 zavarovano prvo večje območje v Sloveniji – Alpski varstveni park v Dolini Triglavskih jezer. Kljub temu pa je bilo varstvo narave takrat domena ozkega kroga strokovnjakov, zbranih v Odseku, po II. svetovni vojni pa v Zavodu za spomeniško varstvo. Ostala strokovna javnost, kakor tudi širša javnost s področjem varstva narave ni bila seznanjena. Tako se je v šestdesetih letih prejšnjega stol. prvič pokazal problem ne vključevanja področja varstva narave v prostorsko planiranje. Zakon o varstvu naravne in kulturne dediščine iz leta 1981 je v povezavi z drugimi zakonskimi in podzakonski akti (zakoni o sistemu družbenega planiranja, o urejanju prostora, o urejanju naselij in drugih posegih v prostor...) uvedel področje varstva narave v družbeno planiranje.

\* Zavod RS za varstvo narave – območna enota Celje, Stanetova 6, 3000 Celje, matej.petkovsek@zrsvn.si, mojca.tomazic@zrsvn.si



Vse do sprejetja Zakona o ohranjanju narave je bila vsebina varstva narave v prostorskem načrtovanju slabo zastopana. Največkrat je bila vloga »drugotna«, »postranska«, saj je takratna strokovna služba v prvo vrsto postavljala kulturno dediščino in tudi število strokovnjakov, ki so se ukvarjali z varstvom naravne dediščine je bilo neprimerno manjše od strokovnjakov na področju kulturne dediščine. Naravna dediščina se je na kartografskih prilogah prikazovala skupaj s kulturno dediščino. S tem je bilo zadoščeno pravnim potrebam, dejansko pa je bilo varstvo naravne dediščine relativno slabo upoštevano pri planiranju. Z leti in desetletji je postajala vsebina varstva narave jasnejša, metodološko enotnejša, bolj strokovna in tudi argumentirana. Od prvih začetkov, ko je bila v pretežni meri zastopana predvsem vsebina, po pomenu in vrednotenju integrirana v skupno službo in prezentacijo varstva naravne in kulturne dediščine, do povsem samostojne strokovne organizacije z dobro izdelanim sistemom metod opisovanja, argumentiranja, dokumentiranja in prikazovanja.

## 2 VLOGA ZAVODA RS ZA VARSTVO NARAVE

Z začetkom dela Zavoda RS za varstvo narave v letu 2002 se je za ohranjanje narave začelo novo obdobje. Organizacijska shema s Svetom Zavoda na vrhu, zatem Osrednjo enoto, ki združuje strokovne in splošne službe ter sedmimi območnimi enotami je omogočila teritorialno pokritost območja Slovenije. Kot javna služba zavod zbira, evidentira, vrednoti vsebine ohranjanja narave, pripravlja strokovne predloge, sodeluje pri pripravi načrtov upravljanja... Na podlagi javnega pooblastila zavod pripravlja naravovarstvene smernice s katerimi se vključuje v vse segmente prostorskega načrtovanja, upravlja z bazami podatkov, izdaja strokovna mnenja, skrbi za enotnost strokovnih metod in opravlja strokovni nadzor. Zavod pa opravlja tudi druge naloge, kot so popularizacija vsebin ohranjanja narave, izobraževanje na vseh nivojih, sodelovanje in pomoč lastnikom zemljišč na zavarovanih območjih, ozaveščanje javnosti.

Zakon o ohranjanju narave (ZON), ki je bil sprejet leta 1999 in nato nekajkrat spremenjen, je prinesel velike spremembe tako pri sami vsebini varstva narave kot tudi pri vključevanju področja varstva narave v prostorsko planiranje. Od državnih in lokalnih organov ter drugih oseb javnega prava, ki so pristojne za pripravo prostorskih aktov in drugih aktov rabe naravnih dobrin »zahteva« pridobitev naravovarstvenih smernic.

## 3 NARAVOVARSTVENE SMERNICE

Naravovarstvene smernice so strokovno gradivo, s katerim se za območja, ki imajo na podlagi predpisov s področja ohranjanja narave poseben status, opredelijo usmeritve, izhodišča in pogoji za varstvo naravnih vrednot in zavarovanih območij ter ohranjanje biotske raznovrstnosti.

V preteklih nekaj desetletjih termina naravovarstvenih smernic, kot ga poznamo in uporabljamo danes, strokovna služba za varstvo naravne in kulturne dediščine ni poznala. Predvsem je šlo zgolj za podajanje vsebin naravne in kulturne dediščine na različnih segmentih prostorskega načrtovanja. V svoji genezi se je vsebina naravne dedišči-

ne spreminjala, dopolnjevala, pa tudi preoblikovala. Največkrat je bila vsebina naravne dediščine podana z osnovnimi atributi kot ime, sinonim, lega, kratak opis ter kot priloga kartografska dokumentacija v merilu 1:25000. Merilo prikazovanja je bilo primerno le za orientacijo v prostoru, medtem, ko je prikazovanje natančnejše lokacije ali območja, vsaj v merilu 1:5000 bilo redkejše.

Naravovarstvene smernice imajo splošni in posebni del ter kartografsko prilogo. V splošnem delu je podan pregled z oceno stanja in osnovnimi značilnostmi ekološko pomembnih in posebnih varstvenih območij, območij, kjer se pričakuje obstoj naravnih vrednot, ter tistih delov narave, ki so spoznani za naravne vrednote ter zavarovanih območij. Posebni del vsebuje varstvene smernice za ohranitev habitatnih tipov in habitatov vrst v ugodnem stanju ter za ohranjanje biotske raznovrstnosti v krajini, ukrepe varstva, varstvene režime in razvojne usmeritve za varstvo ekološko pomembnih in posebnih varstvenih območij ter naravnih vrednot in zavarovanih območij. V kartografski prilogi so prikazana prej omenjena območja v merilu 1:25.000 ali 1:5.000.

### *3.1 Kartografske priloge v naravovarstvenih smernicah*

Z vključevanjem naravovarstvenih vsebin v prostorsko načrtovanje se je pokazala potreba po grafičnem prikazovanju naravovarstvenih območij in objektov. Od leta 1981 se je kot del prostorskega načrtovanja naravna dediščina prikazovala skupaj s kulturno dediščino na papirnih kartah. Temu je bila prilagojena tudi baza naravne dediščine, ki pa se ni vodila enotno. Papirne karte so široko dostopne, razumljive in tudi dovolj kvalitetne baze ter tako predstavljajo ustrezno rešitev za pregledovanje manjšega števila vsebin. Za primerjavo z drugimi strokami, analizo prostora, vrednotenje po različnih izbranih merilih in druge manipulacije s prostorskimi podatki pa je veliko primernejša uporaba in izdelava digitalnih geografskih informacijskih sistemov (GIS). GIS kot informacijski sistem za zajemanje, vzdrževanje, obdelavo, analize in predstavitev prostorskih podatkov danes postopoma zamenjuje klasično papirno kartografijo tudi v javni upravi in drugih javnih službah.

S sprejetjem Zakona o ohranjanju narave leta 1999 se je število naravovarstvenih vsebin razširilo iz varovanja naravnih vrednot (naravne dediščine) še na ohranjanje biotske raznovrstnosti. Zaradi preglednosti imajo naravovarstvene smernice tako kar pet kartografskih prilog, ki jih morajo pripravljavci prostorskih aktov vključiti v akt. Zaradi dolgotrajnih in zato relativno dragih postopkov priprave papirnatih kart se Agencija RS za okolje v okviru Ministrstva za okolje, prostor in energijo (MOPE) v sodelovanju z Zavodom RS za varstvo narave odločila, da zgradi »naravovarstveni« GIS, s katerim se bo tudi varstvo narave enakopravno vključevalo v načrtovanje dogajanj v prostoru. GIS je namreč edini možni način kompleksnega pregleda nad prostorom in s tem tudi nad naravovarstveno pomembnimi vsebinami.

Zavod RS za varstvo narave je bil leta 2000 opremljen z ustrezno strojno in programsko opremo (Arc View 3.2, ki je danes nadomeščen z Arc View 8), precejšen vložek je bil tudi v izobraževanje delavcev. Na začetku je bilo potrebno vzpostaviti digitalne baze podatkov. Najprej se je pristopilo k izdelavi baze naravnih vrednot. Podatki za to bazo so bili zajeti iz obstoječih papirnih kart planskih aktov in strokovnih osnov, ki so



bile digitalizirane. Zaradi različne kvalitete in natančnosti vhodnih podatkov je bila uporabnost te baze vprašljiva, zato so se vsa območja ročno popravljala najprej na podlagi DTN 25 nato pa še na DTK 5 s pomočjo digitalnih ortofoto posnetkov. Drugo bazo podatkov predstavljajo zavarovana območja. Podatki so bili zajeti iz obstoječih odlokov o zavarovanju in digitalizirani s pomočjo digitalnega katastra. Zaradi novih vsebin, ki jih je na področju varstva narave predpisal ZON, je Zavod RS za varstvo narave povsem na novo izdelal še sloj ekološko pomembnih območij. Pri zamejitvi teh območij, ki je potekala na podlagi poznavanja terena s pomočjo digitalnega katastra, smo si pomagali tudi z digitalnimi ortofoto posnetki. Znotraj sloja ekološko pomembnih območij je vključen še sloj posebnih varstvenih območij – območja Natura 2000, ki predstavlja del vseevropskega ekološkega omrežja z osnovnim ciljem ohraniti biotsko raznovrstnost. Eden izmed pomembnejših slojev, ki bi bil v naravovarstvenih smernicah še potreben, so habitatni tipi. Zajem podatkov za pripravo te baze zahteva velika finančna sredstva in visoko usposobljene strokovnjake, zato kartiranje poteka relativno počasi.

To so osnovni naravovarstveni sloji, s katerimi Zavod RS za varstvo narave trenutno razpolaga in jih vključuje v naravovarstvene smernice. Seznime baze naravnih vrednot in ekološko pomembnih območij, ki niso prostorsko opredeljive, podpirajo pa prostorske podatke, so v MS-Access-ovi bazi. Natančnost standardov vsebine določajo izvorni podatki. Za večino zgoraj omenjenih baz je osnova merilo 1:5000. Vse baze je potrebno še dopolnjevati in jih popravljati, da bo dosežena čim večja natančnost. Nedorečeno še ostaja vprašanje prikazovanja in uporabe topografskih znakov, s katerimi v kartografskih prilogah prikazujemo naravovarstvene vsebine.

Zaradi potrebe po vse večji natančnosti pri prostorskem načrtovanju predvsem na lokalnem nivoju, se danes od naravovarstvene službe zahteva podrobnejša opredelitev lokacij in njihovo vrednotenje. GIS omogoča izvajanje različnih analiz tudi v naravovarstvu, tako znotraj stroke kot tudi v povezavi z drugimi strokami. S pomočjo teh analiz bo lažje utemeljevati argumente, s katerimi naravovarstvena stroka nastopa proti načrtovalcem oz. investitorjem spornih posegov ter jim predlagala tudi morebitne alternativne rešitve.

Poleg vključevanja v prostorsko načrtovanje se danes »naravovarstveni« GIS vključuje tudi na nekatera druga področja. Tako Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano s pomočjo slojev zavarovanih območij in ekološko pomembnih območij, ki sta pripravljena na podlagi digitalnega katastra, določa območja z višjimi subvencijami v kmetijstvu. Zaradi črpanja sredstev iz različnih strukturnih skladov Evropske unije se bo predvsem na področju kmetijstva še povečalo povpraševanje po podatkih, ki jih nudi »naravovarstveni« GIS. Zato bo potrebno natančnost podatkov prilagoditi potrebam. Vse naravovarstvene vsebine bo potrebno prikazati na parcelnih mejah.

#### 4 STROŠKI IN KORISTI UVAJANJA GIS TEHNOLOGIJE

Uvajanje GIS tehnologije na področje naravovarstva je zagotovo pomenilo na začetku visoke stroške in malo koristi, kasneje pa so se stroški zmanjšali koristi pa povečale. Nakup strojne in programske opreme ter izobraževanje delavcev so bili gotovo med najvišjimi stroški na začetku. Tudi zajemanje podatkov in priprava ustreznih baz predstavlja velik strošek. Kasneje se stroški zmanjšajo, saj vključujejo predvsem vzdrževanje opreme in

baz podatkov. Koristi se povečajo. Čas priprave kartografskih prilog k naravovarstvenim smernicam se občutno skrajša. Priloge so preglednejše in kakovostnejše. Uporabnikom se lahko posredujejo v digitalni obliki, prav tako se v digitalni obliki shranjuje arhivski izvod. Ni več velikih kartnih pol, ki so zavzemale veliko prostora in predstavljale relativno velik materialni strošek. Boljše je hranjenje, varovanje in posodabljanje podatkovnih baz. Ena izmed najpomembnejših koristi, ki se bo pokazala sčasoma, bo boljša kakovost prostorskih analiz, ki jih bo v obliki ustreznih usmeritev potrebno vključevati tudi v naravovarstvene smernice. Posredno se bo s tem izboljšala kakovost prostorskega planiranja, kar bo pripomoglo k varstvu naravnih vrednot in ohranjanju biotske raznovrstnosti.

## 5 PRIHODNOST GIS-A V NARAVOVARSTVU

Poleg samega vzdrževanja posameznih slojev »naravovarstvenega« GIS-a bo verjetno prvenstvena naloga približati GIS širšemu krogu uporabnikov oz. javnosti. Danes sistem »naravovarstvenega« GIS-a deluje večinoma na posameznih osebnih računalnikih. Ker se uporablja prostorski format Arc View, obstaja možnost javnega pregledovanja s primerno varnostjo za podatke z brezplačnim programom Arc Explorer. Del »naravovarstvenega« GIS-a pa je preko svetovnega spleta že dostopen javnosti, in sicer v Naravovarstvenem atlasu Agencije RS za okolje. Uporabniki ga lahko uporabljajo z običajnimi spletnimi brkljalniki. Brkljalniku so dodane nekatere funkcionalnosti, kar daje vtis o interaktivnosti prikaza. Hkrati s prednostmi, ki jih prinaša uporaba naravovarstvenih prostorskih podatkov na medmrežju se poraja tudi niz problemov in vprašanj, kot denimo pravna vprašanja glede avtorstva podatkov in cenovne politike za podatke.

## VIRI IN LITERATURA:

- Boldin, D., Jakoš A. 1994: Geografski informacijski sistemi v prostorskem planiranju – primer občine Piran. V: GIS v Sloveniji 1993–94. Zbornik referatov simpozija. Ljubljana. str. 213–222.
- Dobravec, J. 1998: Kartiranje habitatnih tipov Republike Slovenije. Metoda in organizacija. Triglavski narodni park.
- Hočevnar, M., Hladnik D., Kovač M. 1992: Zasnova prostorskega informacijskega sistema (PIS/GIS) kot podlage za večnamensko gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino. V: GIS v Sloveniji 1993–94. Zbornik referatov simpozija. Ljubljana. str. 153–167.
- Skoberne, P., 1995: 75 let Spomenice Odseka za varstvo prirode in prirodnih spomenikov. Uprava Republike Slovenije za varstvo narave. Ljubljana.
- Šumrada, R. 2004: Analiza stroškov in koristi v sistemih GIS. Predavanje. Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za geodezijo.
- Šumrada, R. 2004: Osrednja in porazdeljena uporaba GIS tehnologije. Predavanje. Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za geodezijo.
- Zakon o ohranjanju narave (ZON) 1999. Uradni list RS št. 56/99, 31/00, 119/02, 41/04.





# PROSTORSKO INFORMACIJSKI SISTEM IN PRIPRAVA PROSTORSKIH AKTOV PO NOVEM ZAKONU O UREJANJU PROSTORA

Aleš Mlakar\*

UDK: 711:659.2:004(497.4 Ljubljana)

## *Izyleček*

*Prostorsko informacijski sistem in priprava prostorskih aktov po novem Zakonu o urejanju prostora*

Vzpostavitev kompleksnega prostorsko informacijskega sistema je eden od načinov preseganja dilem prehodnega obdobja urejanja prostora. Sistem, izoblikovan v okviru priprave prostorskih aktov Mestne občine Ljubljana, temelji na celovitem pregledu zaokroženih plasti urejanja prostora, združenih v pet osnovnih vsebinskih sklopov – namensko rabo prostora, območja varovanj in omejitev, regulacijo, oblikovanje ter prostorske sisteme. Sistem sestoji iz treh povezanih ravni – strateške, operativne in izvedbene, ter vključuje dva osnovna tipa podatkov – podatke, ki se kot atributi vežejo na prenovljen sistem prostorskih in funkcionalnih enot, ki pokrivajo celoten prostor občine, ter podatke, ki so v prostoru razporejeni neodvisno od teh enot. Grafični del je z besednim delom povezan na način, ki omogoča avtomatizacijo priprave lokacijske informacije.

## *Ključne besede*

*urejanje prostora, prostorsko informacijski sistem, Ljubljana, prostorski akti*

## *Abstract*

*Using Spatial Information System within the Preparation of Spatial Planning Documents According to the New Spatial Planning Act*

Complex spatial information system is a way of surpassing dilemmas connected to transition period of spatial planning and management. System, developed within the process of preparation of spatial planning documents for Municipality of Ljubljana, is based on integral review of spatial planning layers, united to five basic divisions – land use, protection and restriction areas, regulation, design and spatial systems. System contains three linked up levels – strategic, operative and executive one and includes two basic types of data – data, linked as attributes to the system of spatial and functional units covering the whole area of municipality and those which are disposed across the area of municipality independently of those units. Graphic part of the system is connected to verbal part in a way that enables automatic preparation of planning information.

## *Keywords*

*spatial planning and management, spatial information system, Ljubljana, spatial planning documents*

\* LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod, d.d., Verovškova 64, 1000 Ljubljana, ales.mlakar@luz.si



## 1 UVOD

Problematika prehodnega obdobja urejanja prostora, in s tem povezana nedorečenost izdelave prostorskih aktov po novem Zakonu o urejanju prostora, se kaže tudi v geoinformacijskem smislu.

- Očiten je razkorak med akademsko sfero in sfero aplikacije GIS v praksi urejanja prostora. Marsikaj zapisanega v tem prispevku se bo zdelo strokovnjakom, ki na takih srečanjih sodelujejo, samo po sebi umevno, v posameznih strokovnih in uradniških krogih povezanih z urejanjem prostora pa sila težko dopovedljivo.
- Nerazumljiva nepovezanost vsebin strateških in izvedbenih aktov se odraža tudi v vertikalni nepovezanosti analognih podatkovnih plasti teh aktov.
- Sosledje določil podzakonskih predpisov Zakona o urejanju prostora izhaja neposredno iz določil samega zakona, kar ima za posledico, da predpisi ne podajajo pregledne strukture prostorskih aktov, posledično podatkovnih plasti, kakor tudi ne pokrivajo nujno vseh vsebin urejanja prostora.
- Očitno je razmišljanje o klasičnih kartah, njih legendah in merilih, premalo pa se upošteva možnosti, ki jih nudijo sodobni prostorsko informacijski sistemi. Razmišljanje sovпада s presenetljivim dejstvom, da se računalniška tehnologija ponekod še vedno uporablja zgolj kot risarsko orodje in ne kot priložnost priprave večplastnih prostorskih aktov.
- Problematično je nerazumevanje vsebinskega bistva posameznih podatkov oz. podrejenost vsebine podatkov informacijskemu vidiku sistema.
- Problematično je nerazumevanje bistva prostorskega načrtovanja, torej razmišljanja o prihodnosti, ki se kaže v izraziti naravnosti geografsko informacijskega vidika urejanja prostora na obravnavo stanja.

## 2 ZASNOVA PROSTORSKO INFORMACIJSKEGA SISTEMA PROSTORSKIH AKTOV MESTNE OBČINE LJUBLJANA

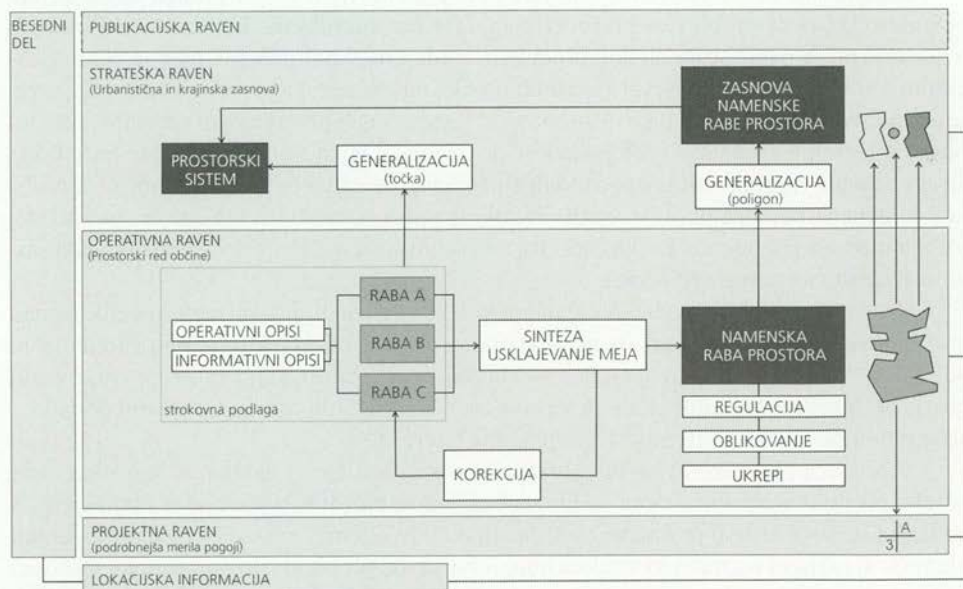
Z namenom preseči gornje dileme, je bila v okviru priprave izhodišč za izdelavo novih prostorskih aktov MOL (Mlakar et al 2004), posebna pozornost namenjena zasnovi prostorsko informacijskega sistema prostorskih aktov. Kot ključen je izpostavljen celovit pregled zaokroženih plasti urejanja prostora, ne glede na to, kako bodo (so) vsebine linearno nanizane v pravnih osnovah oz. samih prostorskih aktih različnih ravni. Vsebine urejanja prostora so razdeljene v pet sklopov, ki so hkrati sklopi prostorsko informacijskega sistema:

1. *namenska raba prostora*
2. *območja varovanj in omejitev*, ki vključuje raznoliko paleto območij oz. prostorskih pojavov, katerih varovanje je pravno predpisano s »sektorsko« zakonodajo, kakor tudi prostorske kategorije, ki izhajajo iz urejanja prostora samega;
3. *regulacija*, ki obsega opredelitve v zvezi z:

- načini urejanja (stopnja regulacije, območja lokacijskih načrtov),
  - regulacijskimi elementi (izkoriščenost gradbene parcele, višina, tipologija gradnje),
  - prostorskimi ukrepi,
  - določanjem gradbenih parcel in
  - javnimi in poljavnimi površinami ter grajenim javnim dobrim;
4. *oblikovanje*, ki se nanaša na urbanistično, arhitekturno in krajinsko arhitekturno oblikovanje;
5. prostorski sistemi, ki vključujejo poleg »klasičnih« sistemov prometne in druge gospodarske infrastrukture tudi sisteme družbene infrastrukture, središč, sistem javnih, zelenih in odprtih bivalnih površin ter rekreacije, sistem urejanja in varstva voda, sistem primarne rabe. Delo temelji na sočasni obdelavi in povezavi prostorskega sistema s tistimi območji namenske rabe, ki se na posamezen sistem vsebinsko navezujejo.

Prostorsko informacijski sistem poleg osnovnih vključuje tri dodatne podatkovne sklope:

- analizo,
- kartografske osnove in
- informativne prostorske podatke, relevantne za urejanje prostora (evidence, inventarji,...).



Slika 1: Shema priprave prostorsko informacijskega sistema – vsebin, ki se nanašajo na namensko rabo prostora in prostorske sisteme.



Prostorski informacijski sistem je zasnovan kot podlaga, iz katere je moč črpati vsebine za vse prostorske akte občine ter podrobnejše strokovne podlage. Glede na raven načrtovanja sistem sestoji iz treh medsebojno povezanih ravni (slika 1):

- *strateške* (raven urbanistične in krajinske zasnove);
- *operativne* (raven prostorskega reda občine);
- *izvedbene* (raven podrobnejših meril in pogojev v okviru prostorskega reda občine).

Predvidena je tudi publikacijska raven, ki pa ni več prostorsko pravilno pozicionirana temveč generalizirana oblika podatkov za potrebe prezentacijskih gradiv. Sistem zagotavlja avtomatizacijo prenosov osnovnega poligona (območja namenske rabe) zajetega s »katastrsko« natančnostjo v generalizirane oblike poligonov ali točke za potrebe strateških aktov ter v alfanumerične znake izpisane v izrisih velikih meril (1:1000).

### 3 ANALIZA KOT IZHODIŠČE ZASNOVE IN GRADNJE PROSTORSKO INFORMACIJSKEGA SISTEMA

Vedenje o prostoru in prostorsko informacijski sistem se izgrajujeta na dva načina:

- s pomočjo obstoječih baz prostorskih podatkov ter
- s pomočjo dodatnih inventarizacij in analiz.

V največji meri se izkorišča obstoječe baze podatkov, pri čemer prihaja zaradi velike raznolikosti baz do problemov pri pretvarjanju teh baz v strukturo, ki jo zahteva Pravilnik o pripravi prostorskih sestavin dolgoročnih in srednjeročnih družbenih planov občin v digitalni obliki (oz. jo bo zahteval Pravilnik o izdelavi Prostorskega reda občine). Iluzorno je pričakovati, da bo prostorski informacijski sistem služb pristojnih za urejanje prostora postal integralno zbirališče vseh podatkov povezanih s prostorom. Vzporedne baze bodo torej obstajale (npr. javnih gospodarskih služb, služb varstva narave in kulturne dediščine), ključnega pomena pa je sprejetje protokola sočasnega ažuriranja baz in opredelitve načina medsebojne identifikacije (npr. šifre odsekov cest, EŠD – enotna številka dediščine iz Registra kulturne dediščine).

Drug način zbiranja podatkov je načrtovalska analiza, ki ji pripisujemo velik pomen pri oblikovanju koncepta razvoja in varstva prostora ter pri objektivnejšem sprejemanju odločitev. Analiza je izrazito usmerjena v zbiranje tistih informacij, ki služijo oblikovanju prostorskih rešitev v samih aktih. Povezava med analitičnimi in regulacijskimi podatki v sistemu omogoča transparentnost sprejemanja teh rešitev.

V primerih, ko enostavna kategorizacija vsebin analize ni možna ali smiselna, delo poteka po principu pripisovanja večih atributov posameznim homogenim območjem. S takim pristopom rešimo praktično vse klasifikacijske dileme, enotno bazo s homogenimi območji si različni uporabniki strukturirajo odvisno od problema, ki ga rešujejo. Osnovni namen enotnih klasifikacij, ki jo mora podpirati usklajeno delovanje posameznih služb občin, je, da se dela znotraj občine ne podvajajo oz. opravljajo tako, da služijo večim potrebam v občini.

#### 4 ČLENITEV OBMOČJA OBČINE IN ALFANUMERIČNI PODATKI UREJANJA PROSTORA

Prostorsko informacijski sistem vključuje dva osnovna tipa podatkov:

- podatke, ki nimajo »lastnih« območij in se kot atributi vežejo na sistem prostorskih in funkcionalnih enot ter
- podatke, ki so v prostoru razporejeni neodvisno od teh enot, to so predvsem podatki iz sklopa »varstvo in omejitve«.

Zakon o urejanju prostora v 3. točki 1. odstavka 63. člena nalaga, da prostorski red občine določa »členitev območja občine na prostorske in funkcionalne enote, za katere bodo izdelani prostorski akti in merila in pogoji za varovanje prostora«. Določilo skupaj z določili o območjih osnovne in podrobne namenske rabe dopušča več interpretacij, ki presegajo to razpravo. Za potrebe konkretne členitve območja občine in oblikovanja prostorskega informacijskega sistema je bilo predpostavljeno, da je osnovna (najnižja) delitev prostora občine delitev na območja (površine) podrobne namenske rabe prostora oz. dele območja podrobne namenske rabe, kadar gre za »delitev glede na značilnosti prostorskega vzorca stavbnih tipov«. Ta območja lahko vzporejamo z območji, ki jih današnja prostorsko načrtovalska praksa v Ljubljani pozna kot »morfološke enote«. Poenostavljeno rečeno so to območja, ki so homogena glede na namensko rabo prostora, tip gradnje ter osnovne regulacijske elemente.

Ključno je, da območja namenske rabe prostora območje občine delijo enolično – prekrivajo ga v celoti, različne vrste območij namenske rabe pa se ne prekrivajo. Zaradi te značilnosti se na območja namenske rabe prostora lahko atributno vežejo tudi drugi alfanumerični podatki urejanja prostora, kadar je to seveda zaradi jasnosti podajanja meril in pogojev za urejanje prostora možno in smiselno.

Podatki, vezani na gornje enote, so v sistemu deljeni na (slika 2):

- grafični del (podatkovne tabele) in
- besedni del (tekstualne datoteke).

V grafičnim delu opisa so v podatkovnih tabelah zapisani najbolj relevantni podatki ter podatki, ki jih je možno in smiselno zapisovati s pomočjo vnaprejšnjih kategorij, šifer ali kratkih opisov, oz. jih je potrebno ali smiselno tudi grafično prikazovati. V besednem delu so zapisane vsebine, ki zahtevajo daljše besedne opise.

*Grafični del opisov*, ki se vežejo na območja podrobne namenske rabe v delimo na:

- *skupni (obvezni) del opisa*, ki se nanaša na namensko rabo prostora in osnovno identifikacijo območja in izhaja iz veljavnega Pravilnika o pripravi prostorskih sestavin dolgoročnih in srednjeročnih družbenih planov občin v digitalni obliki ter se obvezno predaja Ministrstvu za okolje, prostor in energijo;
- *splošni del opisa*, ki vključuje dodatne identifikacijske podatke (npr. ledinsko ime), splošne GIS podatke (npr. površina območja) in ostale informativne podatke, ki se nanašajo na vsa območja (npr. datum, opombe);
- *regulacijski del opisa*, s katerimi se podajajo merila in pogoji za urejanje prostora in je enoten za vsa območja namenske rabe. Regulacijski del opisa vključuje opise:

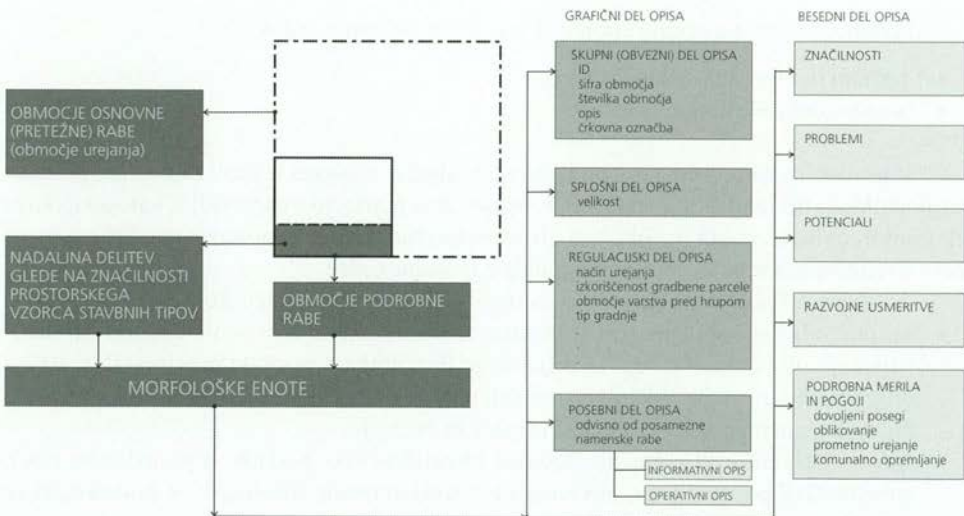


- načina urejanja,
- izkoriščenosti gradbene parcele,
- regulacije višine objektov,
- regulacije odmikov,
- tipologije gradnje,
- stopnje varstva bivalnega okolja,
- prostorskih ukrepov;
- *posebni del opisa*, ki se nanaša samo na območja posamezne kategorije namenske rabe. Ta opis se deli na:
  - operativne opise, ki predstavljajo dopolnitev regulacijskih opisov za posamezno kategorijo rabe,
  - informativne opise, ki služijo vpisu ostalih za urejanje prostora relevantnih podatkov.

Priprava *besednega dela* sledi grafični povezanosti prostorskega sistema ter območij podrobne rabe, ki se vsebinsko navezuje na posamezen prostorski sistem. Ključna je povezanost grafičnega dela z besednim delom na način, ki omogoča avtomatizacijo priprave lokacijske informacije kot končnega rezultata prostorsko informacijskega sistema.

Besedila vključujejo:

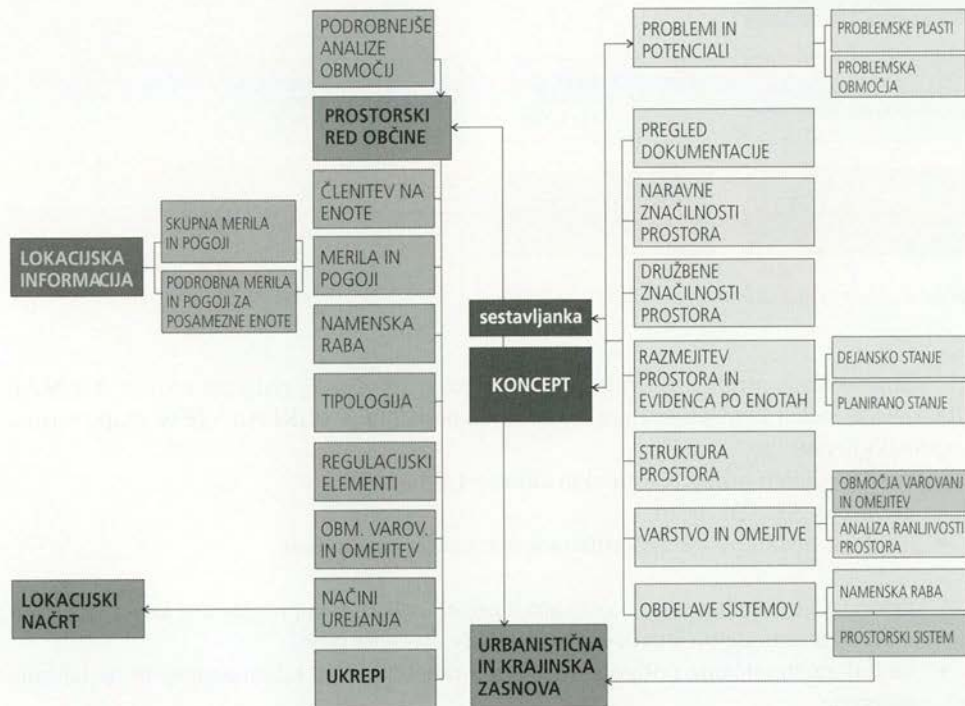
- skupne opise in določila (merila in pogoje), ki veljajo za posamezne tipe območij oz. se nanašajo na posamezne vsebine prostorskega urejanja – prostorske sisteme oz. kategorije rabe;
- podrobnejše opise in določila (merila in pogoje) za pripravo projektov za pridobitev gradbenega dovoljenja oz. usmeritve za izdelavo lokacijskih načrtov, ki veljajo za posamezne enote oz. ureditvena območja.



Slika 2: Shema strukture podatkov o območjih namenske rabe prostora kot osnovnih območij razdelitve prostora občine.

## 5 POSTOPEK DELA S PROSTORSKIMI PODATKI

Postopek dela s podatki je v celoti podrejen vsebinski pripravi prostorskih aktov, razvidni iz slike 3.



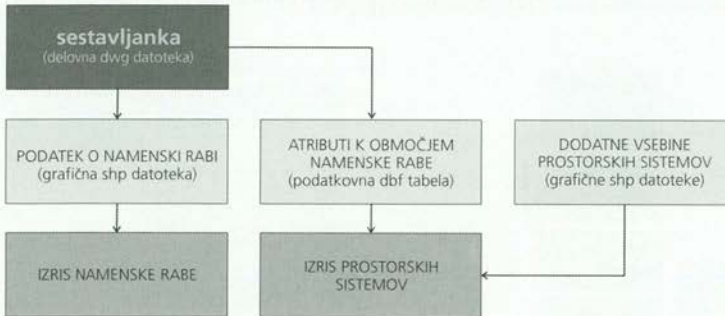
Slika 3: Shema priprave strokovnih podlag in prostorskih aktov

Vmesni korak med načrtovalsko analizo oz. pripravo razvojnega koncepta ter pripravo grafičnega dela prostorskih aktov predstavlja t.i. *sestavljanka*. Osnovi namen sestavljanke je natančno razmejiti prostor občine na območja namenske rabe – v tehničnem smislu torej sestaviti enolično poligonsko mrežo. Sestavljanko predstavlja kompleksna datoteka izdelana v programu AutoCAD MAP 2004, ki obsega:

- *kartografske podloge* (topografija, DKN, orfototo);
- *vhodne sloje*:
  - tematske obdelave (območja posameznih namenskih rab po predlogih tematskih obdelovalcev),
  - območja varovanja in omejitev,
  - druge podatke iz načrtovalske analize odvisno od načrtovalskega problema;
- *izhodne sloje*:
  - območja podrobne namenske rabe (morfološke enote),
  - območja osnovne namenske rabe (območja urejanja),
  - attribute k območjem podrobne namenske rabe (regulacijske elemente),
  - attribute za potrebe priprave grafičnih prikazov prostorskih sistemov.



Vsak poligon v risbi vključuje povezavo z eno ali več različnimi tematskimi tabelami, v katerih so zapisani atributi glede na obravnavano temo (slika 4).



Slika 4: Shema povezanosti podatkov.

Topološka kontrola grafičnih elementov se izvaja znotraj programa AutoCAD MAP 2004. Pri končani kontroli se opravi pretvorba podatkov v ESRI ArcVIEW shape format zapisa, ki je potrebna zaradi:

- tiska grafičnih prilog prostorskih aktov z ESRI orodji,
- prenosa v ArcSDE bazo,
- priprave podatkov v standardiziranem izmenljivem zapisu.

Priprava grafičnih prilog je olajšana s pripravo različnih programov, kot so npr.:

- modul za samodejno številčenje poligonov osnovne rabe,
- modul za številčenje poligonov osnovne rabe glede na izbrano smer in na izbrane poligone,
- modul za logično številčenje poligonov podrobne rabe znotraj poligonov osnovne rabe,
- modul za pripisovanje označb poligonov (istočasno štiri vrednosti v posebni obliki),

## 6 SKLEP

Vzpostavitev kompleksnega prostorsko informacijskega sistema z uporabo transparentnih metod dela, od transparentnega pridobivanja podatkov naprej, je eden od načinov presejanja dilem prehodnega obdobja urejanja prostora in nedorečenosti podzakonskih aktov ter hkrati osnova sodobne priprave prostorskih aktov.

Pridobivanje prostorskih rešitev je dejansko (lahko) ločeno od pridobivanja formalne oblike prostorskih aktov. Priprava prostorskih aktov praviloma ni sosledna, temveč terjaja nenehna preverjanja strateških odločitev na podrobnejši ravni načrtovanja. Ključen je torej celovit pregled zaokroženih plasti urejanja prostora, ne glede na to, kako bodo (so) vsebine linearno nanizane v pravnih osnovah oz. samih prostorskih aktih različnih ravni. Z razmišljanjem o plasteh urejanja prostora je v fazi priprave strokovnih podlag moč preseči razpravo o poimenovanju, vsebini in merilih kartografskih prilog, saj je po-

samezne vsebine možno kasneje poljubno vnašati v prostorske akte na način, kot bo v določenem časovnem preseku to formalno zahtevano.

## VIRI IN LITERATURA

- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. 1998: Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford.
- Hangartner, E. 1996: Grundlagen der Bauleitplanung Der Bebauungsplan. Werner-Verlag.
- Hanna, K.C., Culpepper R.B. 1998: GIS in Site Design. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lokalplanvejledning 1989: Planstyrelsen, Information nr. 2 (opomba: Dansko navodilo za lokalne plane).
- Mlakar, A., Bevk, J., Jordan, F. 2003: Izvedba testnega primera prostorskega reda občine. LUZ d.d., št. naloge 5360. Naročnik: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Urad za prostorsko planiranje.
- Mlakar, A., Ostojič, I., Bevk, J., Bizjak, N., Jankovič, K., Simoneti, M., Vertelj, P. 2004: Strokovne podlage za sloje prostorskega plana Mestne občine Ljubljana – sklop 1. Izdelava testnega primera sprememb in dopolnitev dolgoročnega in srednjeročnega plana MOL ter sprememb in dopolnitev prostorskih ureditvenih pogojev za planski celoti Š4-Dravlje in Š5-Stegne. Zaključno poročilo: Vsebina, oblika in način priprave prostorskih aktov MOL po novem Zakonu o urejanju prostora. LUZ d.d., št. naloge 5405. Naročnik: Mestna občina Ljubljana, Oddelek za urbanizem.
- Pravilnik o podrobnejši vsebini, obliki in načinu priprave strategije prostorskega razvoja občine ter vrstah njenih strokovnih podlag (Ur.l. RS, št. 17/04).
- Pravilnik o pripravi prostorskih sestavin planskih aktov občin v digitalni obliki (Ur.l. RS št. 20/03).
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1, Ur.l. RS št. 110/02, 8/03, 55/03, 58/03).





# ČEZMEJNA BAZA PROSTORSKIH PODATKOV IN GIS SKUPNEGA GORIŠKEGA PROSTORA

Daniel Jarc\*

UDK: 91:659.2:004

## *Ivleček*

### *Čezmejna baza prostorskih podatkov in GIS skupnega goriškega prostora*

Na Goriški Pokrajini pripravljamo v okviru načrta Interreg IIIA Transplan čezmejno bazo prostorskih podatkov in tematske karte, ki so osnova skupnega čezmejnega GIS-a. Podatkovni izbor lahko uporabimo ne le za namene čezmejnega planiranja, ampak tudi za različne sektorske plane in večje načrte, ki zadevajo Goriško funkcionalno regijo. Relacijska podatkovna baza obsega osnovna prostorska in okoljska področja po modelu DPSIR in jo sestavljajo podatki in informacije, ki jih lahko med sabo primerjamo. Vse podatke detajlno opišemo in jih ocenimo po njihovi zanesljivosti. Zaključni sklep načrta predstavlja komparativna analiza tematskih področij in bolj podrobni pregled nekaterih kritičnih problematik. Podatkovno bazo in tematske karte bomo tudi objavili na internetnih spletnih straneh, kar bo omogočalo širšo informiranje o prostorskih planskih podlagah za Goriško čezmejno funkcionalno regijo.

## *Ključne besede*

Čezmejna baza podatkov, čezmejni geografski informacijski sistem, čezmejno prostorsko planiranje, tematske karte, komparativna analiza

## *Abstract*

### *Crossborder spatial database and GIS of common territory of Gorizia*

At the Gorizia Province we are making a crossborder spatial database and thematic maps within the project Interreg IIIA Transplan. These are the basis of the crossborder GIS. We may use the collection of data not only for the purpose of crossborder planning but also for a same different plans and projects for the Gorica functional region. On the basis of the DPSIR framework the relational database include a key territorial and environmental research areas with a lot of comparable data and information. We are describing the set of data and assessing their reliability. The conclusion of the project is a comparative analysis of the thematic fields and a review of the same critical issues in the crossborder area. We will publish the database and the thematic maps on the internet and this will make a more extensive information about grounding in the spatial planning for the crossborder functional region of Gorica.

## *Keywords*

Crossborder database, crossborder geographic information system, crossborder spatial planning, thematic maps, comparative analysis.

## 1 UVOD

Na Goriški Pokrajini izvajamo načrt Transplan iz evropskega programa Interreg IIIA Italija-Slovenija. Transplan je usklajen z drugim, vzporednim načrtom, Modelplan, za katerega je odgovoren Oddelek za geografijo na Tržaški Univerzi. Oba projekta sta v režiji

\* Provincia di Gorizia, ulica Corso Italia 55, 34170 Gorica, daniel.jarc@provincia.gorizia.it



Direkcije za prostorsko planiranje Dežele Furlanije Julijske Krajine. Slovenski partnerji v projektu so Občine Nova Gorica, Šempeter- Vrtojba in Brda ter Razvojna Regijska Agencija Severne Primorske. Projekt je še v teku in ga bomo predvidoma zaključili februarja leta 2005.

Interreg projekti črpajo sredstva iz strukturnih skladov Evropske Unije in so namenjeni okrepitvi čezmejnih odnosov med evropskimi državami. Izhajamo iz dejstva, da so čezmejni odnosi in sodelovanje na Goriškem potekali že vrsto let spontano in učinkovito na marsikaterem področju predvsem po zaslugi nevladnih in raziskovalnih organizacij ter ustanov. V prostorskem planiranju pa so ostajali vedno le dobri nameni, kljub velikokrat poudarjeni volji in potrebi po skupnem reševanju vsaj nekaterih prostorskih problemov.

Zaradi tega ni treba na tem področju novega spodbujanja k sodelovanju, temveč je bolj pomembno, da nudijo javne ustanove sredstva za izvajanje skupnih načrtov in da uskladijo obstoječe znanje, spoznanja in prostorske dokumente. Potrebna so namreč trdna izhodišča in podlage za učinkovito izvajanje skupnih čezmejnih načrtov in za odločanje o razvojnih ukrepih in možnostih goriškega prostora. Zato nam čezmejno prostorsko planiranje pomeni usklajevanje spoznanj o širšem – nadobčinskem, regijskem – fizičnem prostoru in družbi in določanje ter izvajanje ukrepov za skupni prostorski in družbeni razvoj. Prvi korak v to smer pa je ureditev spoznanj in seveda podatkov in aktov, metodologij ter znanja.

V bazi podatkov in v GIS-u pregledno uredimo in prikažemo glavne informacije o zbrani dokumentaciji. Sestavimo jih tako, da so primerne za ugotavljanje kritičnih stanj v prostorskem razvoju in za pripravo sinteznih sklepov družbenega stanja. Sistematizacija informacij je izhodišče za učinkovitejše ukrepe in rešitve problemov in za lažje sprejemanje odločanj.

GIS je tudi nenadomestljivo orodje v prostorskih komparativnih analizah, ko gre za primerjanje kompleksnih in različno strukturiranih sistemov podatkov oz. prostorskih aktov, ki podatke vsebujejo. Kompleksnost je v številu informacij, v različnih uporabljenih metodologijah, v različni upravni strukturi, v različnih normativnih aplikacijah in standardih itd. V članku bom prikazal strukturo podatkov, ki je osnova čezmejnega GIS-a in uporabo le-tega v komparativnih analizah.

## 2 NAČRT TRANSPLAN

Cilj Transplana je postaviti osnove za nadaljne strateške odločitve v planiranju čezmejnega prostora. To pomeni pridobiti informacije o prostorskih dejavnikih, ki vplivajo na socio-ekonomski razvoj, ki prikažejo kritična stanja fizičnega prostora in družbe. S tem povezana je tudi vrsta informacij o kakovosti okolja in o dejavnikih trajnostnega razvoja. Ne nazadnje je tudi primerjanje in sintezni pregled prostorskih sistemov osnovni namen Transplana.

Strukturo načrta sestavljajo trije sklopi: podatkovna baza, tematske karte in sklepne ugotovitve. Prvi sklop predstavlja nedvomno temeljno ogrodje načrta. To je izbor podatkov in metapodatkov, oz. informacij o podatkih, na vseh glavnih področjih prostorskega in okoljskega raziskovanja. V tem primeru gre za operativno raziskovanje ali boljše za

zbiranje, sistematično sestavljanje in kritično oceno podatkov, za katere mislimo, da so pomembni pri preučevanju prostora in okolja.

Drugi sklop načrta je kartografski prikaz najbolj značilnih in pa predvsem primerljivih informacij na obravnavanih področjih. Gre za točkovno, linearno ali poligonsko izražene in geokodirane podatke, ki so torej vsekakor razvrščeni v določeno klasifikacijo. Stopnjo njihove primerljivosti ocenjujemo s podobnostjo metodoloških prijemov ali kriterijev razvrščanja, ki imajo vsekakor neko skupno metodološko vodilo, mednarodno uveljavljeno zakonitost ali enostavno podobnost vsebin. Ker v vsakem primeru nikoli ne gre za enakosti, je potrebno uskladiti podatke največkrat na podlagi najbolj utemeljenega ali jasnega postopka. Vedno iščemo skupni imenovalac različnim pristopom do podobnih problemov.

Tretji sklop so sinteze, obračuni in ugotovitve, pravzaprav rezultati komparativne analize. V tem okviru naj bi jasno izrazili kritične točke čezmejnih integracijskih procesov. Na vsakem področju bomo poskusili izluščiti probleme, ki obstajajo pri nekaterih integracijskih procesih in pozitivne prednosti skupnega reševanja. Vprašanju katera so področja, kjer se bo najprej razvilo čezmejno sodelovanje bomo dodali tudi vprašanje kateri so različni interesi v igri in kako bomo premostili težave in nasprotja ter uravnovesili različne zahteve.

Stvaren primer kako lahko razvijamo sodelovanje iz različnih interesov nastane prav na področju prostorskega planiranja, kjer je na slovenski strani prvoten interes, da se lokalne skupnosti med sabo pogovarjajo (in sodelujejo) z namenom, da utrdijo vezi in dobijo skupno motivacijo za nastajanje novih slovenskih regij. Na italijanski strani pa je nedvomno glavni interes, da se premosti gospodarski primanjkljaj (zmanjšanje državne podpore, izguba delovnih mest, konkurenca slovenskega gospodarstva, itd.), ki je nastal ob padcu meje.

Velik del čezmejnega sodelovanja sloni na spoznavanju sogovornika, na poizvedovanju o sosednem prostoru in na medsebojnih odnosih. To je nujna predpostavka za sodelovanje. In tudi osnovni nosilec interesov v prostoru je posamezni občan, čeprav je seveda posameznik prešibek člen, da bi lahko sam vplival na spremembe v prostoru. Ne glede na to je informiranje in udeležba posameznika, oz. interesne skupine, organizacije, ustanove itd. osnovni namen tudi čezmejnega sodelovanja. Prav zaradi tega bomo primerne informacije podali preko interneta čim širši publiki in bomo s promocijo rezultatov načrta poskušali sprožiti zanimanje za čezmejne prostorske problematike.

Naši viri informacij, podatkov in spoznanj so pretežno javne ustanove, ki so tudi lastniki podatkov. Zato se je že od vsega začetka postavil problem lastništva podatkov in avtorskih pravic, kar nas pravzaprav omejuje, da velikokrat ne razpolagamo s podatki, ampak le z informacijami o podatkih, oz. metapodatkih. Problem lastništva je možno premostiti z doseganjem skupnih dogovorov o izmenjavi in uporabi podatkov.

### 3 UPORABLJENA METODOLOGIJA

Prvi glavni kriterij pri zbiranju podatkov je digitalna oblika podatka. Prednost imajo numerični in geokodirani podatki. Digitalni format je vsekakor predpostavka za nadaljnjo obdelavo podatka. Seveda ob tem zbiramo še vedno tudi veliko gradiva oz. podatkov v



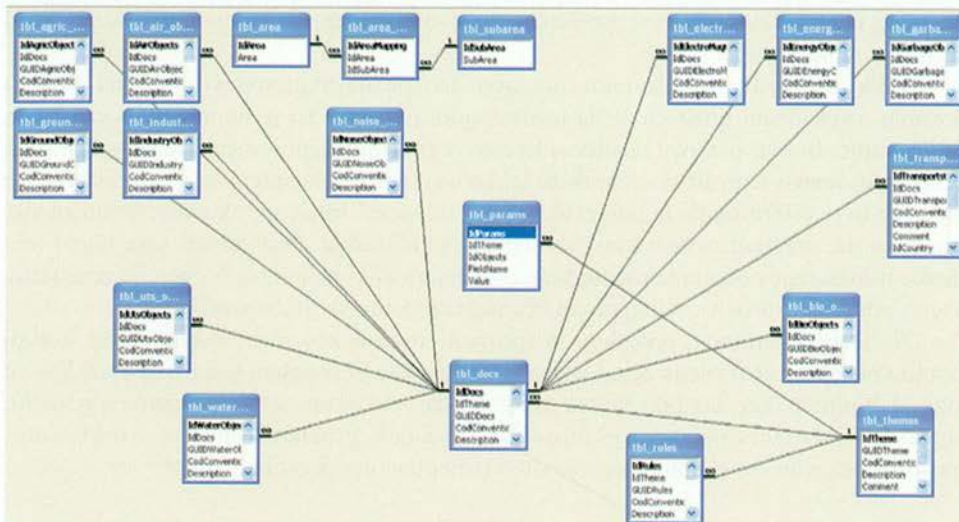
papirnati obliki, ki pa ga v bistvu le klasificiramo kot takega ali v najboljšem primeru digitaliziramo izveček ali ključne informacije.

Pomemben kriterij je obstoj enakega, podobnega ali primerljivega podatka v Italiji oz. v Sloveniji. Velikokrat gre predvsem za primerljivost podatka. To se pravi, da sta podatka po vsebini podobna, izražena pa sta na drugačen način. Gre torej za neke vrste formalne pretvorbe podatka ali integracije oz. poenotenje podatka. Pri tem postopku običajno iščemo metodološka navodila, ki so uveljavljena na evropski ali mednarodni ravni.

Pomemben postopek pri sestavljanju podatkovne baze je tudi ocena zanesljivosti podatka oz. kakovosti in tehtnosti vira podatkov. Oceno smo razvrstili v tri stopnje: najvišjo zanesljivost, povprečno zanesljivost in nezanesljivost. Če gre za uradne podatke javne ustanove je seveda stopnja zanesljivosti najvišja, če pa so podatki neuradni in gre za privatnika je njihova veljava gotovo na najnižji stopnji.

Podatke zbiramo po sklopih (preglednica 1). Celoten sistem smo povzeli po strukturi tematskih področij integralnega modela raziskovanja okolja in okoljskih virov imenovanega DPSIR (driving forces, pressures, states, impacts, responses). Model je osnovni metodološki pristop za pripravo okoljskih poročil na ozemlju Evropske skupnosti. Uporabili sta ga tako Italija kot Slovenija za pripravo okoljskih poročil na državni ravni. Sklope modela smo dopolnili z nekaterimi področji, ki spadajo med ključne argumente prostorskega planiranja.

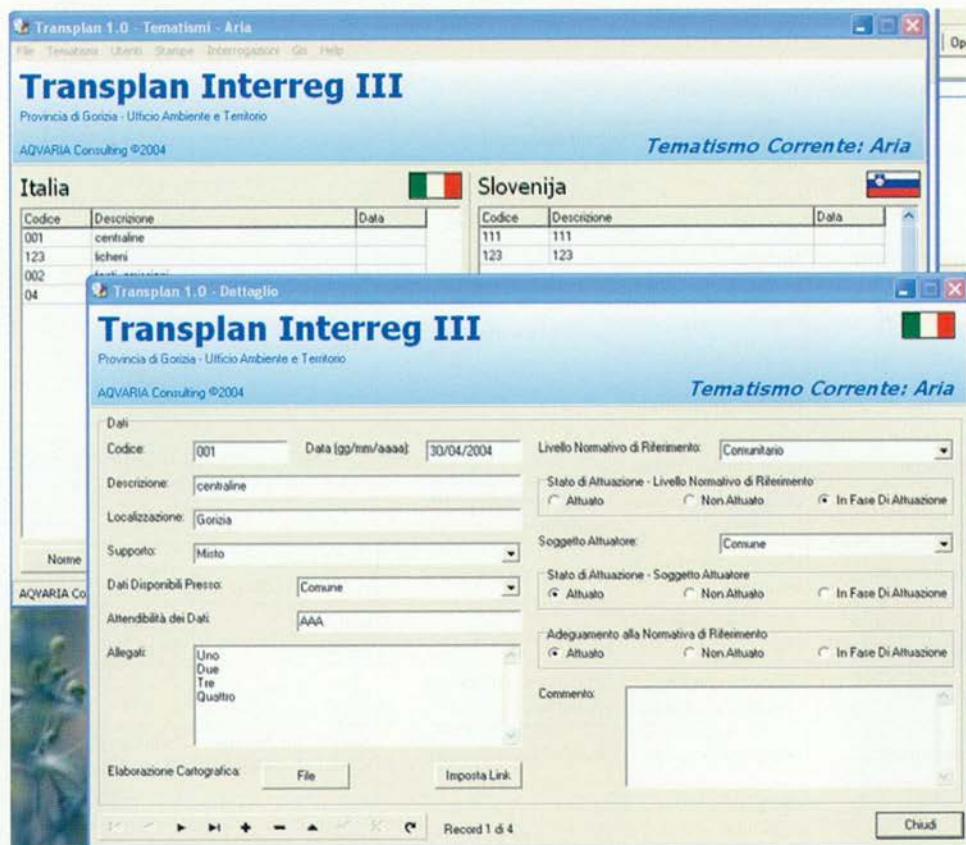
Na podlagi tako sestavljenih tematskih sklopov gradimo relacijsko podatkovno bazo »Client-Server« z informacijami o zbranih prostorskih študijah, aktih, planih, programih in ocenah (slika 1).



Slika 1: Diagram relacij med entitetami.

Začetno okno podatkovne baze je razdeljeno na tri dele in prikaže sezname prostorskih aktov, študij in analiz, ki smo jih zbrali in so predmet primerjave (slika 2). Prvi del okna je namenjen Italiji, drugi Sloveniji, tretji pa tematskim kartam načrta Transplan. Na

drsnem traku okna je seznam tematskih sklopov načrta, okno za upravljanje uporabnikov, povezava na GIS, nekatere možne poizvedbe podatkovne baze itd. Ko pritisnemo na posamezen dokument se nam prikažeta na navpični drsni vrstici dve izbiri: opis dokumenta ali prikaz njemu povezanih objektov. Okno opisa vsebuje prikaz osnovnih značilnosti posameznega dokumenta, komentar, ki je v nekaterih primerih tudi lahko kritična ocena primerjanja s sorodnim dokumentom in ne nazadnje seznam prilog ter povezava na nekatere najbolj značilne grafične elaborate. Drugo okno vsebuje objekte povezane z dokumentom. To so skupni zbrani podatki na posameznih področjih povezani s tematskimi kartami.



Slika 2: Različica v italijanskem jeziku okna podatkovne baze »Transplan«.

Za vsako tematiko izdelujemo karto, ki vsebuje prikaz najbolj značilnih in primerljivih podatkov. Vse karte so v vektorskem formatu, so seveda geokodirane in vsebujejo podatke, ki dopolnjujejo podatkovno bazo. To je osnova in prvi korak skupnemu k čezmejnemu geografskemu sistemu in je tudi sinteza zbranih spoznanj in ugotovitev v goriškem čezmejnem prostoru.



#### 4 VSEBINA PODATKOVNE BAZE IN TEMATSKIH KART

Struktura podatkovne baze je prikaza v preglednici 1. Tematiki posvečeni zraku in vodam vsebujeta predvsem vrsto informacij o razpoložljivih podatkih, ki zadevajo kakovost zraka in vode in ki jih zbirajo terenske merilne naprave. Na tematskih kartah bo označena lokacija merilnih naprav in seznam parametrov, ki jih vsaka naprava meri. V primeru voda bo tudi prikazano vodovje in glavna struktura vodovodnega omrežja kot tudi osnovno ogrodje mestnih kanalizacij in lokacije čistilnih naprav.

*Preglednica 1: Tematski sklopi in karte projekta Transplan.*

Tematski sklopi	Tematske karte			
zrak	omrežje zračnih naprav	biološki kazalci kakovosti okolja		
voda	hidrološko omrežje	biološka kakovost površinskih vodotokov	merilne postaje kakovosti vode	integrirano vodno gospodarstvo
biološka raznovrstnost	naravna dediščina	Omrežje Natura 2000	gozdne tipologije	
tla	Corine Land Cover	geološka karta	naravne nevarnosti in degradacije	
hrup	območja študij o prekomernem hrupu			
elektromagnetna sevanja	emisije elektromagnetnega sevanja			
kmetijstvo	območja namenjena kmetijstvu	obdelava statističnih podatkov		
industrija	območja namenjena industriji	estraktivne dejavnosti	obdelava statističnih podatkov	
prostorska in urbana struktura	občinski prostorski plani	krajinske enote	kulturna dediščina	obdelava statističnih podatkov
odpadki	objekti in naprave ravnanja z odpadki	obdelava statističnih podatkov		
mobilnost	prometne omrežja	lokalni javni promet	povprečne dnevne cestne obremenitve	obdelava statističnih podatkov
energija	energetska infrastruktura			

Biološko pestrost obravnavamo na način, da združimo naravna zaščitena območja v isto karto in pri tem dobimo skupni kriterij njihovega razvrščanja. Na karti bomo zbrali tudi osnovne informacije o zaščiteneh območjih, kar bo omogočilo hiter vpogled v skupno omrežje naravnih območij in v njihove povezovalne naravne koridorje.

Sestavni del biološke pestrosti so tudi gozdovi. Na tem področju uskladimo predvsem karte gozdnih združb in karte tipov drevesne sestave gozdov ter omrežje gozdnih poti. Glede na precejšnjo razliko v upravljanju gozdov med Slovenijo in Italijo je ta edini možen prvi korak v smislu integracije čezmejnih podatkov.

Rabo tal dobimo z združenjem karte Corine Land Cover za Slovenijo in Italijo. Glede na to, da so uporabili na evropski ravni isto metodologijo za izdelavo omenjene karte, je izvedba enostavna. Druga tematska karta iz tega področja oz. iz tega sklopa podatkov je skupna geološka karta.

Sklop podatkov o urbani strukturi in naselitvi sestavljamo s spajanjem občinskih prostorskih načrtov (slika 3). Ravnamo tako, da poenotimo prostorske cone in jih združimo v kategorije na podlagi kriterijev coniranja, ki ga določa Deželni plan Furlanije Julijske Krajine. Postopek smo najprej preverili na območju Goriške Pokrajine, nato pa smo isto metodo uporabili tudi za Občine Goriške statistične regije, ker se je izkazalo da so kriteriji razvrščanja podobni in vsekakor primerljivi. Podobno delo nastane pri zložitvi kart krajinskih tipologij, le da je v tem primeru coniranje vezano na fizično podobo prostora in ne na njegovo namensko rabo. Največja težava pri spajanju obmejnih krajinsko homogenih območij je prav obseg le teh, saj ne gre vedno le za seštevek sosednjih območij, ampak gre v nekaterih primerih za novo oblikovanje obsega homogenega območja na osnovi skupno določenih kriterijev razvrščanja. Slednji korak vsekakor presega namene pričujoče naloge.



Slika 3: Izsek iz karte občinskih prostorskih planov.

Kmetijstvo obravnavamo predvsem z obdelavo statističnih podatkov iz tega področja (tipi kmetovanja, raba kmetijskih zemljišč, družinske kmetije po KZU, itd.), ki jih prikažemo vizualno v tematskih kartah. Izdelujemo pa tudi karto območij namenjenih za kmetijstvo. Podoben postopek uporabljamo za prikaz podatkov v sklopu namenjenemu industriji.



Sklop podatkov tako o prometu kot tudi o energiji vsebuje prikaz omrežja z razvrščanjem po kategorijah cest oz. daljnovodov.

Na področju odpadkov izdelujemo tematsko karto odlagališč in drugih objektov za ravnanje z odpadki. Karte vsebujejo tudi nekaj ključnih podatkov (razpoložljivi in uporabljeni volumen odlagališč, namembnost odlagališč itd.). Na podoben način obravnavamo tudi področje elektromagnetnega sevanja: oblikujemo karto omrežja radijskih in televizijskih postaj. Hrup pa je področje na katerem tako v Sloveniji kot v Italiji ni bilo izdelanih veliko lokalnih operativnih študij ali raziskav. Geografsko razpršene študije združujemo v skupno karto, ki bo prikazala lokacije, kjer so bile analize izvedene in nekaj z njimi povezanih podatkov.

## 5 SKLEP

Pravih zaključnih sklepov o načrtu ne moremo podati, ker je izvajanje naloge še v teku. Vendar iz dosedanjega dela, če se omejimo zgolj na pripravo, obdelavo in prikaz podatkov, tako za komparativne analize kot za homogeno usklajevanje informacij, lahko trdimo, da je uporaba GIS-a nujna pri urejanju velikega sistema podatkov, ker omogoča relativno hitre vpogled v strukturo podatkov, hitro vizualizacijo informacij in zaradi tega pridemo tudi do precej hitrih sinteznih sklepov. V tem primeru postane največje delo razumevanje in primerjanje metod, kriterijev, zakonskih osnov in namenov, na katerih temeljijo zbrane informacije in podatki.

Relacijska podatkovna baza pa nam omogoča hiter in urejen pogled v zbirko podatkov, različna povpraševanja in osnovne informacije o podatkih in virih.

Tako iz relacijske baze podatkov kot iz GIS-a lahko pridobimo tudi nove informacije o prostorskih dinamikah, kar pravzaprav predstavlja dodaten potencial takih informacijskih orodij. Kot primer lahko navedem karto območij namenjenih kmetijstvu, ki je rezultat prekrivanja dveh slojev: kmetijska območja po namenski rabi povzeta iz občinskih prostorskih planov in kmetijska območja povzeta iz karte prekrivanja tal Corine Land Cover. Prav tako lahko trdimo, da sta podatkovna baza in GIS večnamensko uporabni, in zato toliko bolj potrebni orodji, saj ju lahko uporabimo kot podlago za prostorske plane, kot vir informacij za različne načrte in kot grafično osnovo za informacijo ter promocijo o prostoru.

Model DPSIR je služil kot okvir za oblikovanje sistema podatkov in je postal vodilo za sestavo podatkovnih sklopov, ki sestavljajo relacijsko bazo podatkov in GIS-a. Naslednji korak v tej smeri bi bil pridobitev podatkov za oblikovanje kazalcev okolja in v našem primeru tudi prostora, vendar ni to namen načrta Transplan.

Pojavljajo se nato še dodatna vprašanja v zvezi z vzdrževanjem podatkovne baze, kajti samo s stalnim ažuriranjem podatkov postane model uporabno sredstvo. Povezan s pridobivanjem podatkov za oblikovanje modela kot tudi njegovega vzdrževanja pa je predhodni sporazum in dogovor o skupnih standardih, metodologijah in kriterijih ter ne nazadnje tudi o lastniških in avtorskih pravicah za zbiranje, obdelavo in objavo prostorskih podatkov. Tak dogovor je pravzaprav bodoči izziv.

VIRI IN LITERATURA:

- Annuario dei dati ambientali 2002. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Roma.
- Jarc, D. 1998: Uporabnost GIS-analize v urbanizmu in prostorskem planiranju ter usklajevanje kartografskih baz podatkov za prekomejno sodelovanje. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998. Ljubljana.
- Jarc, D. 1999: Tutela ambientale nelle aree di confine del Friuli Venezia Giulia, l'ipotesi di un parco transfrontaliero sul Carso. Le Alpi, immagini e percorsi di un territorio in trasformazione. Trento.
- Jarc, D. 2000: Regionalizacija čezmejnosti. Goriška pokrajina. Nova Gorica.
- Kvamme K., Oštir – Sedej K., Stančič Z., Šumrada R. 1997. Geografski informacijski sistemi. Znanstvenoraziskovalni center SAZU. Ljubljana.
- Poročilo o stanju okolja 2002. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS. Ljubljana.
- Rapporto sullo stato dell'ambiente, aggiornamento 2002. Agenzia regionale per la Protezione dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia. Trieste
- Smeets E., Weterings R. 1999: Environmental indicators, typology and overview. Report, European Environmental Agency. Copenhagen.
- Talia, M. 2003: La pianificazione del territorio. Il Sole 24 Ore S.p.a. Milano.





# INSPIRE – OKOLJSKI INFORMACIJSKI SISTEM V EVROPI

Peter Frantar\* in Irena Rejec Brancelj\*\*

UDK: 91:659.2:004(4)

## **Izyleček**

### ***INSPIRE – okoljski informacijski sistem v Evropi***

Geografski informacijski sistemi so kot nova in vse bolj uveljavljena metodologija za preučevanje okolja prinesli s seboj nove probleme. Eden takih je vedno večje število geolociranih podatkovnih baz, ki se uporabljajo pri analizah okolja in prostora. Posamezne baze med seboj večinoma niso harmonizirane, nimajo enake natančnosti, niti v procesu analiz okolja nimajo enakega pomena. Evropska komisija je s ciljem razvoja skupne evropske strukture geografskih podatkovnih baz sprožila projekt INSPIRE. Projekt zajema preučitev zahtev uporabnikov in zajem potreb, izdelavo temeljnih specifikacij in informacijske strukture ter opredelitev prioritet in pomena podatkovnih baz. Pomen rezultatov projekta je izreden, saj so na »enem« mestu zbrani vsi podatki o potrebnih GIS slojih za izdelavo analiz okolja.

## **Ključne besede**

*GIS, geografski informacijski sistemi, prostorske baze podatkov, EEA, okolje*

## **Abstract**

### ***INSPIRE – Environmental information system in Europe***

Along with new methodological approaches, the geographical information systems brought new problems. There are more and more geographical databases that are used in environmental and spatial analysis. The individual geographical databases are mostly not harmonised with other databases, and mostly also the accuracy and the significance are different. These were the reasons for the EU Commission to start the common European data structure program INSPIRE. The project includes the analysis of user needs and requirements, the creation of basic specifications and informational structure and the definition of database priorities and importance. The INSPIRE results are highly important because for the environmental analysis all the required data on GIS layers are defined.

## **Keywords**

*GIS, geographical information system, spatial data set, EEA, environment*

## 1 UVOD

Varstvo okolja je danes eno najvažnejših področij s katerim se ukvarjajo številne stroke. Za izdelavo celovitih analiz okolja je potreben in ponekod celo nujen interdisciplinarni pristop. Celostni ali tudi integralni pogled na pokrajino je blizu geografskemu nači-

\* Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, Peter.Frantar@gov.si

\*\* dr., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, Irena.Rejec-Brancelj@gov.si



nu gledanja in razumevanja pokrajine. Tudi v geografiji, ki se ukvarja s preučevanjem pokrajine, nekdanje terensko delo danes v veliki meri nadomeščajo nove geografske metode. Razvoj geografskih informacijskih sistemov (GIS) je omogočil nove metode in pristope k preučevanju okolja. Povečuje se količina geolociranih podatkovnih baz, nova orodja pa omogočajo večjo širino možnih analiz in sintez ter s tem večjo celovitost rezultatov.

Preučevanja okolja so v največji meri vezana na določeno okoljsko podpodročje: zrak, voda, biotopi,... v ospredju preučevanja pa je najpogosteje stanje teh posameznih sestavin okolja. Pri sprejemanju odločitev na področju okolja pa je poleg samega stanja okolja potrebno upoštevati še kako je do takšnega stanja prišlo, kdo so povzročitelji sprememb, kakšni so pritiski na okolje, na kaj vplivajo in kakšne mere smo že sedaj sprejeli, da bi se to stanje izboljšalo. Pri tovrstnem vrednotenju si lahko pomagamo z integralnim modelom raziskovanja stanja okolja Evropske agencije za okolje (EEA), ki izhaja iz modela sonaravnosti oz. trajnostnega razvoja (Plut 2003, str. 79). Gre pravzaprav za sistemski model raziskovanja okolja in okoljskih virov. Metoda se je razvila iz »enostavnejšega« modela PSR – Pritisk (P) – Stanje (S) – Odziv (R), ki poleg teh celic obsega še Gonilne sile (D) in Vplive (I) (EEA 2002a). Metodologija DPSIR je skladna tudi z geografsko teorijo in splošnim logičnim pristopom. Ugotoviti je potrebno razširjenost, vplive in medsebojno soodvisnost, predvsem tistih naravnih in družbenih pojavov ter značilnosti, ki medsebojno pomembno učinkujejo na določen pojav (Vrišer 1982 str. 80).

Takšno vrednotenje je olajšano ob uporabi geografskih informacijskih sistemov. Ti uporabljajo številne obstoječe prostorske baze in pojavlja se vprašanje njihovega vzdrževanja, osveževanja, urejenosti, natančnosti in metodološkega pristopa pri njihovi izgradnji. Razpoložljivih podatkov je veliko, ključno je vprašanje njihovega ustreznega izbora za razreševanje konkretnega problema. Nekatere geolocirane podatkovne baze so uporabne za več raznovrstnih analiz (npr. zavarovana območja), druge samo za določeno vrsto analiz (npr. pri vnosu hranil v okolje).

Prostorske baze, ki so pomembne za podporo odločanju na področju varstva okolja in za kreiranje evropskih okoljskih politik so v ospredju iniciative INSPIRE.

## 2 OSNOVNI NAMEN INICIATIVE INSPIRE

Osnovni namen iniciative INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) je razvoj evropske strukture prostorskih podatkovnih baz na področju »varovanja« okolja, torej za potrebe analiz okolja. Glavni namen je izdelava zahtev in specifikacij usklajenih podatkovnih baz v evropskem prostoru. Cilj pa je medsebojna usklajenost in primerljivost prostorskih podatkov med evropskimi državami (Lillethun 2002, str. 3, Wallström et al. 2002, EEA 2002b, str. 4).

Iniciativa tako že v osnovi razlikuje dve ravni podatkovne natančnosti: manjša natančnost za evropski nivo in velika natančnost za državno, regionalno in lokalno merilo (Lillethun 2002, str. 5). Razlikuje tudi osnovne in okoljske oz. tematske podatkovne sloje. Sestavljajo jo baze, ki so navedene v preglednicah 1 in 2.

*Preglednica 1: Skupina osnovnih slojev (Lillethun 2002, str. 4).*

administrativne enote	transportne mreže
nadmorske višine, batimetrija in obalna črta	geografska imena
hidrografija	referenčni geodetski podatki

*Preglednica 2: Skupina okoljskih slojev (Lillethun 2002, str. 4).*

standardne evropske mreže/gridi	pokrovnost tal skupaj z naselji
geologija	satelitski posnetki
prsti	pomožni objekti
podnebne regije in podatki	služnostni objekti
porečja	zavarovana območja
telesa podzemnih voda	načrti prostorske rabe
ekološke regije	demografski podatki
podatki o vegetaciji	ekonomski podatki

### 3 OPREDELITEV OSNOVNIH SLOJEV IN POTREB

Analiza potreb sektorjev (sektorji v članku pomenijo različne organizacije, ki se ukvarjajo z analizami določenega področja), ki se ukvarjajo s preučevanjem okolja je pokazala, da okoljski sektor v EU potrebuje podatke za zadovoljitev potreb po analizah stanja okolja za doseg trajnostnega razvoja in šestega okoljskega akcijskega programa. S tega stališča je pomembno opisati tiste kategorije podatkov, ki jih definira zakonodaja. Z namenom olajšanja dela raznih sektorjev INSPIRE (i)zbira sloje, ki so pomembni za več okoljskih služb, direktiv, principov, konvencij itn. Tako bi lahko v posamezni državi zbrali ustrezne podatkovne sloje za analize okolja potrebne za več sektorjev.

V EU je bilo ugotovljeno, da so za več okoljskih služb pomembne naslednje vsebine: klimatske spremembe, naravna in biološka pestrost, okolje in zdravje, trajnostna uporaba naravnih virov in ravnanje z odpadki. Te okoljske podatke zahtevata koncept trajnostnega razvoja in Šesti okoljski akcijski program. Drugi pomembni podatki so še: varovanje prsti, varovanje morskega okolja, uporaba pesticidov, onesnaževanje zraka, urbano okolje, raba naravnih virov ter odpadne vode (Lillethun 2002, str. 16, EEA 2002b, str. 8). Delovna področja posameznih sektorjev lahko, glede na osredotočenost njihovega dela, razvrstimo takole:

- medij (zrak, voda ...),
- sektor (promet, turizem ...),
- proces (vplivi, stanje), ali
- območje (regija, država ...).



Metodološki pristop iniciative INSPIRE temelji na zbiranju zahtev uporabnikov okoljskih podatkov. V prvi fazi so ocenili potrebe po prostorskih podatkih in členitev na okoljske tematike, sledilo je združevanje potreb, izbor prioritete ter izdelava priporočil o infrastrukturi podatkov. Opravljena členitev glede na tematike, s katerimi se ukvarjajo različne službe, je pokazala naslednje osnovne vsebine (Lillethun 2002, str. 18):

- vode: celinske in morske,
- zrak in klimatske spremembe,
- biološka pestrost in varovanje narave,
- prst (tla) in zemljišče,
- odpadki,
- hrup,
- zdravje,
- naravne in tehnološke nevarnosti,
- obala – na primeru integriranega regionalnega pristopa,
- urbano in lokalno planiranje ter ocenjevanje vplivov na okolje,
- promet in okolje.

Sledila je opredelitev podatkov glede na dve vrsti uporabe podatkov, na državnem ali na lokalnem nivoju.

Državne in naddržavne potrebe zahtevajo večinoma majhna merila, kar posledično pomeni nižjo ločljivost podatkov. Potrebne so generalizacije podatkov, ki se zbirajo na nižjih ravneh in njihove glavne značilnosti so (Lillethun 2002, str. 19):

- majhno merilo za statistične predstavitve, skupne ocene in modeliranje,
- popolni podatki za majhna merila in za izbrane študije (case studies),
- trenutno otežen dostop do podatkov,
- potrebno je zajeti preteklost in sedanost (posodabljanje podatkov),
- natančnost je na državnih in naddržavnih ravneh manjšega pomena, so pa posamezna območja, kjer je potrebna večja ločljivost in
- izdelki so posplošeni – večinoma gre za sintetiziranje večje količine podatkov.

Lokalne potrebe na drugi strani zajemajo večinoma celostno regionalno načrtovanje, celovitejše upravljanje, iz česar izhajajo drugačne potrebe tudi do vsebin in njihovih lastnosti. Potrebujemo natančnejše podatke in večje količine podatkov za posamezne sloje.

#### 4 ZDRUŽEVANJE POTREBNIH SLOJEV

Naslednji delovni korak je bilo združevanje podobnih podatkovnih slojev, ugotavljanje reprezentativnosti in tako končni nabor obsega 150 podatkovnih slojev z definicijo vsebine in sestave. Izdelana je bila hierarhična sestava z 20 osnovnimi prostorskimi tematikami in podskupinami – skupaj 60 podatkovnih komponent. Uporabljen je bil pragmatičen pristop z enostavno organizacijo: tema → komponenta → niz...

Združevanje prostorskih elementov je mogoče na ravni okoljskega sektorja ali prostorskih objektov. Pri tem pa so upoštevani standardi za tematske klasifikacije ISO 19115, GISCO, EEA in drugi. Na tej osnovi so odpravljene pomanjkljivosti posameznih razvrščanj in iz vseh skupaj je bila izbrana najboljša različica. Osnovne podatkovne teme

izbrane z iniciativo INSPIRE so predstavljene v preglednici 3. Preglednica se lahko spreminja z dodajanjem novih podatkovnih slojev.

Preglednica 3: Osnovni tematski podatki (Lillethun 2002, str. 29)

geografska lokacija	naravni viri
administrativne enote	promet
posest, zgradbe in naslovi	pomožni objekti
(nadmorske) višine	služnostni objekti
fizičnogeografsko okolje (geologija, prsti, teren)	ekonomija
podnebje	regulacije površja
hidrografija	naravne in tehnološke nesreče
oceani in morja	onesnaženi prostor / območja antropogenega stresa
biota / biološka pestrost	družba / demografija / kultura
površje / pokrovnost tal	zdravje

## 5 STRUKTURA IN PRIORITETA SLOJEV

Tretji korak iniciative INSPIRE je bila opredelitev sestave osnovnih tem ter določanje prioritete. Vse sestavine niso enako intenzivno uporabljane, ampak so nekatere nujne, druge pa manj pomembne. S tega stališča so bile teme razdeljene po prioriteti oz. uporabnosti.

Do sedaj s strani okoljskih politik ni bilo standardiziranih pristopov za opis in upravljanje s prostorskimi podatki na splošno. Skupne potrebe niso bile zajete v posameznih smernicah ali načrtih, temveč vsak načrt to rešuje po svoje. Obstajajo trije osnovni načini. Najenostavnejša oblika pridobivanja »skupnih« podatkov je, da osnovne podatke enostavno pošiljamo iz nižjih, lokalnih, na višje, globalne ravni (slika 1). V praksi je to omejeno zaradi količine podatkov, zaupnosti podatkov, dostopnosti podatkov in odnosa do nižjih ravni. Zato se priporoča, da se podatke hrani na osnovni ravni (lokalno ali regi-



Slika 1: Direktni dostop do individualnih podatkov.



onalno) in se jih za višje ravni pripravi z ustreznim izborom ali poenostavitvijo (slika 2). Izbrani podatki so npr. lokacije onesnaženj na določenem območju, poenostavitev pa pomeni posploševanje oz. agregiranje podatkov. Tretja možnost je modeliranje teritorija z vzorčenjem (slika 3, Lillethin 2002, str. 45).



Slika 2: Izbor - posploševanje / agregacija individualnih podatkov.



Slika 3: Prostorsko modeliranje in zajem podatkov z vzorčenjem.

Za različne stopnje posploševanja se priporoča naslednja merila (preglednica 4):

Preglednica 4: Priporočena merila po Inspire (Lillethun 2002, str. 46).

raven		merilo	Slovenija V-Z (ocena)
globalno	1 :	10.000.000 (10M)	2,5 cm
evropsko	1 :	1.000.000 (1M)	25 cm
nacionalno / državno	1 :	100.000	250 cm
regionalno	1 :	25.000 ali 5.000	
lokalno		dejstvo, osebni podatki	

INSPIRE priporoča osnovno identifikacijo posameznega podatkovnega sloja po klasifikaciji EUROSTAT – NACE rev 1.1 oz. s posebno okoljsko statistiko SERIEE (Lillethun 2002, str. 48). Zahteva se pristop za uporabnike podatkov po dveh poteh: izdelki na lokalni in regionalni ravni ter organizacija »izdelovanja« podatkov na državni in višjih ravneh (slika 2).

## 6 PRIPOROČILA O SESTAVI VSEBINE SLOJEV

Osnovne zahteve za usklajene okoljske in osnovne podatke so:

- skupni izmenjevalni format podatkov;
- standardizirane poti dostopnosti podatkov – minimalna tehnična zmogljivost in standardi podatkovnih zbirk;
- skupne poti specifikacije podatkovnih nizov vključno s podatkovnimi modeli in
- skupne poti za dokumentiranje metapodatkov, lastništva, pogojev in uporabniških pravic.

Do danes večina obstoječih dokumentov okoljske zakonodaje podaja samo specifikacije osnovnih elementov kart kot končnega izdelka za poročanje EU. Ne upošteva se ozadja, ki je potrebno za izdelavo, uporabo in vzdrževanje teh kart z geografskimi informacijskimi sistemi. INSPIRE priporoča, da se podatkovni modeli gradijo kolikor je mogoče na obstoječih modelih podatkovnih baz razvitih po ISO ali drugih mednarodno priznanih standardih. Podatki naj bi bili »zbrani« na določenih internetnih serverjih s posebnimi katalogi in službami za vzdrževanje podatkov. Priporočljiva je tehnologija, ki jo je zajel program »INSPIRE Architecture and Standards«. Podatki naj bi bili na lastnem ali »najetem« serverju povezani v infratrukturo »INSPIRE« z definiranimi specifikacijami. Metapodatkovni opisi morajo ustrezati profilu INSPIRE – ISO 19115 metadata (Lillethun 2002, str. 57).

### *6.1 Zasnova in vzdrževanje osnovnih prostorskih podatkov*

Osnovni prostorski podatki so pomembni za vse okoljske uporabnike na naslednjih dveh ravneh: majhna in srednje do velika merila (Lillethun 2002, str. 61).

#### *6.1.1 Majhno merilo*

Majhno merilo je primerno za državni, evropski in globalni nivo (preglednica 5). Je manjše od 1/1M. Eurostatovi standardi so merila različnih slojev 1/1M, 1/3M in 1/10M. Večja merila so predstavljena zelo redko (> 1/1M).



Preglednica 5: Minimalni nabor slojev za karte velikih meril po ETC (Lillethun 2002, str. 62).

ime sloja	opis sloja
globine in višine morja in reliefa	izolinije, raster
administrativne enote	
obalna črta in hidrografija, porečja	
pokrovnost tal	glavne kategorije
naselja	glavna mesta in kraji
promet	mreža in križišča
geografska imena	osnovna
grid	1x1 km ali redkejši

Ostale zahteve za podatke v majhnem merilu:

- Podatki morajo imeti ustrezen in uradno potrjen identifikator (MID) za enostavno povezovanje z uradno statistiko in drugo dogovorjeno statistiko na EU ravni.
- Podatki naj bi bili, kjer je mogoče, izvedeni iz natančnejših prostorskih podatkov z generalizacijo.
- Podatki naj bi temeljili na obstoječih objektno orientiranih modelih in specifikacijah INSPIRE.
- Podatki naj bi bili primerni za uporabo v nadaljnjih analizah, upravljanju in predstavljanju.

### 6.1.2 Srednje in veliko merilo

Srednja in velika merila zajemajo lokalni in regionalni nivo (preglednica 6). Obstajajo velike potrebe za podatke natančne v merilih 1/250.000 pa vse do 1/25.000. Obstajajo potrebe po enostavnem dostopu do natančnih osnovnih in generaliziranih srednjenivojskih podatkov. Podatki srednjega merila morajo biti smiselni in združljivi na državnem nivoju, karte velikih meril 1/5.000 do 1/500 so tudi lahko vključene kot del projekta.

Preglednica 6: ETC priporočila (Lillethun 2002, str. 63).

merilo	opis
srednje merilo	natančnost 1/250.000 (100.000 – 500.000)
	pridobljene naj bi bile z generalizacijo nižjih nivojev
	vsebujejo naj MS Pan Evropski sloj (coverage)
veliko merilo	natančnost 1/50.000 (25.000 – 100.000)
	vsaka država mora imeti pokrit cel teritorij z merilom 1/50.000
zelo veliko merilo	natančnost 1/10.000 (5.000 – 15.000)
	pokrivati mora vsaj urbane površine in površine posebnega stresa (degradacij okolja)

Ostale zahteve podatkov v srednjem in velikem merilu:

- Podatki morajo pokrivati vse pomembnejše sektorje.
- Podatkovne komponente osnovnih podatkov: geodetski referenčni sistem, geograf-

ska mreža/grid, geografska imena, administrativne enote, parcele, stavbe, naslove, višine, hidrografijo, prometnice in ortofoto.

- Podatki morajo imeti ustrezen in uradno potrjen identifikator (MID) za enostavno povezovanje z uradno statistiko in drugo dogovorjeno statistiko na EU ravni.
- Podatki naj bi bili, kjer je mogoče, izvedeni iz natančnejših geometrij z generalizacijo.

## 6.2 Zasnova in vzdrževanje osnovnih tematskih podatkov

Struktura okoljskih slojev je kot že omenjeno hierarhična. Vse tematske podatkovne sestavine mora opredeliti INSPIRE ter morajo biti dostopne preko tega sistema. Trenutno je identificiranih 10 glavnih tem, ki vsebujejo 25 po INSPIRE-u opredeljenih osnovnih komponent tematskih podatkov. Okrog 20 obstoječih podatkovnih nizov je posebej natančno specificiranih zaradi izrednih potreb okoljskih sektorjev (Lillethun 2002, str. 65).

## 7 SKLEP

Iniciativa INSPIRE je dokument, ki postavlja skupne standarde o prostorskih podatkovnih bazah namenjenih okoljskim analizam. Dokumenti in metodologija odpirajo možnosti medsebojnih izmenjav podatkov, saj določajo formate, usklajevanje in načine njihovega zbiranja. Določajo tudi dostopanje do podatkov preko internetnih serverjev, kar omogoča široko uporabo. INSPIRE je zasnovan na novih tehnologijah, kljub temu pa je v veliki povezavi z geografijo kot vedo. Celostni pristop, hierarhična razvrstitev in prioritete liste baz so ravno tako pomembne kot nadaljnja vsebinska analiza okolja. Poleg tega je sistem INSPIRE odprt, kar omogoča vnos novih spoznanj in posledično tem v sistem. Pristop INSPIRE je potreben tudi v Sloveniji, saj imamo z vključitvijo v EU nove obveznosti in naloge s področja varovanja okolja, o čemer je potrebno tudi poročati Evropski Komisiji in EEA. Uporabnost vsebin iz predstavljene iniciative je v nujenju kakovostnih informacij, tudi za potrebe odločanja. Zahteve iniciative INSPIRE bi lahko tudi v Sloveniji izkoristili za postopno poenotenje standardov o natančnosti, uporabi ter izmenjavi prostorskih podatkovnih baz, kot tudi za usklajenost in primerljivost samih podatkovnih baz. V Sloveniji zato poteka preko Ministrstva za okolje, prostor in energijo (MOPE) in Agencije za okolje (ARSO) sodelovanje pri iniciativi INSPIRE, kjer spremljamo aktivnosti, ki potekajo na tem področju v EU. Namen je, da rezultate smernic o prostorsko-informacijski strukturi evropskih okoljskih baz upoštevamo tudi pri nas. Okrepiti pa moramo tudi dejavnosti na področju pregleda in preučevanja okolja s pomočjo geografskih informacijskih sistemov.

Na koncu lahko ugotovimo, da bodo rezultati projekta INSPIRE lahko pomenili pomemben preskok na področju GIS analiz domačega in evropskega okolja. Usklajene in ustrezne prostorske baze za območje celotne EU odpirajo tudi nove raziskovalne možnosti.



VIRI IN LITERATURA:

- EEA – European Environment Agency 2002a: Guidance for the analysis of Pressures and Impacts in accordance with the Water Framework Directive. Final version 5.3: 04 December 2002.
- EEA – European Environment Agency 2002b. NEP/EIONET meeting 29–30 May 2002, Session 1: EEA Progress and planning, Anex 1 to Item: INSPIRE – latest developments
- Lillethun, A. 2002. Environmental thematic user needs – Position paper, version 2, INSPIRE, Infrastructure for spatial information in Europe. European Environmental Agency, 30. 9. 2002, Draft.
- Plut, D. 2003. Geografske teoretične in metodološke zasnove proučevanja degradacije okolja. Univerza v Ljubljani.
- Vrišer, I. 1992. Uvod v geografijo. Oddelek za geografijo, Filozofska Fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
- Wallström, M., Solbes Mira, P., Busquin, P. 2002. Memorandum of understanding between Commissioners Wallström, Solbes, Busquin – Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE). European Commission, 11. 4. 2002.

# I&CLC2000 V SLOVENIJI

**Marjana Duhovnik\***

UDK: 528.7:711.14(497.4)

## **Izvleček**

### **I&CLC2000 v Sloveniji**

Prva interpretacija pokrovnosti tal s satelitskih posnetkov po CORINE klasifikaciji je bila v Sloveniji izvedena v letih 1996 in 1997. V letu 2002 pa se je v Sloveniji začel projekt I&CLC2000. V članku so predstavljene osnovne značilnosti tega projekta, organizacijska struktura, potek projekta in njegovi rezultati v Sloveniji in Evropi.

## **Ključne besede**

CORINE Land Cover, pokrovnost tal, okolje, satelitski posnetki

## **Abstract**

### **I&CLC2000 – Slovenia**

First interpretation of land cover changes from satellite images regarding CORINE classification in Slovenia was executed in years 1996 and 1997. In year 2002 project I&CLC2000 started in Slovenia. In the article the main characteristics of I&CLC2000 project, organisational set-up of the project, description and results of the project in Slovenia and Europe are introduced.

## **Keywords**

CORINE Land Cover, land cover, environment, satellite images

## **1 UVOD**

Cilj Evropske agencije za okolje (EEA) je priskrbeti ažurne in relevantne informacije o okolju. Za potrebe vodenja evropske politike okolja zagotavlja tudi podatke o pokrovnosti tal, ki so zbrani za celotno območje Evrope po enotni metodologiji. Ti podatki se vodijo v podatkovni bazi CORINE Land Cover (CLC), ki jo je treba vzdrževati in redno obnavljati. Z namenom vzdrževanja podatkovne baze CLC je EEA v sodelovanju z Evropsko komisijo (European Commission) v letu 1999 začela s projektom »IMAGE2000 and CLC2000 Project (I&CLC2000)« (EEA in ETC-TE 2002). Ortorektificirani satelitski posnetki (IMAGE2000) držav Evropske unije in pridruženih članic PHARE so izhodiščno gradivo za obnovo podatkovne baze CLC na stanje v letu 2000 (CLC2000) in identifikacijo glavnih sprememb pokrovnosti glede na prvi zajem stanja, ki je bil v večini evropskih držav izveden kmalu po letu 1990 (CLC90).

Projekt v Sloveniji se je začel na pobudo Agencije Republike Slovenije za okolje, vse dejavnosti v zvezi s potekom projekta pa je usmerjala in vodila Geodetska uprava

---

\* Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana, marjana.duhovnik@gov.si



Republike Slovenije. Projekt sta financirali Agencija za okolje in Geodetska uprava, del sredstev pa je prispevala tudi EEA.

## 2 LASTNOSTI I&CLC2000

Projekt določajo trije elementi (EEA in ETC-TE 2002):

1. Merilo kartiranja je 1:100.000. Natančnost zajetih podatkov mora biti najmanj 100 m.
2. Minimalna površina, ki se zajema, je 25 ha, minimalna širina zajete površine je 100 m. Zajemajo se samo površine – poligoni.
3. CLC nomenklatura je hierarhična in zajema 44 razredov na tretji, 15 na drugi in 5 na prvi ravni. Obvezna je uporaba nomenklature na tretji ravni (za vseh 44 razredov). V končni verziji podatkov ne sme biti neklasificiranih površin.

Glede na prvi zajem podatkov CLC, ki se je v evropskih državah izvajal v letih 1990–1995 (v Sloveniji v letih 1996 in 1997), so bile pri tem zajemu predvidene posamezne izboljšave: povečanje geometrične natančnosti satelitskih posnetkov in zajetih podatkov ter izdelava standardnih metapodatkov. Politika distribucije podatkov je bila dogovorjena že na samem začetku projekta (EEA in ETC-TE 2002).

## 3 ORGANIZACIJA PROJEKTA

I&CLC2000 je skupen projekt EEA in Skupnega raziskovalnega centra Evropske Komisije (JRC). JRC je odgovoren za komponento IMAGE2000, EEA pa za CLC2000. EEA je obenem tudi koordinator celotnega projekta.

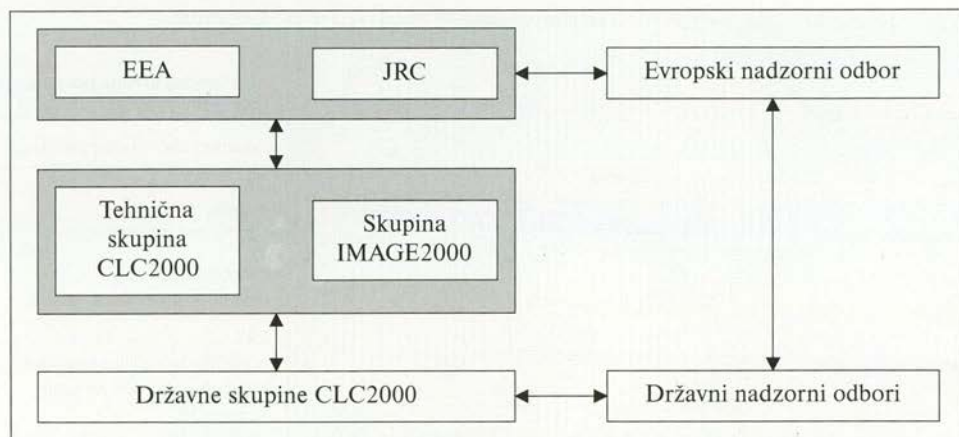
Ustanovljen je bil tudi evropski nadzorni odbor, ki spremlja razvoj projekta in je v povezavi z državnimi nadzornimi odbori, tudi slovensko projektno skupino, ki je bila imenovana v ta namen. Ustanovljeni sta bili 2 tehnični skupini:

- tehnična skupina CLC2000, ki pomaga državnim skupinam CLC2000 in EEA ter
- skupina IMAGE2000, ki je odgovorna za satelitske posnetke in vse aktivnosti, ki so povezane s komponento IMAGE2000.

Na državnem nivoju pa so bile za tehnično izvedbo projekta ustanovljene državne skupine CLC2000. Organizacijsko strukturo projekta I&CLC2000 prikazuje slika 1 (EEA in ETC-TE 2002).

## 4 POTEK PROJEKTA

Glavni vir za interpretacijo pokrovnosti so bili ortorektificirani satelitski posnetki (IMAGE2000), ki jih je priskrbel JRC. Spektralni pasovi, ki so bili pridobljeni z Landsatom 7 ETM, so prikazani v preglednici 1 (Geodetska uprava Republike Slovenije 2003).



Slika 1: Organizacijska struktura projekta I&amp;CLC2000.

Preglednica 1: Spektralni pasovi, ki so bili pridobljeni z Landsatom 7 ETM.

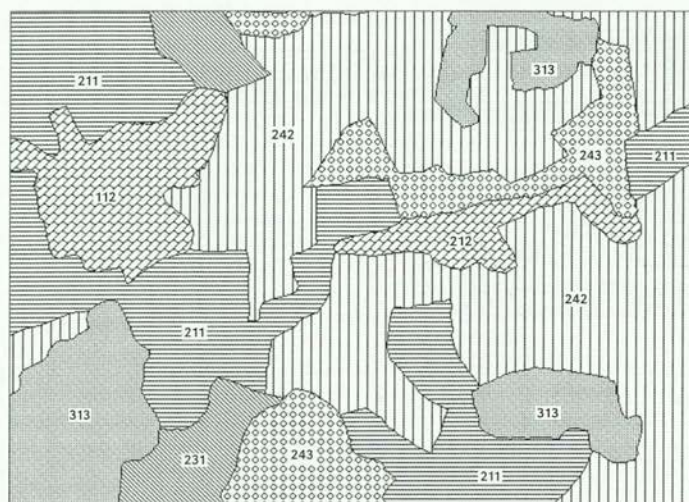
Številka spektralnega pasu	Spektralni obseg [ $\mu\text{m}$ ]	Velikost slikovnega elementa
ETM 1	0,450 – 0,515	25
ETM 2	0,425 – 0,605	25
ETM 3	0,630 – 0,690	25
ETM 4	0,750 – 0,900	25
ETM 5	1,550 – 1,750	25
ETM 6	10,400 – 12,500	25
ETM 7	2,090 – 2,350	25
ETM Pan	0,520 – 0,900	12,5

Za samo interpretacijo pa so se uporabili tudi dopolnilni viri, med katerimi so najpomembnejši državne topografske karte, evidenca rabe zemljišč in ortofoti.

Prva naloga vseh državnih skupin CLC2000 pri izvedbi projekta je bila ureditev podatkov CLC, ki so bili zajeti v devetdesetih letih. V Sloveniji so se ti podatki zajemali v letih 1996 in 1997 in sicer s satelitskih posnetkov iz leta 1995 in 1996, zato je bil ta podatkovni niz poimenovan CLC95. Prva naloga slovenske skupine je bila torej odprava geometričnih in tematskih napak podatkovnega niza CLC95.

Druga naloga slovenske skupine je bila interpretacija sprememb pokrovnosti glede na stanje 1995 in izdelava novega podatkovnega niza pokrovnosti iz leta 2000, CLC2000. Slika 2 prikazuje revidiran podatkovni niz CLC95, slika 3 pa novo stanje pokrovnosti CLC2000. Na njej so označene spremembe pokrovnosti.

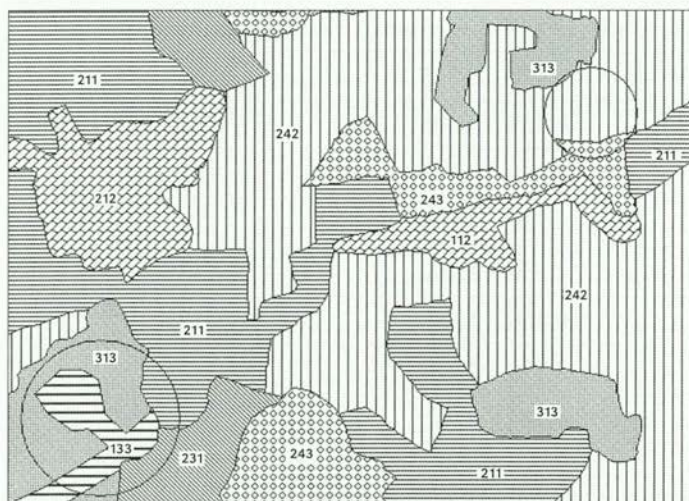




**Legenda:**

112	nesklenjene urbane površine
211	nenamakane njivske površine
231	pašniki
242	kmetijske površine drobnoposestniške strukture
243	pretežno kmetijske površine z večjimi območji naravne vegetacije
313	mešani gozd

Slika 2: Revidiran podatkovni niz CLC95.



**Legenda:**

112	nesklenjene urbane površine
133	gradbišča
211	nenamakane njivske površine
231	pašniki
242	kmetijske površine drobnoposestniške strukture
243	pretežno kmetijske površine z večjimi območji naravne vegetacije
313	mešani gozd

Slika 3: CLC2000, spremembe glede na CLC95 so označene s krožnicama.

Ena izmed nalog slovenske CLC2000 skupine je bila tudi priprava metapodatkov. Metapodatkovna struktura je bila določena s standardnim obrazcem, kar zagotavlja enotno strukturo metapodatkov v vseh sodelujočih državah. Metapodatki vsebujejo informacijo o nosilcu projekta, o osnovnih in dopolnilnih virih, ki so bili uporabljeni, o procesiranju podatkov in njihovi nomenklaturi, o strojni in programski opreми, o pomembnih značilnostih podatkov ter o kvaliteti podatkovnih nizov, o možnostih uporabe in podobno (EEA in ETC-TE 2002).

Poleg notranje kontrole kvalitete podatkov je bila dvakrat v teku projekta izvedena verifikacija interpretiranih podatkov. Verifikacijo je izvajala tehnična skupina CLC2000. O vsaki verifikaciji je izdala tehnično poročilo, na podlagi katerega so se popravile nepravilnosti, ki so nastale pri interpretaciji. Ob dokončnem prevzemu podatkov je bila opravljena še končna verifikacija in dokončna potrditev pravilnosti vseh podatkovnih nizov.

## 5 REZULTATI PROJEKTA

Rezultati projekta v Sloveniji so torej trije izdelki, trije nizi podatkov s pripadajočimi metapodatki:

- revidiran CLC95,
- CLC2000 in
- spremembe pokrovnosti (»razlike« med CLC2000 in CLC95).

Poleg zgoraj omenjenih izdelkov, ki jih morajo zagotoviti vse države sodelujoče v projektu, pa EEA in JRC zagotovita še (EEA in ETC-TE 2002):

- ortorektificirane satelitske posnetke,
- mozaike IMAGE2000 za posamezne države,
- evropski mozaik IMAGE2000,
- evropski CLC2000,
- evropski revidiran CLC90,
- evropske CLC spremembe,
- CLC raster – 250 m,
- CLC raster – 100 m,
- statistiko CLC za 1 km<sup>2</sup> in
- evropske metapodatke.

## 6 SKLEP

Projekt I&CLC2000 v Sloveniji se je konec leta 2003 uspešno zaključil, v večini drugih sodelujočih evropskih držav pa bo zaključen v letih 2004 in 2005.

Zaključki I&CLC2000 v Sloveniji so (Geodetska uprava Republike Slovenije 2003):

- Slovenija vsebuje 37 od skupno 44 CLC razredov. Več kot 50% Slovenije je klasificiranih kot gozd (listnati, iglasti in mešani), nekaj več kot 10% pokrivajo kmetijske površine drobnoposestniške strukture (razred 242), nekaj manj kot 10% pa pretežno kmetijske površine z večjimi območji naravne vegetacije (razred 243). Po velikosti površin sledijo pašniki (231), nenamakane njivske površine (211), neskljenjene urbane površine (112) in grmičast gozd (324). Vsi drugi CLC razredi pokrijejo manj kot 2% Slovenije.
- Med letoma 1995 in 2000 je bilo evidentiranih manj kot 1% sprememb pokrovnosti. Največje spremembe so bile evidentirane na območju gozdov.



VIRI IN LITERATURA:

- Bilc, A., Kobler, A., Vrščaj, B., Šinigoj, J. 1998: CORINE Land Cover Slovenia Final Project Report. Elaborat. Copenhagen.
- Büttner, G., Mari, L. 2003: First CLC2000 Verification Mission Report Slovenia. Elaborat. Copenhagen.
- EEA in ETC-TE 2002: CORINE Land Cover update I&CLC2000 project, Technical Guidelines, Final Version. Copenhagen.
- Geodetska uprava Republike Slovenije 2003: CLC2000 Land Cover database of Slovenia, Monitoring land cover changes between 1995 and 2000, Final report. Elaborat. Copenhagen.
- Jaffrain, G., Maucha, G. 2003: CLC2000 Training Report Slovenia. Elaborat. Copenhagen.

# NEKATERE PREDNOSTI IN SLABOSTI DIGITALNIH ZBIRK RABE / POKROVNOSTI TAL SLOVENIJE Z VIDIKA UPORABNIKA

Rada Rikanovič\*

UDK: 711.14:004.6(497.4)

## *Izyleček*

*Nekatere prednosti in slabosti digitalnih zbirk rabe/pokrovnosti tal Slovenije z vidika uporabnika*

Podatki o rabi/pokrovnosti tal so sestavni del raziskav o zemeljskem površju. Uporaba GIS-a je postala nenadomestljiv način obvladovanja podatkov na področju prostorskih dejavnosti, kar je zahtevalo tudi ustrezno digitalno obliko podatkov o rabi tal in primernost prenosa le-teh v GIS okolje. V zadnjem desetletju so nastale zbirke podatkov, ki se razlikujejo v metodologiji, viru in načinu zajema, kategorizaciji. Prvenstveno so namenjene prenosu v GIS okolje. Na Geološkem zavodu Slovenije (GEOZS) najpogosteje uporabljamo digitalne podatkovne zbirke Statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije, CORINE Land Cover in Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč. V okviru več projektov smo »preverjali« njihovo ustreznost in uporabnost. Izkazalo se je, da imajo kljub številnim nespornim prednostim tudi določene omejitve. Nekatere izmed njih so opisane v prispevku.

## *Ključne besede*

*pokrovnost tal, raba tal, digitalne podatkovne zbirke, geografski informacijski sistem*

## *Abstract*

*Some advantages and disadvantages of digital land use/cover data sets*

Land use/cover information are essential part of every spatial analysis. GIS has become unreplaceable way of spatial data management. Therefore it was necessary to transform land cover data into appropriate digital form for GIS use. Some new land cover/use data sets have become available in Slovenia in the last decade, based on different methodologies, data sources and categorization, but primarily designed for GIS. Geological Survey of Slovenia has so far used three different digital data sets: Statistical land cover/use GIS of Slovenia, CORINE land cover Slovenia and Agriculture land use monitoring. Through several research projects their usefulness and adequacy were tested. All of them have certain advantages and disadvantages. Some of them are described in the article.

## *Keywords*

*land cover, land use, digital data sets, geographical information system*

---

\* Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, rada.rikanovic@geo-zs.si



## 1 UVOD

Za preprečevanje nezaželenih posledic vpliva človekovih dejavnosti na okolje potrebujemo informacije o pokrovnosti tal, ki so podlaga za gospodarjenje s prostorom, okoljem in naravnimi viri. Analiza in spremljanje sprememb v pokrajini je pomembno pri beleženju naravnih in socialnoekonomskih procesov, njihove dinamike in vzrokov, pa tudi pri napovedih možnih trendov in bodočega razvoja. Zaradi intenzivnosti procesov in sprememb v okolju tematske informacije iz bolj ali manj zastarelih topografskih kart, ne zadostujejo, saj so potrebne ažurne, popolne in objektivne informacije o pokrovnosti.

S širjenjem uporabe računalniških tehnologij in uporabo GIS-a je bilo treba poskrbeti za ustrezno digitalno obliko podatkov o rabi/pokrovnosti tal in primernost prenosa le-teh v GIS okolje. V zadnjem desetletju je v Sloveniji nastalo kar nekaj tovrstnih digitalnih podatkovnih zbirk.

Te v nasprotju z zemljiškim katastrom, ki je beležil/beleži prevladujočo rabo tal na posamezni parceli, določajo rabo/pokrovnost tal neodvisno od administrativnih meja in s tem realno razprostranjenost določene kategorije. Večina metodologij se opira na satelitske posnetke kot osnovni vir podatkov, v uporabi so še digitalni ortofoto posnetki, kot pomoč služijo topografske podlage ter drugi razpoložljivi podatki.

Podatki o rabi/pokrovnosti tal se najpogosteje uporabljajo na področju varovanja okolja, prostorskega načrtovanja, pri osnovnem kartiranju, upravljanju z vodnimi viri, v prometu, pri proučevanju degradacije tal, pri ugotavljanju tveganj posegov v okolje, urbanem planiranju, turizmu.

Na GEOZS največkrat uporabljamo podatke o rabi tal pri ugotavljanju vpliva prebivalstva in človekovih dejavnosti (prometa, kmetijstva, industrije) na podzemno vodo, ugotavljanju virov onesnaževanja vodnih virov, ugotavljanju nevarnosti nastanka plazov, iskanju primerne lokacije za odlaganje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov, matematičnih modelih vodonosnika.

Pri izbiranju najbolj ustrezne digitalne podatkovne zbirke so bili postavljeni nekateri pogoji, ki naj bi jim te zadostile:

- pokritost celotnega državnega ozemlja,
- jasnost metodologije,
- preglednost kategorizacije,
- ažurnost podatkov,
- možnost pretvarjanja podatkov v različne formate zapisa (predvsem ESRI ArcView in ESRI ArcGIS).

Na podlagi teh kriterijev smo kot ustrezne izločili zbirke Statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije stanje leta 2001 (Statistični urad RS 2003, v nadaljevanju SURS), CORINE Land Cover (Ministrstvo za okolje, prostor in energijo 2002, v nadaljevanju MOPE) in Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč 2002 (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano 2002, v nadaljevanju MKGP). V okviru več projektov smo »preverjali« njihovo ustreznost in uporabnost. Pri tem se je pokazalo, da imajo kljub številnim nespornim prednostim tudi določene omejitve, ki izhajajo bodisi iz metodoloških izhodišč bodisi so tehnične narave.

Iz Centralne evidence prostorskih podatkov (GURS 2004) je razvidno, da so na raz-

polago še druge zbirke podatkov o rabi/pokrovnosti prostora, vendar pokrivajo le določen pojavni tip in so sektorsko naravnane, kot npr. vegetacijska karta, gozdovi po lesnoproizvajalnem pomenu, cestno in železniško omrežje. Za splošen pregled pokrovnosti/rabe tal niso primerni, lahko pa pomagajo kot kontrolni ali dopolnilni vir podatkov.

## 2 NEKATERE PREDNOSTI IN SLABOSTI DIGITALNIH PODATKOVNIH ZBIRK RABE/POKROVNOSTI TAL Z VIDIKA UPORABNIKA V GEOLOGIJI

### 2.1 CORINE Land Cover (CLC)

V okviru projekta CORINE (**CO**oRdination of **IN**formation on the **E**nvironment), ki ga je ustanovila Evropska Komisija s ciljem vzpostaviti zbirko podatkov o prostoru na osnovi enotne klasifikacije ter izdelati kvalitetno bazo podatkov, potrebno za nadzorstvo, organiziranje in upravljanje z naravnimi viri na regionalnem, državnem in mednarodnem nivoju, sta v Sloveniji nastali dve podatkovni zbirki. Prva je zabeležila stanje leta 1995/96 (European Environment Agency 2002).

Glavne značilnosti CLC 1995/96 so:

- velikost najmanjše zajete enote kartiranja je 25 ha,
- osnovni vir podatkov so subjektivno fotointerpretirani satelitski posnetki Landsat 5 TM iz leta 1995 in 1996, ortorektificirani in natisnjeni v merilu 1 : 100 000,
- tematska natančnost je ocenjena na vsaj 85 %,
- pozicijska natančnost je 100 metrov ali manj,
- klasifikacija je sestavljena iz treh nivojev, na prvem nivoju je definiranih 5 pojavnih tipov (umetne površine, kmetijske površine, gozd in deloma ohranjene naravne površine, močvirja, vode), na drugem nivoju 15 podkategorij, na tretjem 44 podkategorij (Petek 2001).

V drugi fazi CLC projekta je bila pregledana in popravljena verzija stare zbirke. Nastala je zbirka pokrovnosti za leto 2000. Osnovni vir podatkov so satelitski posnetki Landsat 7 ETM iz let 1999–2000. Ohranja osnovne značilnosti zbirke CLC 1995/96. Obenem je bila izdelana tudi zbirka sprememb za obdobje 1995–2000. V tej je najmanjša enota kartiranja 5 ha, najmanjša širina poligona 100 m. Povečana je geometrijska natančnost satelitskih posnetkov in tematskih podatkov v primerjavi s prvo fazo CLC (Agencija RS za okolje 2003).

Glede na naše izkušnje lahko kot prednosti zbirke CLC 1995/96 izdvojimo:

- razumljiva metodologija,
- pregledna kategorizacija, ni neklasificiranih kategorij,
- enakopravno zastopanje vseh pojavnih tipov na vseh nivojih,
- ni tehničnih in topoloških napak,
- ni problemov pri pretvarjanju v različne formate zapisa,
- omogoča dober splošen pregled rabe/pokrovnosti tal na državnem nivoju,
- zaradi enotne metodologije je zaenkrat edina primerna za uporabo v mednarodnih projektih na nivoju Evrope in za obmejna območja.

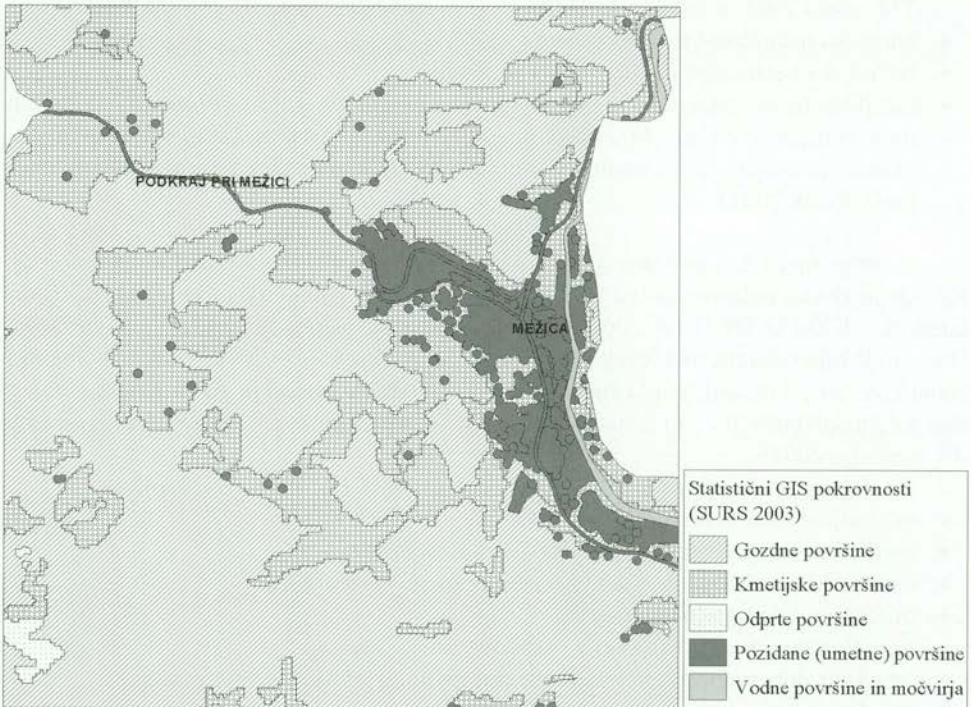


Omejitve zbirke izhajajo bolj ali manj iz metodologije:

- slabša uporabnost, celo neuporabnost, na lokalnem, pogosto tudi na regionalnem nivoju (odvisno od namena in cilja raziskave),
- slabša položajna oz. pozicijska natančnost zaradi majhnega merila kartiranja in zato prostorska odstopanja,
- niso prikazane manjše, a zelo pomembne kategorije rabe tal,
- pojavljajo se napake, ki se pokažejo pri združitvi nacionalnih CLC zbir.

Pri združevanju nacionalnih CLC zbir sta se pokazala dva problema: neujemanje meja poligonov oz. kategorij in neujemanje v določanju kategorij.

Zbirko smo kot najbolj ustrezno uporabili v avstrijsko-slovenskem projektu Hidrogeologija Karavank (Brenčič et al. 2004), v okviru katerega smo z analizo rabe/pokrovnosti tal določili potencialno ogroženost širšega območja karbonatnega vodonosnika Pece. Združili smo CLC zbirki Avstrije (Umweltbundesamt Österreich 2003) in Slovenije (MOPE 2002). Pokazalo se je grafično neujemanje meja poligonov ter manjša odstopanja v določanju kategorije pokrovnosti tal, čeprav le na nižjih nivojih kategorizacije (slika 1). Tako je npr. na homogenem visokogorskem območju Pece slovenski del območja redko poraslih površin nad gozdno mejo opredeljen kot redko porasle površine, na avstrijski strani kot naravni travniki. Podobno je tudi v primeru sklenjenega gozdnega območja brez odstopanj v sestavi, katerega avstrijski del je opredeljen kot mešani gozd, slovenski kot iglasti gozd.



Slika1: Raba/pokrovnost tal po CLC na širšem območju karbonatnega vodonosnika Pece.

Velika omejitev zbirke je zaradi metodoloških izhodišč odsotnost nekaterih pojavnih tipov rabe tal. Zlasti je problematično nezaznavanje prometne infrastrukture (ceste, železnice), odlagališč (industrijskih, komunalnih, odlagališč posebnih odpadkov) ter odkopov materiala, ki potencialno predstavljajo veliko obremenjevanja okolja. Glede na izkušnje na GEOZS je ta zbirka v raziskavah, katerih cilj je natančno ugotoviti vire onesnaževanja oz. ogroženost okolja, manj primerna.

## 2.2 Statistični GIS pokrovnosti Slovenije

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. StatGIS je vektorska numerična tematska karta, ki prikazuje generalno sliko pokrovnosti tal Slovenije.

Prva (StatGIS 1993) podatkovna zbirka je zabeležila stanje leta 1993. StatGIS 1997 in StatGIS 2001 sta posodobitev prve zbirke. Vir podatkov za StatGIS 1993 so bili satelitski posnetki Landsat TM, obrisi gozdnih površin, vode, DMR 100, centriodi hiš, ceste in železnice (Šabić, Skumavec 2001).

Osnovni viri podatkov StatGIS 1997 so satelitsko skenirani podatki Landsat TM in SPOT, dodatni pa še obrisi gozdnih površin in voda, DMR 20, centriodi hiš, podatki o cestah in železnicah, podatki registra teritorialnih enot, točkovne koordinate komunalnih in industrijskih deponij, kamnolomov in peskokopov ter športnih in mednarodnih letališč.

V StatGIS 2001 so podatki StatGIS 1997 v celoti uporabljeni le za tiste kategorije, ki niso posodobljene. Osnova za posodobitev so bili satelitski posnetki Landsat ETM. Vektorski sloji (gozdnih, obdelovalnih, travnatih in odprtih površin) so združeni v sloj pokrovnosti tal Slovenije za stanje 2001. Sloje z manjšo prioriteto so prekrili s slojem z večjo prioriteto in tiste z manjšo prioriteto izločili. Osnovna stopnja vsebuje 7 glavnih kategorij, ki se delijo še na dveh nivojih: gozdnate površine, kmetijske površine, pozidane (umetne) površine, ceste, železnice, odprte površine, vodne površine in močvirja (Skumavec 2003). Natančnost interpretiranja satelitsko skeniranih podatkov je bila ocenjena na 89 % (Tretjak 2002).

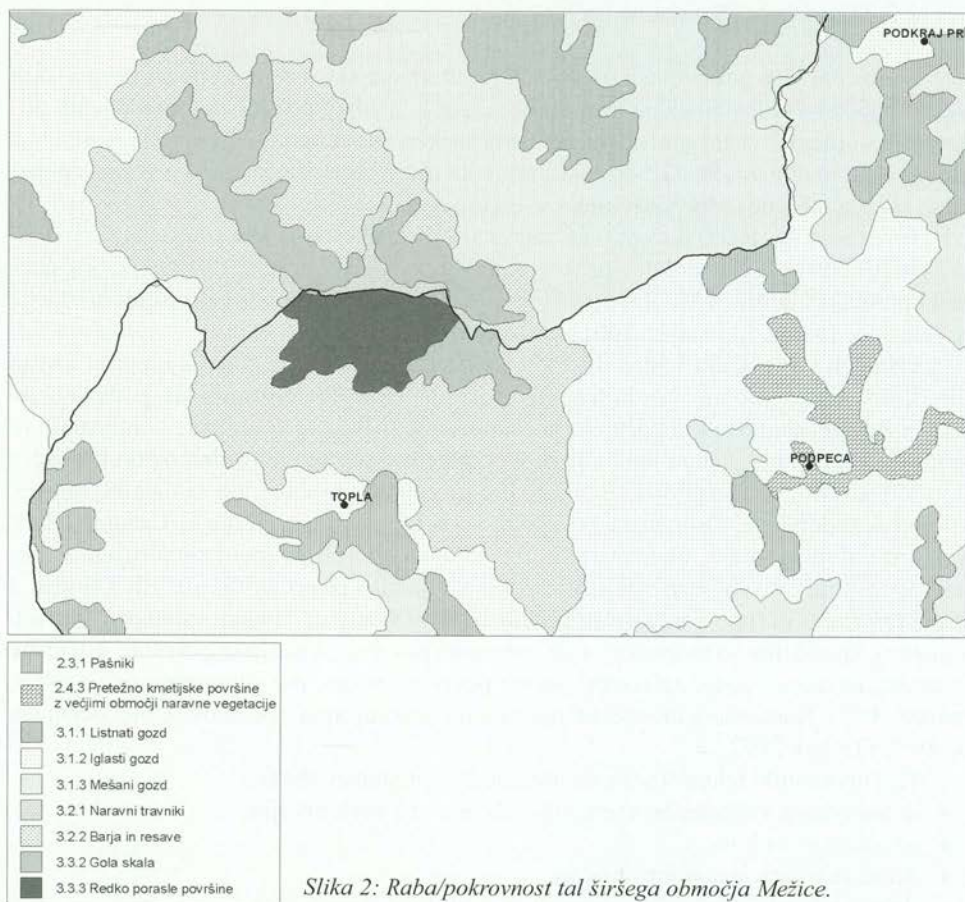
Kot uporabniki lahko izpostavimo naslednje prednosti zbirke:

- enakovredna zastopanost vseh pojavnih tipov na vseh nivojih,
- ažurnost podatkov,
- dobra razčlenjenost nomenklature,
- dobra položajska natančnost grafičnih in atributnih podatkov.

To zbirko smo največkrat uporabili kot kontrolni vir pri analizah rabe tal v projektu Hidrogeologija Karavank, kjer je bila osnovni vir CLC podatkovna zbirka, oz. za podrobnejše analize rabe tal. Kot moteče lahko izpostavimo zunanje meje poligonov v obliki celic in prikaz pozidanih površin v obliki krogov (slika 2). Zdaleč največja slabost so problemi pri prenosu podatkov v različne formate zapisa oz. izguba dela informacij pri prenosu. Pri obdelavi so se pokazale topološke napake, ki pri originalnih podatkih niso bile vidne, npr. podvajanje poligonov, viseče linije, prazni prostori med poligoni oz. poli-



goni brez atributa, ki so nastali bodisi kot posledica napak pri zajemu podatkov bodisi v procesu prekrivanja slojev različne prioritete pri posodabljanju zbirke in nedoslednega izločanja slojev z manjšo prioriteto. Originalni podatki so izdelani v Map Info programskem okolju, omenjeni problemi so se pojavili kot posledica prenosa v.e00 in.shp format zapisa za delo v ESRI ArcView in ESRI ArcGIS programskem okolju. Napake smo poskušali odpraviti ročno s pretvorbo .shp v .dwg format zapisa in popraviljem v Autocad programskem okolju, kar pa se je izkazalo za zelo zamudno in zato povsem nesmiselno. Tak način odpravljanja napak je potencialno smiseln le za manjša območja.



Slika 2: Raba/pokrovnost tal širšega območja Mežice.

### 2.3 Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano je izvedlo projekt »Zajem in spremljanje podatkov o rabi zemljišč« v sklopu projekta postavitve informacijskega sistema ministrstva s ciljem vzpostaviti prostorsko podatkovno zbirko o rabi kmetijskih zemljišč. Osnovni vir podatkov so digitalni ortofoto posnetki, dopolnjeni s terenskimi

ogledi ter drugimi razpoložljivimi podatki. Določenih je 7 glavnih kategorij: kmetijska zemljišča, gozd in ostale poraščene površine, pozidana in sorodna zemljišča, odprta zamočvirjena zemljišča, zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom, zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom in vode. Od teh sta na nižjih nivojih razčlenjeni le kategoriji kmetijska zemljišča (štirje nivoji) in odprta zamočvirjena zemljišča (dva nivoja). Minimalna velikost posamezne kategorije rabe tal je 0,5 ha, manjša je za vinograde 0,05 ha, sadovnjake 0,1 ha in oljčnike 0,05 ha (Rotter 2001).

Prednosti zbirke:

- atributna in pozicijska natančnost grafičnih podatkov,
- redkost topoloških in tehničnih napak,
- neproblematičnost pri pretvarjanju v različne formate zapisa,
- ni neklasificiranih kategorij,
- razumljivost metodologije,
- dobra razčlenjenost klasifikacije kmetijskih površin, natančnost prikaza kmetijskih površin,
- natančnost prikaza rabe/pokrovnosti tal na osnovni stopnji.

Na Oddelku za hidrogeologijo GEOZS se je zbirka izkazala kot najustreznejša pri analizi vpliva kmetijske rabe tal na podzemno vodo. Zbirko smo večkrat uporabili pri določanju potencialnega pritiska kmetijske dejavnosti v vodovarstvenih območjih. Zaradi dobro razčlenjene kategorizacije smo pri tem lahko izdvojili potencialno bolj obremenjujoče kmetijske površine (npr.: obdelovalne površine – njive in vrtovi, hmeljišča, intenzivni sadovnjaki, vinogradi) in tiste, ki predstavljajo potencialno manjše obremenjevanje (npr.: ekstenzivni sadovnjaki, ekstenzivni travniki, zemljišča v zaraščanju). Za potencialno bolj ogrožene dele vodovarstvenih območij smo na podlagi rezultatov predlagali določene ukrepe, s katerimi bi preprečili onesnaženje podzemne vode s strani kmetijske dejavnosti.

Glavna slabost zbirke izhaja iz dejstva, da je primarno namenjena uporabnikom, ki potrebujejo natančne podatke o kmetijskih rabi zemljišč. Posledica je neenakovredno zastopanje oz. odsotnost ostalih pojavnih tipov na nižjih nivojih klasifikacije. Za natančnejše preglede je zato manj uporabna oz. neuporabna.

### 3 SKLEP

GIS je postal tudi v geologiji nenadomestljiv in neizogiben. V geoloških raziskavah, še posebno v hidrogeoloških, pa je vse pogosteje zaslediti tudi uporabo podatkovnih zbirk o rabi/pokrovnosti tal, ki predstavljajo eno osnovnih informacij o prostoru.

Na podlagi uporabe podatkov omenjenih zbirk se je izkazalo, da imajo tako prednosti kot omejitve, zato smo se soočili s problemom izbire najustreznejše. Naše izkušnje kažejo, da sta zaenkrat bolj uporabni zbirka CLC, ki je primerna zlasti za mednarodne projekte ali splošne preglede na državnem nivoju, ki ne zahtevajo natančnejših informacij, in zbirka »Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč« za natančen pregled na osnovni stopnji ter za podroben prikaz kmetijske rabe tal. Zaradi problemov, ki nastanejo pri prenosu originalnih podatkov zbirke »Statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije« v ne-



katere formate zapisa, je zaenkrat le-ta za nas manj uporabna. Če odštejemo ta problem, je to vsekakor zelo uporabna podatkovna zbirka na nižjih stopnjah klasifikacije.

Zaradi različne kategorizacije primerjava med zbirkami pravzaprav ni mogoča. Kljub temu se je pri primerjavi rezultatov analiz pokazalo, da večjih odstopanj v deležih najpomembnejših kategorij rabe/pokrovnosti tal, t. j. kmetijskih površin, umetnih (grajenih) površin in gozdnih površin, kljub različnim metodološkim izhodiščem, ni.

Predstavljene so le nekatere z vidika uporabnikov v geologiji pomembnejše omejitve in prednosti podatkovnih zbirk. Te so v dobršni meri odvisne od namena in cilja raziskave ter GIS orodij, ki jih uporabljamo. Glede na to mora vsak uporabnik sam presoditi, katere podatke uporabiti za čim natančnejše rezultate.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Agencija RS za okolje, Geodetska uprava RS 2003: Pokrovnost tal I & CLC 2000. Ljubljana.
- Brenčič, M., Poltnig, W., Placer, L., Rikanovič, R., Ratej, J., Prestor, J., Bole, Z., Praprotnik, B., Matoz, T., Gale, U. 2003: Hidrogeologija Karavank. Poročilo, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- European Environment Agency 2002: Use of CORINE Land Cover Information in the Central and Eastern European Countries 2000. Copenhagen.
- Medmrežje 1: [http://193.2.111.28/gu/aplik/opis/cepp/intro\\_cepp.asp](http://193.2.111.28/gu/aplik/opis/cepp/intro_cepp.asp).
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano 2002: Zajem in spremljanje rabe tal kmetijskih zemljišč 2002. Zbirka digitalnih podatkov. Ljubljana.
- Ministrstvo za okolje, prostor in energijo 2002: CORINE Land Cover Slovenija. Zbirka digitalnih podatkov. Ljubljana.
- Petek, T. 2001: Corine Land Cover (CLC) v Sloveniji, Uporaba informacij o pokrovnosti in rabi prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju. Zbornik referatov. Gozd Martuljek.
- Rotter, A. 2001: Zajem rabe kmetijskih zemljišč v okviru Projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin, Uporaba informacij o pokrovnosti in rabi prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju. Zbornik referatov. Gozd Martuljek.
- Skumavec, D. 2003: Izdelava vektorske baze pokrovnosti tal Slovenije, stanje 2001. Poročilo, Statistični urad RS. Ljubljana.
- Statistični urad 2003: Statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije. Zbirka digitalnih podatkov. Ljubljana.
- Šabić, D., Skumavec, D. 2001: Statistični GIS pokrovnosti/rabe tal Slovenije, Uporaba informacij o pokrovnosti prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju. Zbornik referatov. Gozd Martuljek.
- Tretjak, A. 2001: Metoda ocenjevanja točnosti statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal, Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002. ZRC SAZU. Ljubljana.
- Medmrežje 2: <http://www.umweltbundesamt.at>.

# SPLETNA KARTOGRAFIJA IN PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Katja Oven\*, Dušan Petrovič\*\*, Jani Demšar\*\*\*  
in Darja Lihteneger\*\*\*\*

UDK: 528.9:004.738.5:711

## *Izvleček*

### *Spletna kartografija in prostorsko načrtovanje*

*V članku predstavljamo interdisciplinarno povezanost dveh področij: kartografije in prostorskega načrtovanja, ki jih v današnjem času še dodatno povezuje nov medij prikazovanja in distribucije kartografskih prikazov – internet. Obe področji sta podvrženi novemu razvoju in izzivom, ki jih ta medij prinaša. V kartografiji se razvija novo področje, imenovano spletna kartografija. Internet določa nove in različne oblike uporabnosti kart in s tem spreminja postopke njihove izdelave in uporabe tudi pri prostorskem načrtovanju. Prostorsko načrtovanje je vpeto v pravno predpisane postopke priprave in sprejemanja prostorskih aktov ter javnega obveščanja. Internet in spletna kartografija se pojavljata v novih načinih prikazovanja in pridobivanja podatkov o prostorskih aktih.*

## *Ključne besede*

*Spletna kartografija, prostorsko načrtovanje, prostorski akt, geografski informacijski sistem, prostorski podatek, internet*

## *Abstract*

### *Web cartography and spatial planning*

*In this paper the interacting connection between two professions – cartography and spatial planning – is presented. The internet is a medium that links both of them in terms of distribution and presentation of maps that are produced for spatial planning. For this reason the development in both professions is necessary. In cartography there is already developed a new branch named web cartography. Internet enables new and different kind of use of maps and also new procedures of map production for spatial planning. Spatial planning is attached to legal procedures of preparation and adoption of spatial planning documents and is included into public information system. Internet and web cartography are taking part in new methods of publishing and acquiring of spatial data from spatial planning documents.*

## *Keywords*

*Web cartography, spatial planning, spatial planning document, geographic information system, spatial data, internet*

\* mag., Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana, katja.oven@geod-is.si

\*\* dr., Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana, dusan.petrovic@geod-is.si

\*\*\* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana, jani.demsar@geod-is.si

\*\*\*\* Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Urad za prostorski razvoj, Dunajska 21, 1000 Ljubljana, darja.lihteneger@gov.si



## 1 UVOD

Današnja informacijska tehnologija omogoča številne možnosti uporabe interneta v različnih panogah, hkrati pa pogojuje njihov stalni razvoj in prilagajanje. Interdisciplinarna povezanost kartografije in prostorskega načrtovanja je že dolgoletna. Novi predpisi na področju urejanja prostora dopuščajo možnost njenega skupnega tehnološkega razvoja. S pomočjo interneta in spletne kartografije je možno digitalno obliko prostorskih aktov zasnovati tako, da jih bo mogoče uporabljati tudi pri hitrih in dinamičnih spremembah v prostoru, kar povečuje odzivnost kartografskih prikazov, kot tudi učinkovitost celotnemu prostorskemu aktu. Pričujoči članek je nastal kot rezultat medsebojnega sodelovanja pri realizaciji projekta z naslovom *Kartografija v svetovnem spletu – metodološke osnove na primeru strategije prostorskega razvoja Slovenije*, katerega naročnik je bilo Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Urad za prostorski razvoj in izvajalec Geodetski inštitut Slovenije.

## 2 NOVI KONCEPTI NA PODROČJU UREJANJA PROSTORA IN V PROSTORSKEM NAČRTOVANJU

Prostorsko načrtovanje je že dolgo časa uveljavljena interdisciplinarna dejavnost, ki ob upoštevanju varstvenih zahtev in predpisanih režimov ter razvojnih možnosti določa namensko rabo prostora, pogoje za razvoj in razmestitev dejavnosti v prostoru ter pogoje za umestitev in izvedbo načrtovanih objektov v prostoru. V decembru leta 2002 sprejeti novi Zakon o urejanju prostora je uvedel spremembe v sistem prostorskega načrtovanja, v vrsto, obliko in vsebino prostorskih aktov ter spremenil nekatere postopke priprave in sprejema prostorskih aktov. Na področju urejanja prostora je zakon uvedel dva nova koncepta: spremljanje stanja na področju urejanja prostora z rednimi poročili in sistem zbirke prostorskih podatkov. Slednji uvaja vzpostavitev medsebojno povezanih temeljnih zbirke podatkov na področju urejanja prostora, ki so povezljive z zbirkami nepremičninskih podatkov in vsebujejo podatek o prostorski lokaciji, oz. o prostorskem območju. Jedro tega sistema tvorijo tri zbirke podatkov: zbirka podatkov o upravnih aktih (v kateri se vodijo podatki o posamičnih upravnih aktih, ki se izdajajo na podlagi predpisov s področja urejanja prostora in graditve objektov), zbirka pravnih režimov (ki vsebuje podatke o prostorskih aktih in podatke iz drugih aktov o pravnih režimih) in zbirka podatkov o dejanski rabi prostora (ki vsebuje podatke o dejanski rabi prostora ter podatke o omrežjih in objektih gospodarske javne infrastrukture). Vse navedene spremembe ponujajo možnost uporabe sodobnih informacijsko komunikacijskih tehnologij pri vzpostavitvi temeljnih evidenc, predstavitvi prostorskih aktov, dostopnosti podatkov, uporabi podatkov v različnih delovnih procesih državne in javne uprave in pri razvoju informacijske družbe.

### 2.1 Zbirka pravnih režimov

Zbirka pravnih režimov je vključena v sistem zbirke prostorskih podatkov, ki ga vzpostavlja Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. Predstavlja zbirko podatkov o sprejetih

prostorskih aktih in drugih aktih, ki predpisujejo ureditve, ukrepe in omejitve v prostoru (t. i. pravni režimi) ter arhiv prostorskih aktov, ki bo vseboval celotne prostorske akte v digitalni obliki. Zbirka pravnih režimov bo imela ključno vlogo prav v funkcijah prostorskega načrtovanja. Osnovni element zbirke je prostorsko območje, na katerem velja pravni režim in mora biti opredeljeno na tak način, da omogoča povezovanje z zbirkami nepremičninskih podatkov (zemljiški kataster, kataster stavb), prostorskimi enotami iz registra prostorskih enot ali z ustrežno geo-lokacijo v državnem geodetskem koordinatnem sistemu. Že iz tega opisa sledi, da bo zbirka pravnih režimov zasnovana na principih in tehnologiji geografskih informacijskih sistemov, ki poleg zapisa prostorskih pojavov omogočajo tudi prostorske operacije in analize ter ustrezen način vizualne – kartografske predstavitve.

## 2.2 Vrste prostorskih aktov in njihova osnovna zgradba

Prostorski akti so splošni pravni akti in jih lahko smatramo tudi za temeljne izdelke prostorskega načrtovanja. Zakon o urejanju prostora je po namenu uvedel strateške in izvedbene prostorske akte. Med strateškimi prostorskimi akti so strategija prostorskega razvoja Slovenije, prostorski red Slovenije, regionalna zasnova prostorskega razvoja in strategija prostorskega razvoja občine. Izvedbeni prostorski akti so državni in občinski lokacijski načrti ter prostorski red občine. Za vse prostorske akte zakon in podzakonski predpisi predvidevajo zapis v analogni in digitalni obliki. Kljub svoji različnosti po namenu je osnovna zgradba prostorskih aktov razdeljena v dva tipična sklopa: tekstualni del in kartografski del s tematskimi vsebinami v različnih merilih. Tudi podrobnost prikazovanja prostorskih pojavov je različna – od zelo generaliziranih vsebin v strategiji prostorskega razvoja Slovenije do podrobnih prikazov v prostorskem redu občine ali v lokacijskih načrtih. Kartografski deli prostorskih aktov zahtevajo poseben pristop h kartografskem oblikovanju, saj se bodo v novem informacijskem sistemu podatki prikazovali prvenstveno preko ekrana in bodo dostopni preko spletnih storitev. Zato je pri vzpostavitvi novega sistema prostorskih aktov nujno, da se opravi podrobna analiza zgradbe in oblike aktov. Na osnovi tega poznavanja se lahko postavijo elementi enotnega kartografskega sistema, ki bo tudi po vizualni – kartografski plati asociativno povezoval nekatere pomenske

Legenda (k preglednici 1):

Stopnja podrobnosti prikaza prostorskih pojavov	Število različnih tematskih vsebin
visoka 	veliko 
srednja 	srednje 
nizka 	malo 

pojave v prostoru skozi različne prostorske akte, oz. prikazoval iste prostorske pojave v prostorskih aktih iste vrste na enak način (npr. prostorski redi občin). Odnos med stopnjo podrobnosti prikaza prostorskih pojavov in številčnostjo tematskih vsebin v posameznih (tipičnih) prostorskih aktih je prikazan v preglednici 1. Vedno pa obstaja možnost, da se določena problematika prikaže na podrobnejši način.



Preglednica 1: Značilnosti kartografskih delov prostorskih aktov.

	Država		Regionalni nivo		Občina	
Strateška raven	SPRS – strategija prostorskega razvoja Slovenije		RZPR – regionalna zasnova prostorskega razvoja		SPRO – strategija prostorskega razvoja občine	
	PRS – prostorski red Slovenije					
Izvedbena raven	DLN – državni lokacijski načrt				PRO – prostorski red občine	
					OLN – občinski lokacijski načrt	

### 2.3 Vloga spletnih tehnologij v digitalni obliki prostorskih aktov

Zelo pomembno je, da zasnujemo digitalno obliko prostorskih aktov na tak način, da jih bomo lahko uporabljali pri dinamičnih in hitrih spremembah družbenega in globalnega okolja, ki zahtevajo ustrezno odzivnost, stalno spremljanje, upravljanje in pravočasno odzivanje po načelih vzdržnega in trajnostnega prostorskega razvoja. Dosedanje izkušnje pri pripravi kartografskih delov prostorskih aktov so večinoma vezane na računalniško pripravo in obdelavo prostorskih podatkov ter na orodja za računalniško kartografijo, ki pa kot izhodni medij za predstavitev kartografskih izdelkov še vedno uporabljajo papir ali digitalno obliko takega grafičnega izrisa v slikovnem formatu (TIFF, JPEG ipd.). Taka statična predstavitev kartografskega dela in celotnega prostorskega akta pa je zelo toga. Zato je nujen korak v premiku osnovne paradigme o digitalnih prostorskih aktih v smer sistema za shranjevanje, vizualno predstavitev, dostop do podatkov prostorskih aktov in njihovo uporabo v različnih delovnih procesih, ki podpirajo interaktivnost in javnost podatkov. Navedenih je nekaj ključnih možnosti, ki jih omogočajo spletne tehnologije, povezanost sistemov in internet.

1. *Spletni dokumenti in večpredstavnost*: S preoblikovanjem prostorskega akta v zapis, ki upošteva vgradnjo hiperpovezav, lahko učinkoviteje in preprosteje povežemo tekstualne dele prostorskega akta s kartografskimi upodobitvami. Pri tem lahko v polni meri izkoristimo vse možnosti, ki jih ponujajo različne večpredstavnostne tehnike (slika, film, animacija, povezava na druge dokumente ali dele dokumentov). Podobno tehniko lahko uporabimo tudi pri pomenski vertikalni povezavi med tematskimi vsebinami, ki jih obravnavajo različni prostorski akti.
2. *Dinamičnost in interaktivnost*: Podlaga prostorskemu aktu so prostorski podatki, zapisani v enotnem državnem koordinatnem sistemu in v zbirki pravnih režimov. Tako imamo na voljo bazo podatkov z dodatno funkcionalnostjo geografskih informacijskih sistemov, ki omogoča prikazovanje vrednosti prostorskih pojavov preko vrednosti atributov in ne le preko grafičnih znakov. Ta pristop podpira tudi razvoj dinamičnih in interaktivnih rešitev, ki omogočajo uporabniku iskanje in samostojno

oblikovanje vprašanj, enostavnejši dostop do podatkov in prilagoditev za uporabo v različnih delovnih procesih.

3. *Javnost in obveščanje*: Načelo javnosti podatkov in obveščanja je usmerjeno v uporabo interneta in spletnih storitev – oblikovanje vstopnih točk in portalov so prvi kačipot do želenega in končnega podatka, ki ga išče ali zahteva uporabnik in mu je stalno na voljo preko spletnega brskalnika.
4. *Novi medij – spletna kartografija in spletne storitve*: Medij, ki ga uporabljamo za predstavitev podatkov in kartografskega dela prostorskega akta, je ekran, ki ima svoje omejitve v fizični velikosti in resoluciji (ločljivosti) prikazovanja, zato je ustrežna kartografija zelo pomembna. Ker gradimo sistem, ki je uporabniku dostopen preko interneta in spletnih storitev, je prav spletna kartografija eden izmed pomembnih dejavnikov, da bodo uporabniki s čim manjšim nezaupanjem sprejeli nov način predstavitve in uporabe digitalnih prostorskih aktov.

### 3 SPLETNA KARTOGRAFIJA

Internet vse bolj postaja glavna oblika distribucije kart. Predvsem ima močan vpliv na razvoj GIS in metod povezanih z digitalno kartografijo, predvsem z interaktivnimi metodami prikazovanja kart.

Grafika, in z njo tudi karte, postajajo ena od glavnih sestavin spleta. Eden od razlogov za to so stroški, ki so povezani s tiskanjem karte. Ceneje je, če se barvno karto objavi na spletu, kot pa da se jo tiska na papir. Ena od glavnih prednosti interneta kot medija za kartografijo je, da omogoča visoko stopnjo interaktivnosti in izdelavo kartografskih animacij, ter množično distribucijo.

Spletna karta je lahko interaktivna, dinamična, statična ali pa združuje večpredstavne karakteristike. Njene velike prednosti so možnost hitrega ažuriranja, dober učinek upodobitve in enostavne statistične analize (Petrovič 2001). Karta na zaslonu ni le nosilec informacij in komunikacijsko sredstvo za njihovo posredovanje, ampak ima tudi funkcijo spoznavnega rezultata. Zato zanje veljajo prenovljena načela oblikovanja v primerjavi s klasičnimi kartami na papirju.

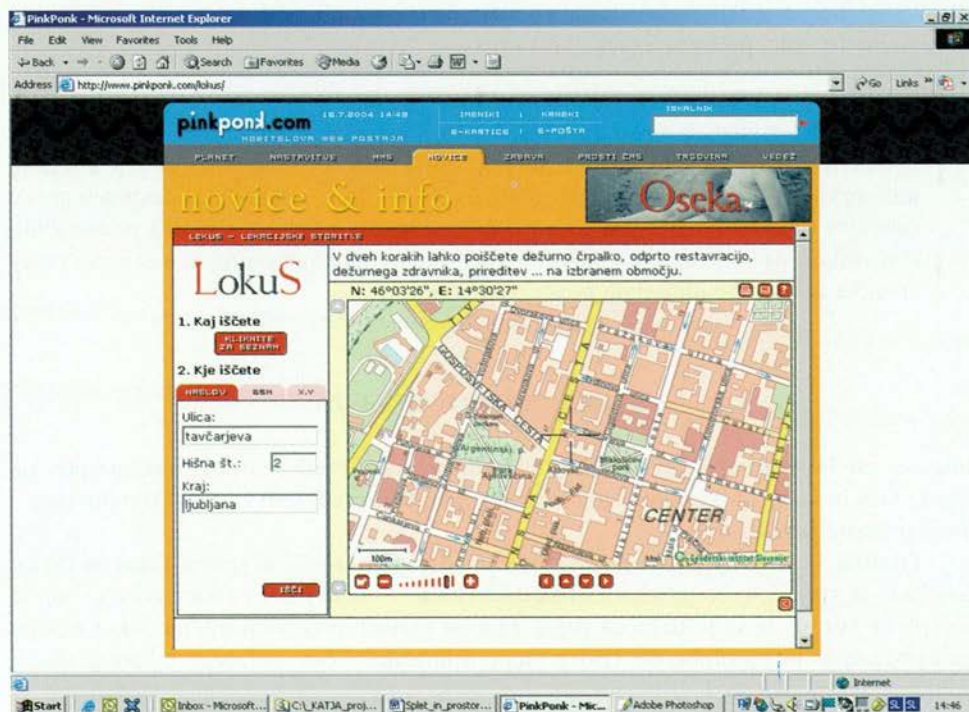
#### 3.1 Interaktivne karte

Na spletu zasledimo različne vrste spletnih kart. Mnogo od njih je interaktivnih, kar pomeni, da uporabniku omogočajo spreminjanje merila (zoom-a) in pogleda (premikanja levo-desno, gor-dol) (Peterson 1997). Omogočajo poizvedovanje po različnih tematikah, kot npr. naslovi prebivališča, lokacije pomembnejših institucij. Grafično prikažejo izbrano lokacijo, nakažejo smer vožnje ter nudijo druge informacije, do katerih pridemo na poizvedovalni-interaktivni način (Peterson 1999). Z interaktivnimi spletnimi kartami omogočamo predvsem enostavnost uporabe, večji prikaz podrobnosti in večjo prilagodljivost uporabnikom.



Predstavljamo primere aplikacij z interaktivnimi spletnimi kartami, ki so bile izdelane tudi v sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije, in sicer:

- aplikacija Lokus (<http://www.pinkponk.com/lokus/>), naročnik Mobitel d.d.:

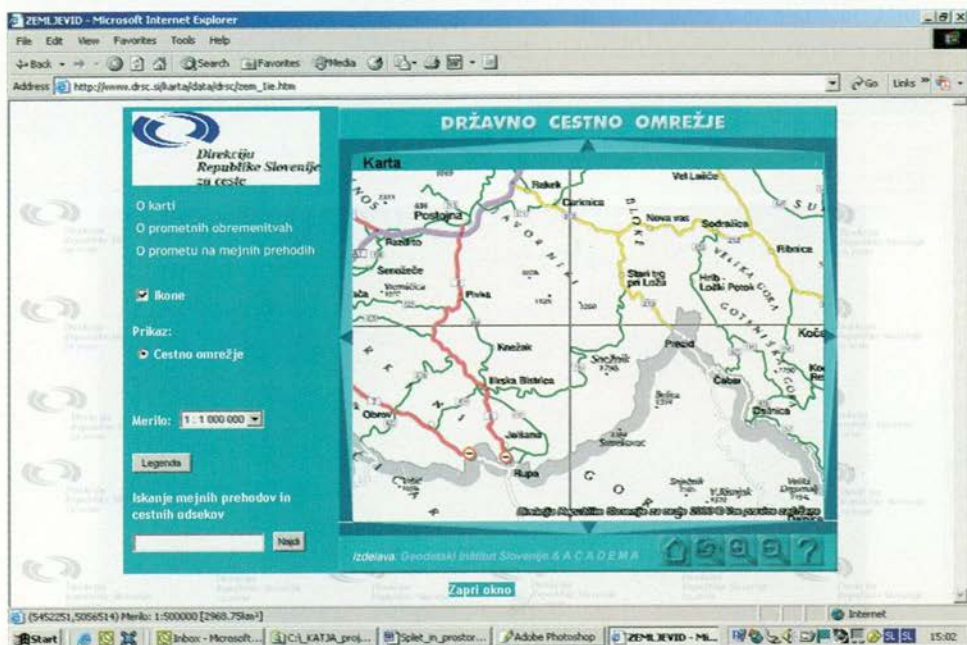


Slika 1: Aplikacija Lokus.

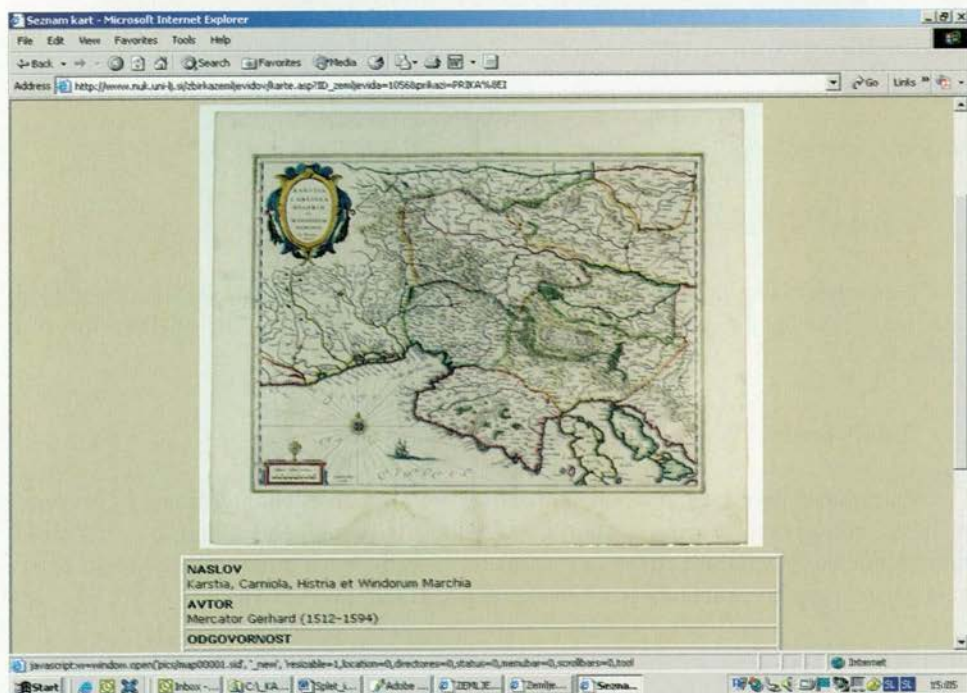
- Državno cestno omrežje ([http://www.drsc.si/karta/data/drsc/zem\\_1ie.htm](http://www.drsc.si/karta/data/drsc/zem_1ie.htm)), naročnik Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste: slika 2
- Stari zemljevidi slovenskega etničnega prostora (<http://www.nuk.uni-lj.si/zbirka-zemljevidov/index.html>), naročnik Narodna in univerzitetna knjižnica. Vpogled v zbirko zemljevidov je možen s pomočjo pregledovalnika spletnih strani, ki je namenjen pregledovanju skenogramov kart: slika 3

### 3.2 Dinamične karte

Zelo razširjen primer uporabe kart na Internetu so tudi dinamične karte, s pomočjo katerih lahko prikazujemo trenutno stanje vremena, osončenost zemeljske površine, trenutno stanje prometa na cestah in podobno. To so karte, katerih vsebina se neprestano



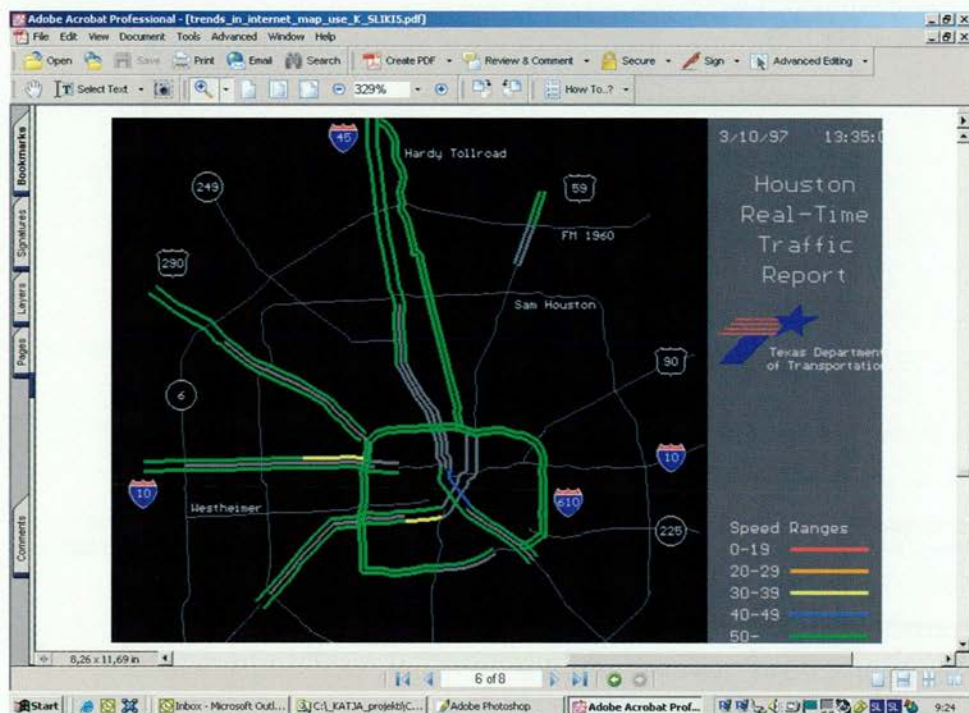
Slika 2: Državno cestno omrežje.



Slika 3: Pregledovalnik kart v obliki spletnih strani.



obnavlja. Praktično so lahko vsak trenutek prikazi na karti drugačni zaradi spremembe tematske vsebine v stvarnosti (Peterson 1997).



Slika 4: Prometna karta – stanje prometa na dan: 30.marec, 1997 ob 13:35 (Peterson 1997).

### 3.3 Statične karte

Najpogosteje na Internetu zasledimo statične karte, ki omogočajo statičen pogled, tako kot karte na papirju. Najpogosteje so to rastrske slike v JPEG, GIF ali TIFF formatu. (slika 5).

### 3.4 Animirane karte

Za prikazovanje kartografskih animacij se običajno uporabljajo formati, ki so namenjeni za prikazovanje filmov, kot npr. Quick Time, MPEG ali AVI. Pogosto se uporablja tudi animacija zaporednih slik v GIF formatu. V kolikor lahko uporabnik vpliva na izvajanje sprememb v animaciji je takšna karta hkrati tudi interaktivna.





#### 4 NAČELA KARTOGRAFSKEGA OBLIKOVANJA ZA POTREBE NOVIH MEDIJEV

Dosedanje izkušnje pri oblikovanju kart na računalniških zaslonih so pokazale na neka- tera pravila, ki jih je potrebno upoštevati. Z uporabo novih medijev lahko karto dodatno obogatimo z zvočnimi, vidnimi in interaktivnimi večpredstavnostnimi elementi. Sedanja tehnologija nam omogoča precejšnjo izbiro različnih geometrijskih, vizualnih, zvoko- vnih, statičnih in dinamičnih oblik. Da posamezne tematske vsebine ločimo med seboj, oblikujemo kartografske znake, ki naj bi prikazovali fizične in človeške značilnosti ob- močja. Pri oblikovanju kartografskih znakov upoštevamo pravila, kot so: asociativnost znaka, stiliziranje znaka, kontrastnost znaka, čitljivost posameznega znaka in zunanji iz- gled celote upoštevajoč temeljne skupine znakov: realistični znaki, nazorni znaki, geo- metrični znaki in alfanumerični znaki.

#### 5 PROBLEMATIKA STANDARDIZACIJE PRI OBLIKOVANJU KARTOGRAFSEKIH ZNAKOV

Standardizacija naj bi smiselno povezovala ravni prostorskega načrtovanja od državne preko regionalne do lokalne ravni. Znaki, ne glede na raven, naj bi bili oblikovno stan- dardizirani, torej naj se njihova sestavina ne spreminja. Standardizacija znakov nam omo- goča lažje branje tematskih vsebin. Če je pojavnost znaka na vseh ravneh prikazovanja enaka-standardna, je reakcijski čas prepoznavanja znaka manjši, kar je pomembno pri uporabi spletnih kartah, kajti čas branja spletnih kart je krajši kot čas branja analognih kart. Standardizirane znake lahko zapišemo v knjižnico znakov, pri čemer je potrebno upoštevati: vidike čitljivosti, razpoznavnosti, harmonije in klasifikacijo po kriteriju veli- kosti (količine) in pomena.

#### 6 KRATKA PREDSTAVITEV KOMISIJE ZA INTERNETNO KARTOGRAFIJO (ICA-CMI)

Od l.1999 deluje v okviru mednarodnega združenja ICA (International Cartographic Association) komisija za internetno kartografijo (Commission on Maps and the Internet), ki se ukvarja z različnimi raziskovalnimi projekti, kateri se nanašajo na ugotavljanje:

- razširjenosti in oblik uporabe spletnih kart,
- uporabnikovih zahtev glede spletnih kart,
- uporabe ustreznih kartografskih pogojnih znakov in barv spletnih kart in razvoj:
- mednarodnih spletnih kartografskih strežnikov za distribucijo kart,
- podatkovnih baz o spletnih kartah s specifičnimi temami, avtorji, geografskimi ob- močji, ločljivostmi, koordinatnimi sistemi in podobno,
- smernic za izdelavo spletnih kart,
- metod za distribucijo velikih količin kartografskih podatkov preko interneta ter
- izdelavo izobraževalnega gradiva za internetno kartografijo.

## 7 SKLEP

Pravne podlage na področju urejanja prostora prostorskemu načrtovanju omogočajo razvoj v smeri priprave in predstavitve kartografskih prikazov kot tudi celotnih prostorskih aktov. V tem procesu lahko spletna kartografija odigra ključno vlogo. Področje izdelave spletnih kart postaja nova panoga kartografije, ki v zadnjih letih doživlja svoj razcvet. Zaradi interneta in načina prikazovanja kartografske vsebine na ekranu je potrebno pristopiti k oblikovanju novih načel in zakonitosti kartografskega oblikovanja.

Zaradi številnih in različnih uporabnikov spleta, njegove stopnje tehnološkega razvoja ter uporabnikovih tehničnih zmogljivosti je verjetno pričakovati, da se bo uporabnost in s tem povpraševanje po spletnih prikazih kartografskih izdelkov v bližnji prihodnosti povečalo. Slednje nedvomno govori v prid oblikovanju digitalnih prostorskih aktov, ki bodo zagotavljali ustrezno odzivnost na spremembe družbenega in globalnega okolja.

## VIRI IN LITERATURA:

- Harder, C., Dangerfield J. 1998: *Serving Maps on the Internet*, Geographic Information on the World Wide Web. ESRI Press, Redlands, California.
- Navodilo o vsebini in načinu vodenja sistema zbirke prostorskih podatkov. Uradni list RS, št. 123/03.
- Peterson, M. P. 1997: Trends in Internet Map Use. Proceedings of the 18th International Cartographic Conference, št. 3, str. 1635–1642. Stockholm, Sweden.
- Peterson, M. P. 1999: Trends in Internet Map Use: A Second Look. Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Cartographic Congress. CD. Ottawa, Canada.
- Peterson, M. P. 2001: The Automated Display of Maps from the Internet. *Journal of South China Normal University*, str. 56–64.
- Petrovič, D. 2001: Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Oddelek za geodezijo, Ljubljana.
- Pravilnik o vsebini in načinu vodenja zbirke pravnih režimov. Uradni list RS, št. 34/04.
- Workshop – Maps and the Internet. Medmržje: <http://maps.unomaha.edu/Workshop>.
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1). Uradni list RS, št. 110/02, 8/03-popr. in 58/03-ZZK-1.
- Medmrežje 1: <http://www.gov.si/upp/>.
- Medmrežje 2: <http://www.kartografija.net/glossword>.





# INTERNETNA PREDSTAVITEV NAJPOMEMBNEJŠIH STARIH KART NARODNE IN UNIVERZITETNE KNJIŽNICE

Dalibor Radovan\* in Renata Šolar\*\*

UDK: 528.9:004.738.5

## **Izvleček**

**Internetna predstavitev najpomembnejših starih kart Narodne in univerzitetne knjižnice**

Kartografska zbirka Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani hrani veliko število originalnih starih kart in atlasov, ki sodijo v nacionalno kulturno dediščino. Pilotno je bil izveden prenos 20 najpomembnejših starih kart, nastalih od 16. stol. naprej, v digitalno obliko in izdelana internetna predstavitev, ki se trenutno dopolnjuje z dodatnimi 76 kartami. S tem je omogočen dostop do dragocenega kartografskega gradiva širšemu krogu uporabnikov in zaščita eksponatov s kakovostno digitalno kopijo, ki omogoča izdelavo faksimilnih odtisov. V okviru projekta so bili preizkušeni različni načini analogno-digitalne pretvorbe in obdelave slik. Navedene so možnosti uporabe starih kart na področju GIS-ov.

## **Ključne besede**

stare karte, skeniranje, digitalna fotografija, internet

## **Abstract**

**Internet presentation of the most important historical maps from National and University Library**

Cartographic collection of the National and University Library from Ljubljana keeps many original historical maps and atlases of high importance for national cultural heritage. Twenty most important maps originating from 16th century and later were transformed into digital form in a pilot project. Internet presentation was established, now being supplemented with further 76 maps. In this way, the precious historical material is now permanently exhibited to the users worldwide. High quality scans offer protection and enable facsimile printing. Several analogue-to-digital conversion methods were tested. Some possible applications of historical maps in GIS are presented.

## **Keywords**

historical maps, scanning, digital photography, internet

\* mag., Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana, dalibor.radovan@geod-is.si

\*\* mag., Narodna in univerzitetna knjižnica, Turjaška 1, 1000 Ljubljana, renata.solar@nuk.uni-lj.si



## 1 UVOD – STARE KARTE KOT DEL NACIONALNE KULTURNE DEDIŠČINE

Kartografska zbirka v Narodni in univerzitetni knjižnici (NUK) že od leta 1948 hrani temeljno nacionalno zbirko kartografskega gradiva. Fond obsega prek 25.000 inventariziranih enot geografskih, zgodovinskih in etnografskih atlasov, splošne, tematske in topografske zemljevide, načrte mest in krajev. Dragoceni so atlasi znanih kartografov iz obdobja med 16. in 19. stol., kot so npr. Ortelius, Mercator, rodbine Sanson d'Abbeville, Bleau in Homann. Najstarejše kartografsko delo v zbirki iz okoli leta 1520 je 26 rokopisnih kart, prepis Ptolemajevega prikaza sveta Petra Freilaenderja. Kartografsko gradivo je v knjižnicah posebnost, tako po svoji vsebini, dimenzijah, bibliografski obdelavi, načinu hranjenja in izposoje, stare karte pa so hkrati znanstveni dokument in umetniško delo (Harley, Woodward 1987).

## 2 NOVI KARTOGRAFSKI IZZIVI BIBLIOTEKARSTVA

V zadnjih desetih letih je tehnologija multimedijev, GIS-ov, digitalne kartografije in interneta prodrla tudi na področje bibliotekarstva in povzročila začetek množične pretvorbe starih gradiv v digitalno obliko. Veliki projekti digitalizacije svetovne kulturne dediščine se dogajajo v največjih knjižnicah kot npr. v Kongresni knjižnici v ZDA in nacionalnih knjižnicah Velike Britanije, Francije in Nizozemske. Tako stare karte postajajo dostopne ne le znanstvenikom, temveč vsakemu, ki ima dostop do interneta. Stara karta, skenirana v primerni ločljivosti je tudi zaščitni digitalni dokument v primeru uničenja, kraje ali izgube in osnova za faksimilno izdajo. Ne smemo zanemariti tudi dejstva, da so stara kartografska gradiva občutljiva na temperaturo, vlago, svetlobo in rokovanje, zato prenos v digitalno obliko pomeni tudi zmanjšanje fizične obrabe in nevarnosti poškodb. Več kart je vezanih v atlase, samostojne karte pa so pogosto večjih in seveda nestandardnih dimenzij, kar še bolj otežuje njihovo shranjevanje in uporabo. Nekatere med njimi so redkost ali celo unikat. Vsekakor je digitalizacija starih kartografskih in tudi drugih gradiv eden glavnih izzivov sodobnega knjižničarstva.

## 3 PILOTSKI PROJEKT DIGITALIZACIJE STARIH KART

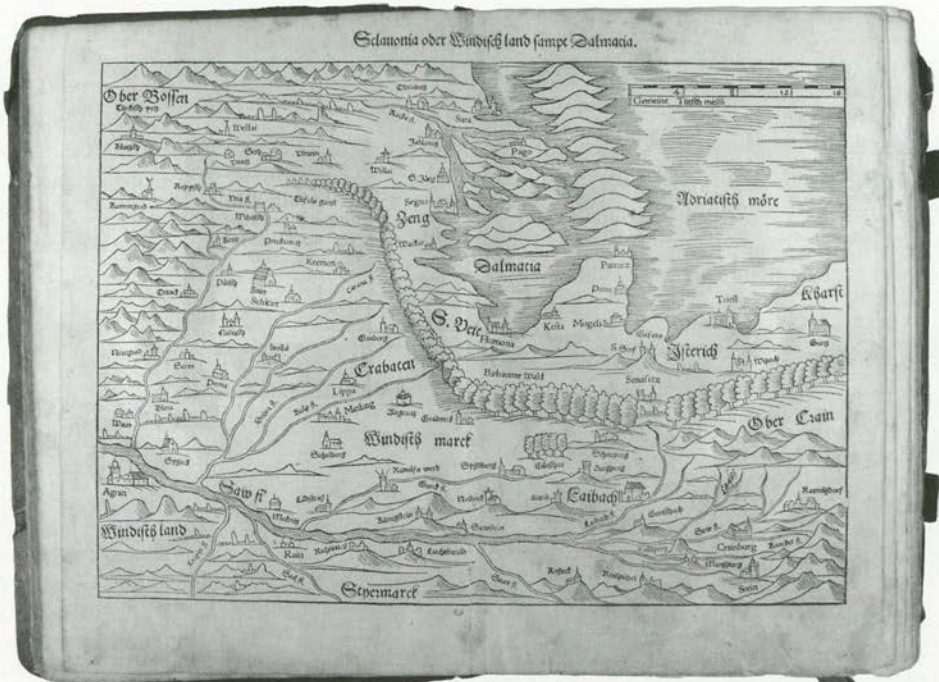
V Sloveniji je NUK, ki ima najbogatejšo kartografsko zbirko v državi, pristopil k digitalizaciji (analogno-digitalni pretvorbi) starih kart in prenosu na internet skupaj z Geodetskim inštitutom Slovenije. V okviru projekta je bilo leta 2002 digitalno obdelanih 20 najdragocenejših kart slovenskega prostora, katerih avtorji so, poleg uvodoma naštetih, še: Münster, Valvasor, Schönleben, Hacquet, Hirsvogel, Lazius, Sambucus, Jaillot, de Witt, Weigel, Seutter, de Vaugondy, Kozler in Florianschitsch de Grienfeld. V letu 2004 poteka nadaljevanje pretvorbe za 76 drugih kart, predvsem iz 18. in 19. stol., med katerimi je tudi zbirka mestnih načrtov Ljubljane. V okviru pilotskega projekta so bile digitalne rastrske karte pridobljene na tri načine (Demšar et al. 2002):

- s snemanjem karte v celoti ali po delih z digitalnim fotoaparatom,
- s snemanjem karte s klasičnim fotoaparatom in skeniranjem diapozitivov,
- s skeniranjem karte v celoti ali po delih.

Čeprav tehnologija digitalnega zajema na področju GIS-ov ni več nekaj novega, v nadaljevanju zaradi nekaterih zanimivih izkušenj vseeno kratko opisujemo zgoraj navedene postopke. Ugotovitve so namreč popolnoma podobne tistim iz tujih knjižnic (Fleet 2003).

#### 4 ZAJEM Z DIGITALNIM FOTOAPARATOM

Vse karte so bile slikane s profesionalnim digitalnim zrcalnorefleksnim fotoaparatom Olympus E10 z ločljivostjo 4.000.000 slikovnih točk in štirikratno optično povečavo, kar ustreza objektivu 35–140 mm. Ostrenje slike je bilo nastavljeno na avtomatsko fokusiranje, s tem pa tudi čas osvetlitve. Ker so bile karte posnete v zaprtem prostoru pri umetni svetlobi, je bila nastavljena svetlobna občutljivost 3000 stopinj Kelvina. Karte na papirnatih polah so bile posnete v steklenem okvirju reproduksijske kamere formata A0 in osvetljene s halogenskimi žarnicami na predmetni razdalji 1,60 m. Zapis fotografij je bil nastavljen na visoko kakovost v formatu JPG-12. Karte vezane v atlasih (slika 1) pa so



Slika 1: Karta iz Kozmografije – Münster Sebastian (1488–1552): Sclauonia oder Windisch Land Sampt Dalmatia, 1548, (orig. dim. 34 x 25 cm).



bile prekrile s stekleno ploščo in posnete na fotografskem povečevalniku tako, da je bil fotoaparatus vpet namesto glave povečevalnika. Poskusno smo karto snemali z digitalnim fotoaparatom še v štirih delih s povečavo oz. pol manjšo predmetno razdaljo, s čimer je bilo pomembno povečano število slikovnih točk. Kakovost se pri snemanju z digitalnim fotoaparatom razlikuje glede na velikost karte, saj ima fotoaparatus končno število pikslov na sliko. S trenutno dostopno opremo je digitalno fotografirana karta primerna le za pregledno in ikonsko predstavitev karte na spletni strani, za podrobnejši prikaz pa ne. Fotografiranje s še manjšo predmetno razdaljo sicer lahko zagotovi kakovostnejšo sliko, vendar z bistveno večjim številom sestavnih delov, kar pa zaradi spajanja rastrov ni praktično.

## 5 ZAJEM S KLASIČNIM FOTOAPARATOM

Običajni diapozitivni so bili izdelani s klasičnim fotoaparatom Pentacon Six/TL z objektivom Biometar 2.8/80, formata 60 x 60 mm, na filmu Ektachrome 100 Plus diacolor. Zaslonska je bila nastavljena na 8, čas osvetlitve na 0,15 s. Slikanje je potekalo pod enakimi pogoji kot digitalno. Skenirani diapozitivi so bili podobne kakovosti kot pri digitalni fotografiji, zato se v praksi niso uporabili.

## 6 ZAJEM S SKENERJEM

Uporabljen je bil profesionalni ploski skener Saphir Ultra Linotype-Hell formata A4. Vsi skenogrami so bili zajeti v subtraktivnem barvnem sistemu CMYK (cian, magenta, yellow, key) z 8 biti za vsako barvo. Zaradi velikosti nekaterih kart je bilo potrebno skeniranje po robno prekrivajočih delih, ki so bili naknadno spojeni in tonsko izenačeni s programom Adobe Photoshop. Velikosti združenih slik so v razponu od 160 do 350 MB v formatu TIFF-8. Opisani postopek daje zelo kakovostne slike, ki omogočajo prikaz izjemnih podrobnosti tudi na zaslonu (slika 2).



Slika 2: Karta skenirana po delih z detajlom platnenega pregiba – Florjančič de Griensfeld Janez Dizma (1691–17??): Ducatus Carnioliae Tabula Chorographica, 1744, 1 zemljevid na 12 listih (orig. dim. lista 64 x 46 cm, orig. dim. sestavljene karte 192 x 184 cm).

## 7 INTERNETNI KATALOG

Vse rastrske slike so bile izdelane v treh različicah: kot slika visoke ločljivosti, kot ekranska pregledna slika in kot ikonska slika. Izdelan je internetni pregledovalnik kataloga načrtov na spletni strani NUK, kjer o vsaki karti lahko najdemo tudi osnovne podatke. Zaradi zaščitenege, hitrejšega in lažjega spletnega prenosa so slike kart v visoki ločljivosti stisnjene v format MrSid. Karte so javno dostopne na naslovu: <http://www.nuk.uni-lj.si/zbirkazemljevidov/>.

## 8 SKLEP – O UPORABI KART V GIS-U

Opisani načini prenosa v digitalno obliko so lahko za strokovnjaka s področja tehnologije zajema podatkov zanimivi, vendar pa je za zaključek najpomembnejša ugotovitev, da so do pred kratkim za GIS nezanimive stare karte postale z digitalizacijo dostopne za različne raziskave in simulacije, npr. v:

- zgodovini in geografiji za primerjavo vsebine starih kart s sodobnimi različicami, lahko tudi v časovni vrsti (Šolar, Radovan 2003),
- kartografiji za raziskavo natančnosti prikaza, uporabe kartografskih projekcij, metod in tehnik kartografskega prikaza (Balletti et al. 2000),
- multimediji pri simulacijah 3D posnetka starega stanja v kombinaciji s starimi in novimi fotografijami, panoramami, risbami prepletenimi s sodobnim digitalnim modelom reliefa in topografskimi digitalnimi podatki,
- muzeologiji za izdelavo virtualnih muzejev in predstavitev,
- rodoslovju (genealogiji) pri iskanju prednikov,
- konzervatorstvu za proučevanje načina zaščite gradiv,
- bibliotekarstvu za arhiviranje in vodenje digitalnih zbirk in ustreznih metapodatkov,
- jezikoslovju in toponomastiki za študij zemljepisnih imen,
- demografiji za študij razvoja poselitve,
- prometu za študij razvoja prometne infrastrukture.

Z digitalizacijo starih knjižničnih gradiv bibliotekarska stroka razširja meje svoje prisotnosti in se prilagaja sodobnim tehnologijam. Včasih strogo varovano in težko dostopno gradivo postaja dosegljivo vsakomur, v kratkem verjetno tudi preko mobilnih komunikacijskih medijev. Uporabljamo ga lahko pri izobraževanju, promociji, ljubiteljskih dejavnostih in seveda tudi v znanstvene namene. Z gotovostjo lahko trdimo, da se širša uporaba starih kart v GIS-ih šele začinja!

### VIRI IN LITERATURA:

Balletti, C., Guerra, F., Monti, C. 2000: Analytical methods and new technologies for geometrical analysis and geo-referenced visualization of historical maps. *International archives of photogrammetry and remote sensing*, Vol. 32, p. 6W8/1, pp. 82–88, Institute of Geodesy, Cartography and Photogrammetry, Ljubljana.



- Demšar, J., Radovan, D., Janežič, M., Petrovič, D. 2002: Izdelava internetnega kataloga starih kart Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani. Elaborat, Geodetski inštitut Slovenije. Ljubljana.
- Fleet, C. 2003: Constructing a history of Scotland on the web. *Geoinformatics*, Vol. 6, No. 8, pp. 24–27, CMedia Productions BV, Emmeloord.
- Harley, J.B., Woodward, D. 1987: *The history of cartography*. Vol. 1, *Cartography in prehistoric, ancient, and medieval Europe and the Mediterranean*. The University of Chicago Press, Chicago, London.
- Šolar, R., Radovan, D. 2003: Hyperlinked promenade through the historical geolocation, toponymy, and appearance of Slovenian towns. Poster presented at the 20th International Conference on the History of Cartography, Harvard University, University of Southern Maine.

# ZASNOVA IN VZPOSTAVITEV INTERNETNEGA GIS-STREŽNIKA NA ZRC SAZU

Peter Pehani\*, Tomaž Podobnikar\*\* in Sneža Tecco Hvala\*\*\*

UDK: 91:659.2:004, UDK: 902:659.2:004

## *Izyleček*

### *Zasnova in vzpostavitev internetnega GIS-strežnika na ZRC SAZU*

Na ZRC SAZU vzpostavljamo internetni GIS-strežnik, ki bo služil učinkovitejši predstavitvi tistih naših zbirk in raziskav, ki so splošnega informativnega, uporabnega in izobraževalnega značaja. Strežnik bo omogočal tudi ponovitev uporabe prostorskih podatkov med posameznimi inštituti ZRC SAZU in navzven, poenotenje zbirk ter metapodatkov o njih, podporo interaktivnemu kartiranju ter kartografiji ipd. Med pripravami smo testirali več programskih proizvodov ter se odločili za kombinirano – osnovno in napredno rešitev. Prva omogoča enostaven dostop in pregledovanje prostorskih podatkov, druga pa ponuja več možnosti pri razvoju orodij za dodatne prostorske analize. Kot eno prvih zbirk za objavo smo izbrali arheološki kataster Slovenije. Vsako arheološko najdišče v tej zbirki je opredeljeno s koordinatama ter več opisnimi atributi.

## *Ključne besede*

internetni GIS-strežnik, zbirka podatkov, arheološki kataster Slovenije, geografski informacijski sistem, interaktivna tematska kartografija

## *Abstract*

### *Design and Implementation of the Internet GIS-Server at the ZRC SAZU*

At the Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts (ZRC SAZU) the Internet GIS-Server is being established. Its aim is to present efficiently those databases and research work within ZRC SAZU, that are of common informative, useful and educational nature. Also the server will enable easier exchange and use of spatial data among institutes within ZRC SAZU and with external organisations, unification of databases and their metadata, necessary support for interactive mapping and cartography etc. During the preparation period we tested many software products, to decide finally for combined solution – with basic and advanced component. The first enables simple display and identification of spatial data, while the latter gives more options for development of tools for spatial analyses. The register of archaeological sites of Slovenia is one of the first databases to be published on the Internet GIS-Server. Coordinates and a number of descriptive attributes define each archaeological site within this database.

## *Keywords*

Internet GIS-server, database, register of archaeological sites of Slovenia, geographical information system, interactive thematic cartography

\* Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, peter.pehani@zrc-sazu.si

\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tomaz@zrc-sazu.si

\*\*\* Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tecco@zrc-sazu.si



## 1 UVOD

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti (ZRC SAZU) je znanstveno raziskovalna organizacija, ki združuje 18 inštitutov humanističnih in naravoslovnih znanosti (<http://www.zrc-sazu.si>). Med njene osnovne dejavnosti spada tudi vzpostavitev, vzdrževanje in vsebinsko dopolnjevanje zbirk podatkov. Gre za zelo različne zbirke podatkov, kot je raznolika tudi struktura inštitutov, ki so združeni pod okriljem ZRC SAZU. Mnogo zbirk je splošno uporabnega, vzgojno-izobraževalnega in informativnega značaja, druge so bolj ozko strokovnega značaja, nekatere lahko uvrstimo med dediščino Slovenije. Zbirke so vzdrževane v različnih računalniških formatih, zaenkrat še niso na skupnem podatkovnem strežniku. ZRC SAZU prejema od Ministrstva za šolstvo, znanost in šport sredstva za vzdrževanje teh zbirk.

*Internetni GIS-strežnik* je orodje, ki poljubnemu uporabniku, opremljenemu z internetnim brskalnikom in z dovolj hitro internetno povezavo, dostavi karto in spremljevalna GIS-orodja po naprej določenih specifikacijah. Internetni GIS-strežnik torej pri uporabniku ustvari okolje, primerljivo z namiznimi programi GIS. Pri tem pa uporabniku ni treba kupiti teh (dragih) programov, ampak je dovolj običajna infrastruktura za uporabo interneta. Razvoj internetne in GIS-tehnologije je pripeljal do točke, ko so internetni GIS-strežniki komercialno dostopni. Prav tako je oprema na strani uporabnikov tako napredovala, da so izdelki (karte) internetnega GIS-strežnika solidno opremljenemu uporabniku dostopni v sprejemljivo hitrem času. Zato smo se na ZRC SAZU odločili najzanimivejše zbirke podatkov predstaviti širši javnosti z vzpostavitvijo internetnega GIS-strežnika.

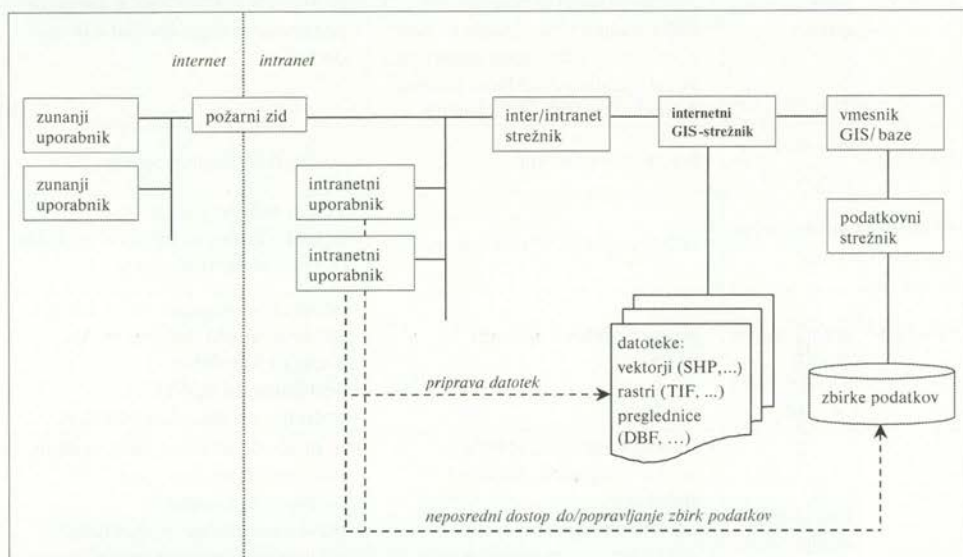
## 2 ZASNOVA SISTEMA Z INTERNETNIM GIS-STREŽNIKOM

Uvodni razmislek pri odločanju za internetni GIS-strežnik je privedel do naslednjih osnovnih zahtev, ki naj jih tak strežnik izpolnjuje:

1. Internetni GIS-strežnik se mora *kompatibilno integrirati* v obstoječo ter načrtovano strojno in programsko arhitekturo na ZRC SAZU (slika 1). Tej zahtevi zaradi Microsoftovske orientacije okolja ZRC SAZU ni bilo težko ustreči, saj je večina GIS-strežnikov razvita tudi za to okolje.
2. *Osnovna naloga* internetnega GIS-strežnika mora biti *ustvarjanje interaktivne karte*, ki se izvrši na uporabnikovo zahtevo ter po vnaprej pripravljenih specifikacijah. Karto si uporabnik lahko ogleda prek internetnega brskalnika. Uporabniku morajo biti na voljo osnovne informacije o podatkovnih zbirkah, do neke mere pa tudi – znotraj okvira v naprej začrtanih aplikativnih rešitev – interaktivno delo s karto, ki obsega osnovno funkcionalnost GIS (nastavitev izreza, enostavna poizvedovanja ipd.).

Na uporabniški strani smo predpostavili več nivojev uporabnikov in s tem več načinov uporabe. Splošnemu uporabniku želimo čimbolj približati naše zbirke in mu ponuditi osnovna orodja za pregledovanje zbirk in enostavna poizvedovanja. Uporabniku znotraj

ZRC SAZU skušamo ponuditi več informacij, tudi zaupnejše narave, pa tudi več gisovskih orodij, nenazadnje pa boljše preglednost in organizacijo prostorskih zbirk podatkov, vključno z metapodatkovnimi opisi zbirk. Nekatere predstavitve bodo vezane le na določen projekt in temu ustrezno zaščitene. Poleg tega pa smo upoštevali tudi pričakovani razvoj v smeri uporabe daljinske in online kartografije ter kartiranja pri vključevanju drugih orodij (dlačniki, GPS ipd.). Na strežniški strani smo predvideli enega skrbnika za vsebinski in tehnični razvoj rešitev ter za administracijo strežnika.



Slika 1: Vpetost internetnega GIS-strežnika v okolje ZRC SAZU.

### 3 IZBIRA INTERNETNEGA GIS-STREŽNIKA

V fazi odločanja za ustrezno strežniško programsko opremo smo testirali sedem programskih proizvodov, ki so tako komercialno kot tudi akademsko usmerjeni. To so: ArcIMS (ESRI), AlovMap (brezplačni program), AltaMap Server (GeoMicro), AxioMap! (znanstveno-razvojni projekt), ewMap (Realis d.o.o.), MapXtreme (MapInfo) in MapGuide (Autodesk). Vsi testirani programi so zadovoljili zahtevani osnovni funkcionalnosti, tj. okolje Windows, izdelava karte na podlagi predhodnih specifikacij, dostava karte uporabniku in nabor osnovnih orodij GIS (nastavitve izreza, enostavna poizvedovanja). Razlike med programi so bile v pomembnih podrobnostih, kot so: nabor zahtevnejših uporabniških orodij GIS, potrebni razvojni čas do prve objave, enostavnost razvoja rešitve in administracije strežnika, zmogljivost, nenazadnje pa seveda zelo pomembna razlika v cenovni postavki (preglednica 1).



Preglednica 1: Primerjava testiranih programov za internetni GIS-strežnik (vsi programi niso bili testirani enko podrobno).

Proizvod	Kategorija	Pozitivno	Negativno
<i>ArcIMS</i>	visoko zmogljivo orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• večina razvojnih korakov pokrita z uporabniškimi vmesniki</li> <li>• podpora širokemu spektru funkcionalnosti GIS</li> <li>• številni primeri iz prakse</li> <li>• šibka podpora labeliranju v osnovnem orodju učinkovito nadomešča bogata grafika ArcMapa, katerega datoteke ArcIMS tudi objavlja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nestabilnost, tako pri razvoju kot pri uporabniku</li> <li>• zapletena uporaba orodij in prepletenost komponent</li> <li>• podpora bolj ESRI-jevim formatom</li> <li>• počasnost prikaza prostorskih podatkov</li> </ul>
<i>AlovMap</i>	enostavnejše orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brezplačni program</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veliko dela do prve rešitve</li> </ul>
<i>AltaMap Server</i>	enostavnejše orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obširen opis (ASP) knjižnice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veliko dela do prve rešitve</li> <li>• ni lahko dostopne tehnične podpore</li> <li>• neznani primeri iz prakse</li> </ul>
<i>AxioMap!</i>	enostavnejše orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prosto dostopen razvojni program</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neroden pri pripravi slojev (deluje kot programski dodatek za Arc View ali MapInfo)</li> <li>• nestabilen pri uporabi</li> <li>• občutljiv pri rastrskih podatkih</li> </ul>
<i>ewMap</i>	enostavnejše orodje slovenskega proizvajalca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enostavno do prve rešitve</li> <li>• velika in v praksi dokazana stabilnost</li> <li>• ugodne zmogljivosti</li> <li>• velika hitrost pri prikazovanju rastrov (katalog rastrov) ter vektorskih slojev (katalog SHP slojev)</li> <li>• enostavnost navezave na vir ODBC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ni proizvod na ključ, zato v nekaterih segmentih ni prijazen</li> <li>• omejenost pri orodjih</li> <li>• preveč enostavno pri labeliranju, oblikovanju legende, uporabljanju simbolov v različnih merilih</li> <li>• aplikacija vezana na MS Internet Explorer</li> </ul>
<i>Map Xtreme</i>	visoko zmogljivo orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obširen opis objektnega modela (MapX)</li> <li>• odlična podpora administraciji strežnika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• razvojni koraki niso pokriti z uporabniškimi vmesniki</li> <li>• veliko dela do prve rešitve</li> </ul>
<i>Map Guide</i>	visoko zmogljivo orodje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zelo interaktiven pri delu (to omogoča programski dodatek)</li> <li>• velika hitrost pri prikazovanju rastrov (katalog rastrov)</li> <li>• enostavnost navezave na vir ODBC</li> <li>• podpora mnogim formatom</li> <li>• večina razvojnih korakov pokrita z uporabniškimi vmesniki</li> <li>• obširen opis knjižnice (API) s primeri kode</li> <li>• številni primeri iz prakse</li> <li>• enostavna uporaba dislociranih strežnikov</li> <li>• pestrost legende, stilov, meril</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ne pokriva funkcionalnosti vseh GIS-orodij</li> <li>• transparentnost rastrov ni možna</li> <li>• zahteva namestitev programskega dodatka k brskalniku</li> </ul>

Kot seznam vseh naštetih in drugih testiranih lastnosti sta se za izstopajoče ugodni izkazali ponudbi ewMap (Realis d.o.o.) ter MapGuide (Autodeskov zastopnik Kaliopa d.o.o.). Glede na različne značilnosti obeh orodij smo se odločili, da izberemo oba navedena najugodnejša ponudnika. S tem smo pridobili učinkovito kombinacijo med osnovno in napredno rešitvijo. MapGuide predstavlja zmogljivo programsko opremo, ki omogoča razvoj specialnih orodij za uporabnika, zahteva pa večje uporabnikovo znanje in zmogljivejšo delovno postajo ter hitrejšo internetno povezavo. To rešitev bomo uporabljali za razvoj zahtevnejših internetnih aplikacij GIS. Realisova rešitev ponuja stabilno in v praksi dobro preizkušeno opremo, ki je namenjena manj zahtevnim uporabnikom, tudi uporabnikom s slabšo opremo, enostavnejše pregledovanje in prikazovanje zbirk. Dodaten, ne pa odločujoč vidik pri nakupu slednje je bil tudi ta, da gre za povsem slovenski proizvod.

#### 4 PREDSTAVITEV ZBIRK ZRC SAZU NA INTERNETNEM GIS-STREŽNIKU

Osnovno predstavitev zbirk podatkov ZRC SAZU smo namenili širši javnosti, splošnemu internetnemu uporabniku. Osnovna zamisel temelji na:

- interaktivni karti Slovenije;
- splošno zanimivih zbirkah (večinoma so bile že objavljene, bodisi kot tiskana publikacija bodisi v obliki strokovnega članka);
- dostopnosti brez varnostnih mehanizmov (geslo ipd.);
- osnovnih uporabniških orodij GIS.

Rešitev smo izpeljali z Realisovim proizvodom ewMap. Poleg Realisove strežniške komponente smo uporabili tudi njihovo aplikacijo ASP, ki proizvede uporabnikovo stran, in jo nadgradili v nekaterih podrobnostih. Izgled in funkcionalnost na uporabnikovi strani sta zato podobna kot pri že znanih aplikacijah PISO (medmrežje 1) ter naravovarstvenem atlasu Slovenije (Realis 2002b).

Pri vključevanju prostorskih zbirk podatkov v objavo na internetnem GIS-strežniku smo se odločili za postopnost. Za prvo objavo smo zato izbrali le nekaj zbirk. Pri izbiri smo iskali ravnotežje med obsegom dela, interesom inštitutov za objavo, urejenostjo in celovitostjo posamezne zbirke ter njeno opremljenostjo s prostorskimi atributi in raznolikostjo izbranih zbirk (preglednica 2).

Postopoma bomo v predstavitev vključevali dodatne zbirke, saj pričakujemo, da bo mnogim potencialnim uporabnikom šele izvedba prvih rešitev dovolj nazorno predstavila prave zmožnosti internetnega GIS-strežnika.

Predstavitev zbirk ne bo služila samo zunanjim uporabnikom, ampak bo koristila tudi samemu ZRC SAZU. Vzpostavljen internetni GIS-strežnik bo predstavljal nov način komunikacije, tako notranje med inštituti kot tudi z zunanjimi organizacijami. Pridobitve in razvojne možnosti, ki si jih na ZRC SAZU obetamo, so naslednje:

- uporaba podatkov znotraj ZRC SAZU: notranja promocija novosti; enostavna uporaba in dostopnost virov, uporabnih za vse inštitute;
- poenotenje zbirk in izdelava standardov za njihovo upravljanje, vključno z metapodatki;



- uporaba prostorskih podatkov in aplikacij drugih institucij v namene raziskav in objav po internetu; predstavitev in izmenjava podatkov za sodelovanje pri medinstitucionalnih in mednarodnih projektih, pri kakršnih sodelujejo posamezni inštituti in ZRC SAZU kot celota;
- izobraževanje (stiki so že vzpostavljeni z Univerzo v Ljubljani (FGG) v obliki demonstracij za študente).

Preglednica 2: Zbirke ZRC SAZU, vključene v prvo objavo (medmrežje 3).

Prostorska zbirka podatkov	Inštitut v sklopu ZRC SAZU	Topološki tip	Dodatno gradivo	Štev. enot
<i>Arheološki kataster Slovenije (ARKAS)</i>	Inštitut za arheologijo	vektorski – točka		pribl. 5350
<i>Digitalni model višin InSAR 25 m</i>	Inštitut za antropološke in prostorske študije	rastrski		
<i>Vegetacijska karta gozdnih združb</i>	Biološki inštitut Jovana Hadžija	vektorski – poligon	opisi posamezne združbe	pribl. 1500
<i>Osončenost Slovenije</i>	Inštitut za antropološke in prostorske študije	rastrski	filmček: sprememba osončenosti čez leto	
<i>Slovenske pokrajine (makro-regionalna razdelitev)</i>	Geografski inštitut Antona Melika	vektorski – poligon	fotografsko gradivo	4

Kot bolj oddaljen korak, kot vizijo razvoja sistema, pa si predstavljamo uporabo internetnega GIS-strežnika za poenostavitev dela (predvsem na terenu): podpora pri interaktivnem kartiranju in kartografiji; uporaba prenosnih računalnikov, dlančnikov in sistemov satelitske navigacije; zajem podatkov na terenu, kontrola kakovosti kartiranja, kar do neke mere pri svojem delu že uvajajo nekateri inštituti ZRC SAZU.

## 5 ARHEOLOŠKI KATASTER SLOVENIJE (ARKAS)

*Arheološki kataster Slovenije (ARKAS)* je temeljna podatkovna zbirka arheoloških najdišč Slovenije, ki jo upravlja *Inštitut za arheologijo* na ZRC SAZU (Tecco Hvala 1992; Modrijan 1994). Zajema osnovne podatke o arheoloških najdiščih:

- lokacija, ki je opredeljena krajevno, kartografsko in topografsko;
- arheološka opredelitev in
- kronološka opredelitev.

Zbirka ARKAS ima tradicijo, ki izvira iz leta 1965. Računalniško pa je vodena od leta 1993 v obliki Accessove relacijske baze. Gre za optimizirano in zapleteno zbirko, s (trenutno) okoli 6500 enotami. Zbirka se stalno dopolnjuje z novimi zapisi, popravljajo se tudi atributi obstoječih zapisov. Je torej zelo živa, stalno spreminjajoča se zbirka.

Enota zbirke je *arheološko najdišče* z mnogimi atributi. V jeziku geografskih informacijskih sistemov je ARKAS vektorski-točkovni sloj, najdišče pa geokodirana točka, ki ima (lahko) dodatne opisne attribute, kot so: ID-koda najdišča (je »govoreča«, iz osem cifer formata nnnnnn.NN, npr. 130506.01), datacija, tip najdišča, datum prve omembe ipd.

Posebnost arheološkega pristopa do klasifikacije najdišč se kaže v tem, da najdišče, na katerem so najdbe iz različnih obdobjih, šteje kot *večslojno*, tj. kot več najdišč na isti lokaciji, a iz različnih obdobjih. V ID-kodi najdišča se to zabeleži v obliki: prvih šest cifer do pike enakih (nnnnnn), ter naraščajoči indeks za piko (NN=01, 02 itd.). Primer: najdišče Grac ima naslednje ID-kode: 130506.01 za prazgodovino, 130506.02 za poznorimsko dobo in 130506.03 za srednji vek.

### 5.1 Predstavitev zbirke ARKAS na internetnem GIS-strežniku

Začetno predstavitev – v fazi spoznavanja orodij internet GIS-strežnika – smo pripravili tako, da strežnik črpa podatke iz (statične) datoteke. Podatke smo v ta namen iz Accessove relacijske baze izvozili v datoteko formata dBase. Končna rešitev, ki je še v razvoju, pa bo izvedena na bolj korekten način, in sicer z sprotnim dostopom do »žive« zbirke, tako da bo GIS-strežnik v vsakem trenutku prikazoval stanje zbirke.

ARKAS je z okoli 25 povezanimi relacijskimi tabelami zapletena in relativno celovita zbirka. Kljub temu je imel pomanjkljivosti za objavo v obliki GIS, zato smo ga dopolnili v dveh ključnih točkah:

1. *Nepopolna opremljenost najdišč s koordinatami.* Geokoda je, teoretično, edini obvezni atribut za položajno predstavitev najdišča. Najdišča, ki niso bila opremljena z geokodo, smo vezali na centroid najbližjega naselja. Naloga je bila dodatno otežena s tem, da je ARKAS zgodovinsko vezan na Krajevni leksikon LR Slovenije iz leta 1954, ki seveda ni več skladen z zbirko naselij REZI (Register zemljepisnih imen).
2. Vsako najdišče je bilo treba zaradi omejitev strežniških orodij *opremiti z dodatnimi atributi*. Uvedli smo atribut za ločevanje geokodiranih najdišč od tistih, vezanih na REZI, ter attribute za zapise legende in labeliranja.

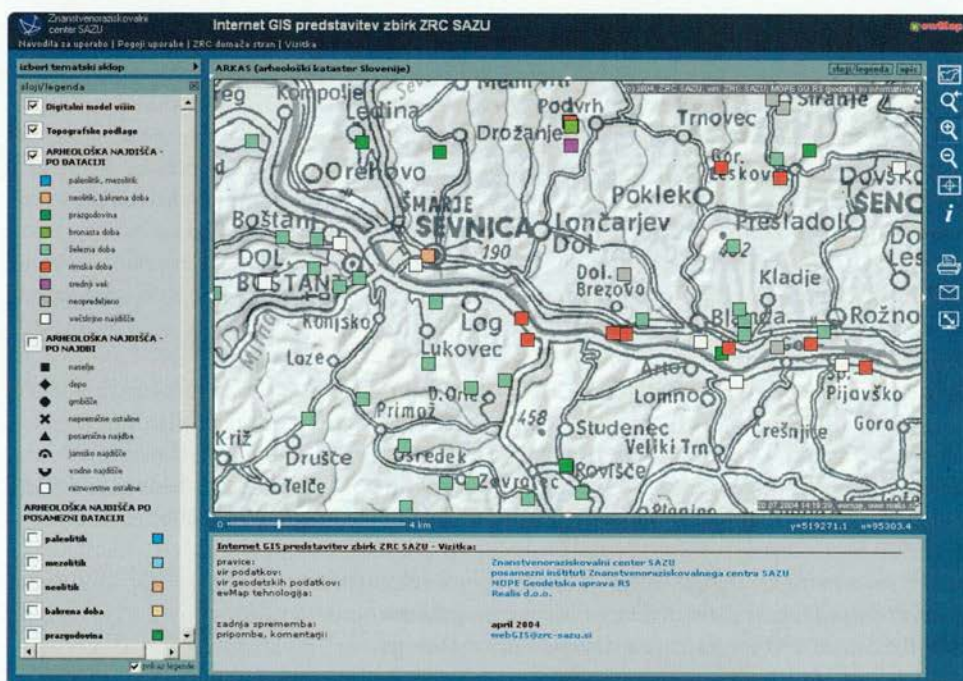
Ker je ARKAS točkovni sloj, je bilo oblikovanje predstavitve relativno enostavno. Točke smo prikazali v različnih velikostih glede na merilo prikaza. Osnovna izziva pri predstavitvi sta bila: kako sočasno predstaviti kategorizacijo najdišč po atributih »datacija« in »vrsta najdišča« ter kako prikazati večslojna najdišča.

»Datacija« in »vrsta najdišča« sta najpomembnejša atributa vsakega najdišča, zato smo ju želeli predstaviti grafično. Vsak ima več kot sedem različnih vrednosti, tako da je vseh različnih kombinacij več kot 50. Odločili smo se, da ARKAS predstavimo kot dve interaktivni tematski karti (Robinson et al. 1996). Pri prvi so najdišča ločena po dataciji in predstavljena kot kvadrater različnih barv. Pri drugi so ločena po vrsti najdišča in predstavljena kot črn simbol različnih oblik, ki deloma prekriva kvadrater. Ta sloj je na voljo le v večjih merilih. Vsaka skupina atributov »datacija« in »vrsta najdišča« pa je predstavljena tudi kot povsem ločen, samostojen sloj.



Večslojna najdišča (najdišča na isti lokaciji) so predstavljena v posebni barvi in s posebnim simbolom, saj je le taka predstavitev nedvoumna (slab primer bi bila npr. predstavitev naključne datacije ali pa najstarejše izmed datacij). Na ta način je iz grafične predstavitve takoj razvidno, da gre za večslojno najdišče. Ni pa razvidno, katere datacije in vrste najdišča pokriva. To je vidno iz poizvedbe na najdišču, ki prikaže attribute vseh enako ležečih najdišč. Pripomniti velja, da smo poleg večslojnih najdišč zaradi opremljanja nekaterih najdišč z geokodami centroidov naselij REZI pridelali še t. i. navidezna večslojna najdišča. Predstavljena so na enak način kot večslojna najdišča.

Za ozadje tematskim predstavitev smo uporabili topografske podlage Geodetske uprave RS ter digitalni model višin InSAR 25 m. Šele ti pomožni sloji dajo uporabniku razumljivo prostorsko orientacijo (slika 2).



Slika 2: Predstavitev zbirke ARKAS v sklopu internetnega GIS-strežnika ZRC SAZU (medmrežje 3).

## 5.2 Odkrivanje napak v zbirki ARKAS

Pri načrtovanju GIS-predstavitve zbirke ARKAS ter njeni izvedbi smo uspešno izkoristili stranski proizvod, tj. razkrivanje napak v zbirki (Podobnikar 2002). Odkrili smo nekaj grobih nesistematičnih napak, ki so večinoma posledica napačnega vnosa (človeški faktor).

1. Grafični prikaz zbirke pokaže izrazito napačne koordinate, med katerimi se takoj razkrijejo najdišča, ki padejo izven okvira Slovenije.

2. Sistematično proučevanje večslojnih najdišč pokaže neskladje med ID-kodo najdišča in njegovo lokacijo. Neskladje je posledica napačno vnesene ID-kode ali napačno vnešene geokode. Neskladje je dveh vrst:
- na isti lokaciji lahko odkrijemo najdišča s povsem različnimi ID-kodami;
  - najdišča z istimi ID-kodami (enakih prvih šest cifer, do pike) ležijo na različnih geokodah.

Še več takih razkritij pričakujemo iz javne objave, predvsem od uporabnikov iz območnih enot Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, ki bodo po pričakovanju najbolj aktivni uporabniki te predstavitve. Odkrivanje takih grobih napak je eden izmed najpomembnejših stranskih proizvodov internetne objave zbirke in dodatna motivacija za tako objavo, saj omogoča izboljšanje kakovosti zbirke.

### 5.3 Pridobitve z objavo zbirke ARKAS

Bistvo vsake verodostojne informacije so podatki »kje?«, »kaj?«, »(od) kdaj?«. To velja toliko bolj za arheološka najdišča, ker so na površju povečini nevidna, ker so le redkokdaj v celoti raziskana in ker pomeni vsak fizični poseg hkrati tudi brisanje arheološkega zapisa. Zato so praviloma vse arheološke akcije podprte s kartografskimi podlagami in načrti. Prostorski podatki so torej bistveni del arheološke informacije za razumevanje lege najdišča, za določanje arheološkega potenciala v konkretnem prostoru in ne nazadnje za učinkovito izvajanje spomeniškovarstvenega nadzora.

V zbirki ARKAS je mnogo podatkov, ki opisujejo lokacijo najdišča: koordinate, ledinsko ime, najbližje naselje, topografska enota in področje, katastrska občina in parcelna številka, raba prostora itd. ter sklicevanje na temeljne topografske načrte v merilu 1 : 5000/10.000, državne topografske karte merila 1 : 25.000 in Atlas Slovenije. Vendar pa je tak opisni način za poizvedovanje precej okoren in nenazoren. Z vizualno predstavitvijo se odpirajo nove in bistveno boljše možnosti glede virtualnega prikazovanja arheoloških najdišč, odkrivanja napak ter možnosti dograjevanja, nadgrajevanja oz. sinhronega prikazovanja različnih prostorskih informacij kot so npr. geomorfologija, okolje, naravna in kulturna dediščina itd (Nielsen et al 2001; Fronza et al. 2003; McKeague et al. 2003).

Z internetno strežniško postavitvijo se tako ponuja možnost sodobnega načina seznanjanja širše javnosti z našo naravno in kulturno dediščino, za strokovno javnost pa pomeni predvsem hiter in enostaven dostop ter nadzor osnovnih informacij in ugotavljanja stanja raziskav. Pri tovrstnem širjenju splošne kulturne zavesti in izobraževanja so v strokovnih krogih upravičeni pomisleki zaradi zlorabe podatkov za divje, pridobitniške in nepooblaščenose posege v arheološke lokacije, ki jih je težko nadzirati, zato bomo dostop do podatkov do določene mere omejili. Pričakujemo predvsem velik odziv strokovne javnosti, zlasti spomeniško varstvene službe, saj predstavlja možnost interaktivne izmenjave informacij med institucijami in obogatitev našega skupnega vedenja. Sicer gredo prizadevanja v tej smeri prostorske integracije znanj tudi drugod po svetu (Kenny et al. 2004, Lange 2004, Rußegger et al. 2003).



## 6 SKLEP

Na ZRC SAZU smo z vzpostavitvijo internetnega GIS-strežnika odprli svoje zbirke najširši javnosti. Na ta način smo vzpostavili nov, pomemben komunikacijski kanal z – za zdaj – slovensko javnostjo. Ker je za učinkovito komunikacijo značilno, da je obojesmerna, pričakujemo tudi povratne odzive. Pričakovanja odzivov so na področjih uporabe sistema za izobraževalne namene, odkrivanje nesistemskih napak v naših zbirkah podatkov s strani uporabnikov, ideje za nadgradnjo zbirk ter za vključevanje in povezovanje z drugimi aplikacijami, na področjih za vzpostavitev metapodatkovnih opisov ter učinkovita povezovanja z drugimi zbirkami, za učinkovito nadgradnjo celotnega sistema. S tem smo naredili pomemben korak v hitro razvijajoči se tehnologiji internetnega GIS, ki veliko obeta tudi v prihodnosti.

ZRC SAZU je ena izmed prvih institucij v Sloveniji, ki se je lotila tovrstnega projekta. Veselimo se vsakih poskusov v tej smeri na drugih institucijah in smo odprti za takovrstno sodelovanje. Veseli bomo tudi, če bomo z vzpostavitvijo interaktivnih prostorsko orientiranih zbirk podatkov vzpodbudili večjo multidisciplinarnost dela in neodvisnost od lokacije delovnega mesta sodelujočih pri izvajanju projektov.

## VIRI IN LITERATURA:

- Dokumentacija programskih orodij ArcIMS, AlovMap, AltaMap Server, AxioMap!, ewMap, MapGuide, MapXtreme.
- Fronza, V., Nardini, A., Valenti, M. 2003: An Integrated Information System for Archaeological Data Management: Latest Developments: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2002, str. 147–153, Archaeopress, Oxford.
- Kenny, J., Kilbridge, W.G. 2004: Europe's Electronic Inheritance: The ARENA Project and Digital Preservation in European Archaeology: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2003. BAR International Series 1227, str. 130–133, Archaeopress, Oxford.
- Lange, A. G. 2004: International Reference Collections: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2003. BAR International Series 1227, str. 137–140, Archaeopress, Oxford.
- McKeague, P., Hart, G. 2003: OS MasterMap: Future directions in Mapping Britain's Past. In: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2002, str. 361–367, Archaeopress, Oxford.
- Modrijan, Z. 1994: Kataster arheoloških najdišč Slovenije (Arkas), 2. del. Arheo 16, glasilo Slovenskega arheološkega društva, str. 31–36, Ljubljana.
- Nielsen, L. B., Hansen, H. J., Dam, C. 2001: The Danish National Record of Sites and Monuments on the Verge of a New Era: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2000. BAR International Series 931, str. 127–131, Archaeopress, Oxford.
- Podobnikar, T. 2002: Metode vizualnih kontrol kakovosti prostorskih podatkov. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002, str. 41–53, Založba ZRC, Ljubljana.

- Robinson, A. H., et al. 1996: Elements of Cartography, 6th Ed. John Wiley & Sons Inc., (ZDA).
- Tecco Hvala, S. 1992: Kataster arheoloških najdišč Slovenije ali zgodba o nastanku neke računalniške baze podatkov, 1. del. Arheo 15, glasilo Slovenskega arheološkega društva, str. 62–64, Ljubljana.
- Medmrežje 1: <http://www.geoprostor.net/piso/>.
- Medmrežje 2: <http://kremen.arso.gov.si/NVatlas/>.
- Medmrežje 3: <http://gis.zrc-sazu.si/zrcgis/>.
- Rußegger, S., Zeiner, H., Mayer, H. 2003: Integrating Web and GIS Services into Archive and Collection Management Systems: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2003. BAR International Series 1227, str. 144–146, Archaeopress, Oxford.





# SODOBNA IZDELAVA SENČENJA RELIEFATOPOGRAFSKIH KART

Lojze Miklavčič\*

UDK: 528.93

## **Izvleček**

### ***Sodobna izdelava senčenja reliefa topografskih kart***

Ob zasnovi državne topografske karte v merilu 1 : 50.000 (DTK50), smo se odločili, da bo relief prikazan tudi s pomočjo kartografskega senčenja. Za omenjeno merilo in območje, ki ga predstavlja DTK50, senčenje do sedaj še ni bilo izdelano. Zaradi velikih stroškov in pomanjkanja kadra, ki bi znal izdelati senčenje, smo se odločili razviti nove metode senčenja, ki za osnovo uporabljajo digitalni model reliefa (DMR). Poleg običajnega senčenja DMR, so v metodo vključene tudi nekateri popravki, ki izboljšajo podobo senčenja. Kljub temu analitično senčenje še ne dosega zadostne vidne kvalitete, zato ga je potrebno še dodatno obdelati.

## **Ključne besede**

*DMR, analitično senčenje, popravki senčenja*

## **Abstract**

*In planning of State topographic map in scale 1:50000, we decided that a relief will be presented by contours, spot heights, rock forms and also by hillshading. Hillshading for an area presented by State topographic map and in scale of 1:50000 doesn't exist so we have to produce one. We decided to develop new methods of hillshading based on analytical hillshading of DEM because we are lacking of people who can produce a classical handmade hillshading and classical hillshading is also more expensive to produce. Beside basic analytical hillshading of DEM we included in our method of hillshading corrections, which improves visual quality of hillshading. In spite of previously mentioned corrections hillshading still doesn't possess adequate visual quality so it still needs additional manual raster processing.*

## **Keywords**

*DEM, analytical hillshading, hillshading corrections*

## **1 UVOD**

Senčenje se je kot značilen kartografski prikaz oblike reliefa pojavilo razmeroma pozno. Razlog za to tiči v pozno razviti tiskarski tehnologiji, ki je omogočala tisk zveznih barvnih prehodov. Danes, ko so te težave že pozabljene, je senčenje reliefa zelo pogost in priljubljen način prikaza oblike reliefa, tako na topografskih, kot tudi na tematskih kartah in na kartah manjših meril. Razlog za tako široko uporabo lahko pripišemo dejstvu, da senčenje podaja osnovne oblike reliefa, ki ga skušamo prikazati na karti. Na ta način je relief

\* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana, lojze.miklavcic@geod-is.si



lažje berljiv in ga lahko pravilno razbere tudi oseba, ki kart ne uporablja vsakodnevno. Na kartah, kjer je oblika reliefa drugotnega pomena je večkrat dovolj, da obliko reliefa podamo samo s senčenjem. Na topografskih kartah, kjer ima oblika reliefa pomembno vlogo in je relief podan tudi metrično, s plastnicami in kotami, pa je senčenje drugotnega pomena in opravlja pomožno vlogo pri pravilnem zaznavanju oblike reliefa.

Za prikaz problematike in postopka izdelave senčenja za potrebe topografskih kart, bo služila državna topografska karta v merilu 1 : 50.000 (DTK50). Ker za merilo 1 : 50.000 in za območje, ki ga obsega DTK50, senčenje še ne obstaja, je bilo potrebno izdelati novo kartografsko senčenje. Odločili smo se, da bo senčenje izdelano s pomočjo digitalnega modela reliefa (DMR) in analitičnega izračuna senčenja.

## 2 PSIHOLOŠKI DEJAVNIKI VIDNEGA PROSTORSKEGA ZAZNAVANJA

Senčenje doda karti t. i. plastični videz. Ob kvalitetno izdelanem senčenju in pravilni smeri svetlobnega vira, se zdi, kot, da je karta iz zmečkanega papirja katerega oblika ustreza obliki reliefa. V primeru tiskane karte ne moremo posnemati fizioloških dejavnikov vidnega prostorskega zaznavanja, kot je npr. *binokularna paralaksa*, zato nam pri vidnem prostorskem zaznavanju pomagajo psihološki dejavniki.

*Senca* so eden izmed osnovnih psiholoških dejavnikov vidnega zaznavanja prostora. S pomočjo senc prepoznavamo obliko teles in njihove medsebojne odnose. Omenjeni psihološki dejavnik je predvsem prisoten pri prostorskem zaznavanju oddaljenih teles, ko nekateri fiziološki dejavniki prostorskega zaznavanja odpovejo.

*Zračna perspektiva* je posledica absorpcije in loma žarkov svetlobe na poti skozi atmosfero. Kaže se kot padanje kontrastnosti in spreminjanje barv predmetov z razdaljo.

*Spreminjanje razločnosti strukture in robov* z razdaljo je posledica ločljivosti mrežnice naših oči in razsipanja ter lomljenja svetlobe v atmosferi. Oddaljeni predmeti postanejo zaradi omenjenega dejavnika enovrstni z zabrisanimi robovi.

Zadnja dva dejavnika, zaradi podobnega vpliva na vidno zaznavanje prostora pogosto združujemo v pojem *globinska perspektiva*.

## 3 DIGITALNI MODEL RELIEFA

Za izračun analitičnega senčenja reliefa nujno potrebujemo ustrezen DMR. Za območje celotne Republike Slovenije že obstajajo DMR, zato jih je bilo potrebno ovrednotiti z vidika primernosti izdelave senčenja topografskih kart. Izpolnjevati morajo naslednje zahteve:

- stopnja prepoznavnosti geomorfoloških elementov mora sovpadati s prikazom reliefa (plastnice) na topografski karti,
- DMR mora biti homogen in celovit za celoten obseg karte,
- DMR mora biti zvezen in
- položajno usklajen s plastnicami in z mrežo vodotokov na karti.

V spodnji tabeli so naštetni vsi DMR, ki pokrivajo območje celotne Slovenije z ločljivostjo, manjšo od 50 m, ter ocena njihove ustreznosti po prej omenjenih kriterijih.

Preglednica 1: Ocena ustreznosti obstoječih DMR.

DMR	Stopnja prepoznavnosti geomorfoloških elementov	Homogenost in celovitost	Zveznost	Položajna usklajenost
DMR25	ustrezna	neustrezna	ustrezna	neustrezna
InSAR DMV 25	ustrezna	neustrezna	ustrezna	neustrezna
SPOT DMR 20	neustrezna	ustrezna	neustrezna	neustrezna

V oceno ustreznosti ni bil zajet novi DMV 20, ker v času preverjanja še ni bil dokončan in dosegljiv.

Kot je razvidno iz tabele, nobeden izmed ocenjenih DMR ne ustreza popolnoma podanim zahtevam. Kot je bilo pričakovano, je najbolj pereča položajna neusklajenost med plastnicami DTK50 in DMR, saj so vsi obstoječi DMR izdelani iz fotogrametričnih (DMR25) oz. satelitskih posnetkov (InSAR DMV 25 in SPOT DMR 20). Poleg položajne neusklajenosti pa ima vsak izmed ocenjenih DMR vsaj še eno pomanjkljivost, ki je prikazana na slikah 1,2 in 3 analitičnih senčenj.



Slika 1: InSAR DMV 25 ne vsebuje podatkov o reliefu izven Slovenije.



Slika 2: SPOT DMR 20 z značilnim stopničanjem.





Slika 3: DMR25 z območji nehomogenosti.

Zaradi opisanih pomanjkljivosti, so vsi obstoječi DMR neprimerni za izdelavo senčenja za potrebe DTK50. Zato je potrebno izdelati nov DMR, ki obsega razširjeno območje Slovenije ter ustreza vsem prej opisanim kriterijem.

Kot osnova za izdelavo novega DMR, služijo plastnice generalizirane kartografske baze (GKB) v merilu 1 : 25.000 in višinske točke (kote). Slednje so bile zajete s skenogramov državne topografske karte v merilu 1 : 25.000. Ker so vsi podatki iz katerih je izdelan nov DMR kartografskega izvora, je pravilno, da ga imenujemo kartografski digitalni model reliefa (KDMR10).

KDMR10 je tvorjen v treh korakih.

1. Triangulacija podatkov v nepravilno trikotniško mrežo (TIN) z izgradnjo in upoštevanjem karakterističnih prelomov reliefa.
2. Bikubična interpolacija TIN v DMR z ločljivostjo 10 m.
3. Dodatno selektivno glajenje DMR.

Dodatno selektivno glajenje je potrebno zaradi dveh dejavnikov, ki kazita obliko KDMR10:

- velikost celice KDMR10 je enaka ekvidistanci plastnic DTK25 kar v nekaterih primerih daje slabše rezultate bikubične interpolacije in
- triangulacija plastnic v TIN daje manj zglajeno obliko reliefa kot direktna interpolacija plastnic v DMR.

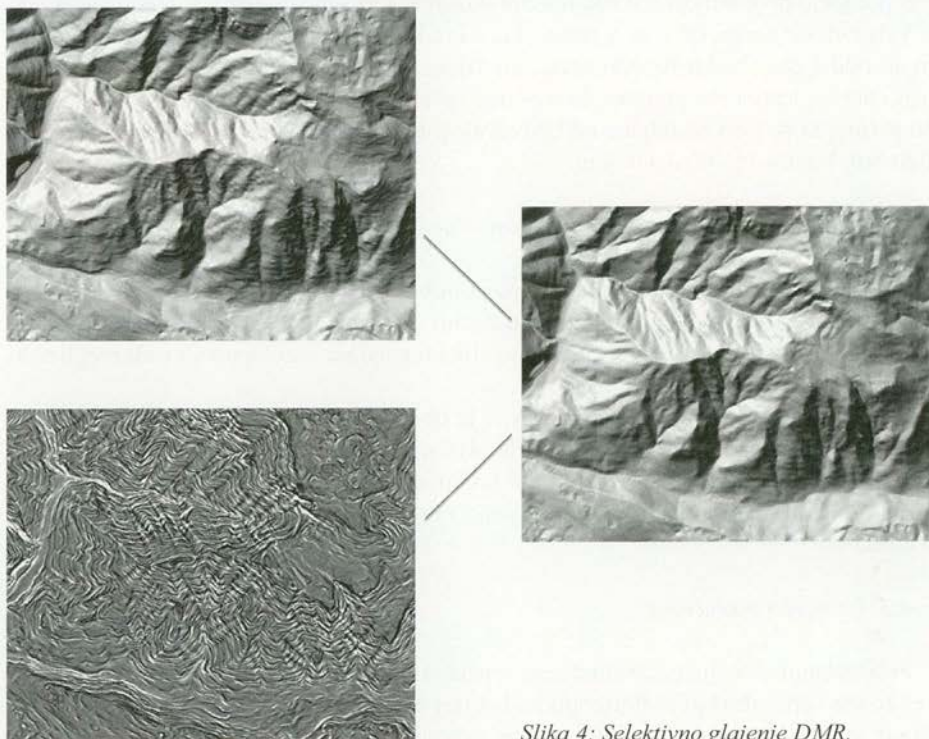
Selektivno glajenje sem izvedel s pomočjo odklona osrednje vrednosti potujoče matrike  $3 \times 3$  glede na prilegajočo prostorsko ravnino matrike  $3 \times 3$ ,

$$dh = \frac{|\sum (x_{ij} - M)^3|}{(n - 1) \cdot V^{\frac{3}{2}}}$$

$$V = \frac{\sum (x_{ij} - M)^2}{(n - 1)}$$

kjer je  $dh$  vrednost odklona,  $x_{ij}$  vrednost posameznega elementa potujoče matrike,  $M$  srednja vrednost elementov potujoče matrike,  $V$  varianca elementov potujoče matrike in  $n$  število elementov potujoče matrike.

Dobljen podatkovni sloj se selektivno prišteje sloju DMR. Selektivnost je potrebna zaradi ostrih ločnic reliefa, ki bi jih drugače preveč zgladili in je izvedena s kriterijem  $|dh| \leq 5$  m. Rezultat selektivnega glajenja je razviden iz slike 4.



Slika 4: Selekтивно glajenje DMR.

#### 4 ANALITIČNO SENČENJE

KDMR10 nam omogoča izdelavo analitičnega senčenja, ki se popolnoma prilega podobi reliefa katero podajajo plastnice DTK25. Prav tako se analitično senčenje odlično prilega plastnicam DTK50 saj so pridobljene z generalizacijo plastnic DTK25. Najbolj razširjena oblika analitičnega senčenja je t.i. *difuzno senčenje*, ki uporablja Lambertov zakon osvetlitve,

$$R = \cos \alpha = \frac{\vec{s} \cdot \vec{n}}{|\vec{s}| \cdot |\vec{n}|}$$

kjer je  $R$  svetlobna vrednost  $[0,1]$  in  $\alpha$  prostorski kot med vektorjem osvetlitve ( $\vec{s}$ ) in normalnim vektorjem površine ( $\vec{n}$ ).



Vendar samo prileganje in osnovno senčenje po Lambertovem zakonu osvetlitve ni dovolj. Za boljšo predstavitev reliefa s pomočjo senčenja, lahko v analitični postopek senčenja uvedemo nekatere dodatne korekcije.

#### 4.1 Prva atmosferska korekcija (kontrast)

S pomočjo prve atmosferske korekcije skušamo senčenju dodati vtis *zračne perspektive*. Vtis *zračne perspektive* se v naravi kaže kot bledenje in zlivanje barvnih odtenkov. Tako so oddaljeni objekti barvno manj intenzivni. Ker je senčenje običajno izvedeno v sivinski barvni lestvici to pomeni, da moramo spreminjati kontrastnost senčenja. Želimo, da so nižine, ki so bolj oddaljene od opazovalca, manj kontrastne in obratno, da so višji predeli bolj kontrastno predstavljeni.

#### 4.2 Druga atmosferska korekcija (posvetlitev)

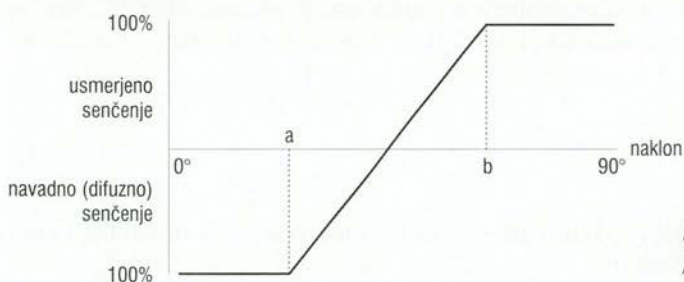
Poleg kontrastnosti senčenja, lahko na podoben način korigiramo tudi tonske vrednosti analitičnega senčenja. To je potrebno zaradi dveh razlogov:

- zaradi zračne perspektive, se oddaljeni objekti v naravi izgublajo v svetli meglici, ki je posledica delcev v zraku in
- zaradi prikaza senčenja v ravninah, kjer je običajno največ izgrajenih objektov.

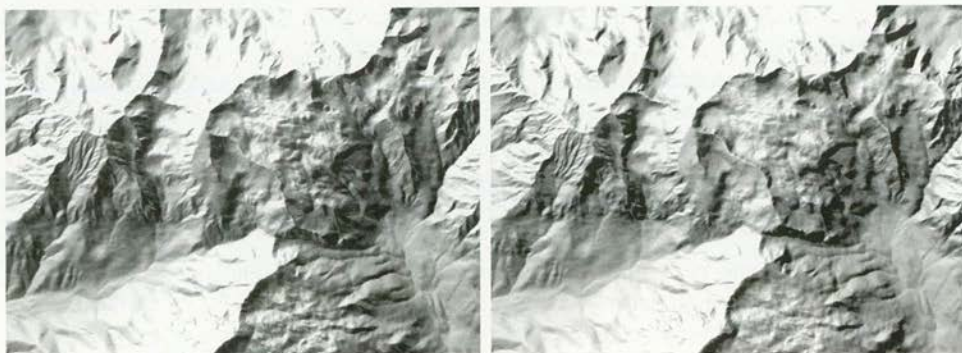
Pri prikazu senčenja v ravninah imamo dve možnosti: senčenja v večjih ravninah ni ali pa je izvedeno v svetlih sivih tonih. V ravninah je rezultat enostavnega analitičnega senčenja običajno pretemen, zato je potrebno ravninske, običajno nižje ležeče predele, posvetliti.

#### 4.3 Usmerjeno senčenje

Pri izračunu običajnega analitičnega senčenja podamo dva parametra vektorja osvetlitve. To sta vertikalni ( $\varphi$ ) in horizontalni kot ( $\alpha$ ) osvetlitve. Če pri izračunu analitičnega senčenja upoštevamo samo horizontalni kot osvetlitve je rezultat t. i. *usmerjeno senčenje (aspect)*. Z *usmerjenim senčenjem* lahko poudarimo reliefne oblike predvsem v strmih goratih predelih, nikakor pa ni primerno za senčenje položnejših nižinskih predelov. Zaradi tega ga selektivno združujemo z navadnim senčenjem. Parameter selekcije je naklon reliefa. Ker se usmerjeno senčenje bistveno razlikuje od navadnega senčenja je potrebno obe senčenji združiti zvezno (slika 5). Običajno uporabimo linearno združevanje senčenj. Pri tem uporabimo začetni ( $a$ ) in končni parameter naklona ( $b$ ).



Slika 5: Graf združitve usmerjenega in difuznega senčenja.

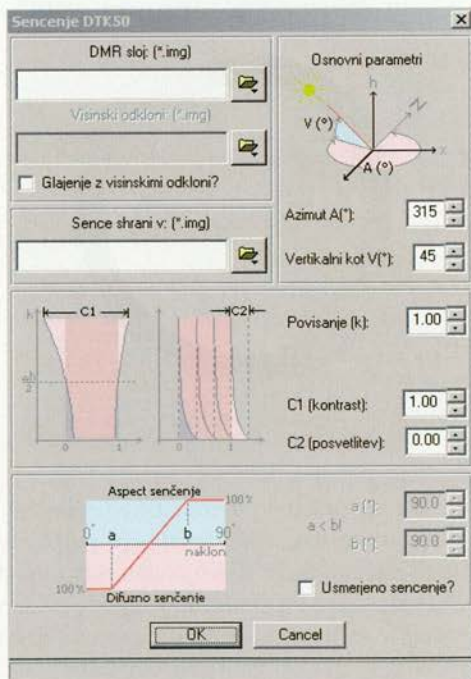


Slika 6: Usmerjeno senčenje – levo, normalno (difuzno) senčenje – desno.

#### 4.4 Povišanje digitalnega modela reliefa

Povišanje DMR je najstarejša in najpreprostejša korekcija analitičnega senčenja. Najpogosteje uporabljamo linearno povišanje kjer višinske vrednosti DMR množimo s konstanto. Povišanje DMR ima podobno vlogo kot 1. atmosferska korekcija vendar močno vpliva na mejne parametre usmerjenega senčenja. Povišanje DMR uporabljamo predvsem na kartah kjer je relief manj izrazit in na preglednih kartah. Vrednosti povišanja se gibljejo od 1.2 (topografske karte) do 10 ali več (pregledne karte).

Za namen izračuna analitičnega senčenja z opisanimi korekcijami je nastal program Senčenje DTK50 (slika 7).



Slika 7: Uporabniški vmesnik programa za analitično senčenje.



## 5 DODATNA OBDELAVA ANALITIČNEGA SENČENJA

Kljub vsem korekcijam analitičnega senčenja in temu, da analitično senčenje podaja analitično pravilno podobo oblike reliefa, pa to ni neposredno primerno za senčenje topografskih kart. Razlog za to tiči v pomanjkljivostih analitičnega senčenja:

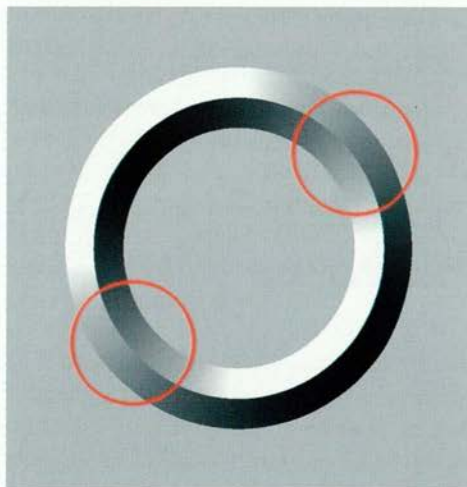
- nezmožnost analitične prireditve lokalnega azimuta osvetlitve in
- pomanjkanje razvrstitve reliefnih oblik po pomembnosti (generalizacija).

Zaradi omenjenih pomanjkljivosti, je potrebno analitično senčenje še dodatno obdelati z neanalitičnimi metodami.

### 5.1 Lokalna prireditev azimuta osvetlitve

Reliefne oblike katerih glavna smer je blizu smeri osvetlitve ali pa celo sovpada so na sliki analitičnega senčenja neizrazite. Ta pojav si lahko nazorno ogledamo na sliki 8, kjer je analitično senčen kolobar trikotnega prereza.

Vidimo, da na označenih območjih, senčenje ne daje vtisa enakomerno visokega kolobarja. Omenjen pojav je še bolj opazen pri senčenju reliefnih oblik. Ker je to nezaželen pojav, ki ima za posledico neustrezno prikazane reliefne oblike, ga je potrebno v čim večji meri omejiti. Možnih načinov za odpravo tega pojava je več. Naj jih samo nekaj omenimo:

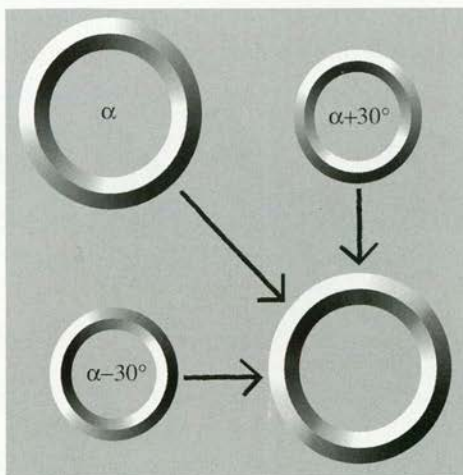


- ročna korekcija senčenja s programom za urejanje rastrskih slik,
- interaktivno določanje področji z ustreznim azimutom osvetlitve v programu za izračun analitičnega senčenja,
- vektorski zajem in upoštevanje mrežne strukture reliefa pri izračunu senčenja in
- avtomatska prepoznava reliefnih oblik in njihovo upoštevanje pri izračunu analitičnega senčenja.

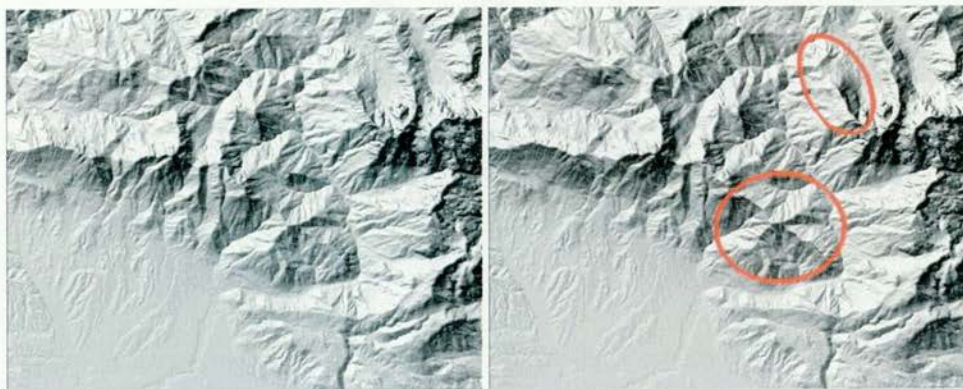
Slika 8: Senčenje kolobarja s trikotnim prerezom.

Razen zadnjega, avtomatskega prepoznavanja reliefnih oblik, ki je zaenkrat še v razvoju, se vsi ostali načini lokalne prireditve azimuta osvetlitve uporabljajo tudi v praksi. K temu seznamu pa bi lahko dodali tudi metodo, ki jo uporabljam pri izdelovanju senčenja na Geodetskem inštitutu Slovenije. Metoda vsebuje izračun in združitev večih analitičnih senčenj z različnimi vrednostmi azimuta osvetlitve. Navadno uporabimo poleg osnovnega senčenja še dve dodatni senčenji katerih azimuta osvetlitve se razlikujeta od osnovnega

za vrednosti  $\pm 15^\circ$ – $45^\circ$  (slika 9). Združevanje senčenj se opravi s programom za urejanje rastrskih slik s pomočjo plasti in mask. Območja senčenj z različnimi azimuti se morajo med seboj zvezno prelivati. To najlažje dosežemo z uporabo peresa in grafične tablice občutljive na pritisk in smer.



Slika 9: Princip združevanja senčenj z različnimi azimuti osvetlitve.



Slika 10: Primerjava senčenja pred lokalno prireditvijo azimuta osvetlitve (levo) in po njej (desno).

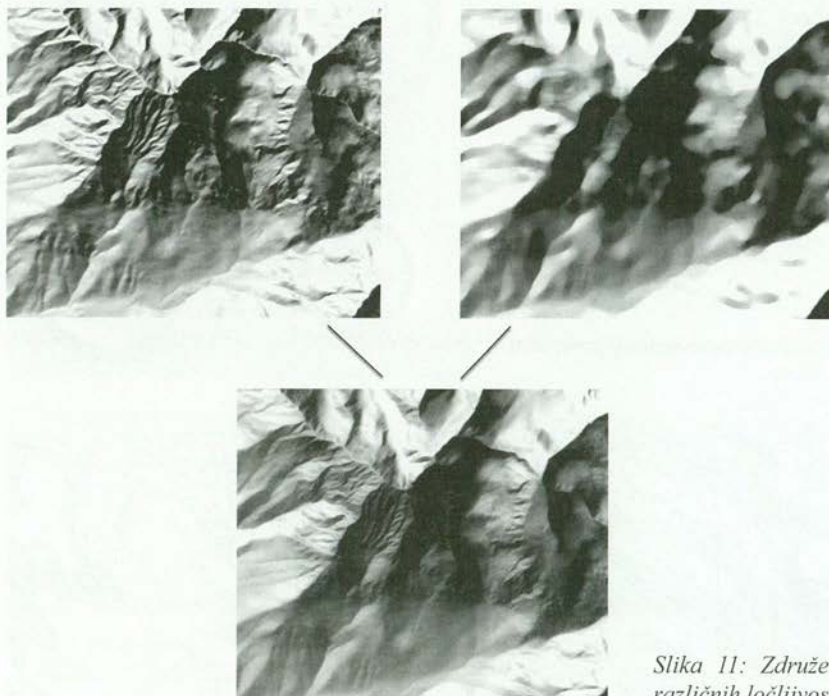
## 5.2 Generalizacija senčenja

Sence pomagajo bralcu karte pri hitri kvalitativni zaznavi oblike reliefa. Bralec karte si s pomočjo njih hitro ustvari pravilno mentalno podobo reliefa. Če je podrobnosti preveč ali glavne reliefne oblike niso dovolj in pravilno poudarjene, bralec težje ustvari pravilno mentalno podobo reliefa. Zaradi omenjenega razloga, je potrebno senčenje, tako kot vse druge kartografske vsebine, generalizirati.

Pri generalizaciji senčenja sem se odločili za dvojni pristop. Tako se najprej izdela senčenje s pomočjo KDMR10, kateremu zmanjšamo ločljivost za ustrezeni faktor. Vrednost faktorja je odvisna od ločljivosti DMR in zelene stopnje generalizacije. Na omenjeni način pridobimo sliko analitičnega senčenja, ki vsebuje manj detajlov kot analitično senčenje, izračunano s pomočjo KDMR10. Obe senčenji nato združimo (slika 11). Običajno poleg enostavnega utežnega združevanja obeh senčenj, uporabimo tudi višinski kriterij. V

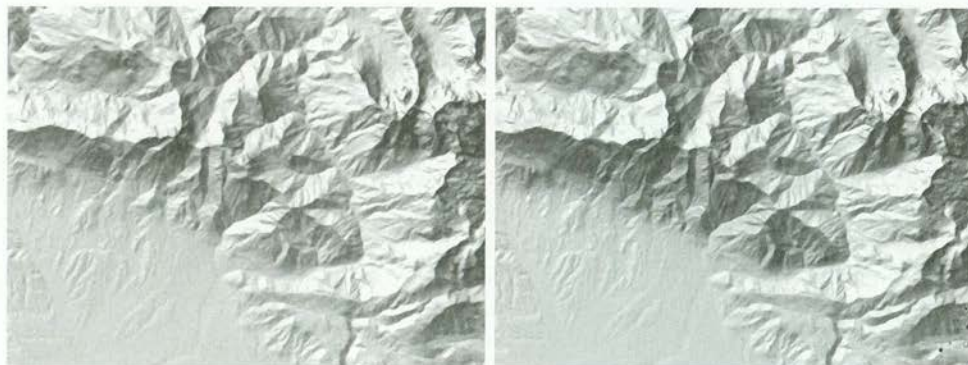


višjih predelih je utež detaljnega senčenja večja kot v nižinah. S tem posnemamo psihološki dejavnik manjšanja razločnosti strukture z razdaljo.



Slika 11: Združevanje senčenj različnih ločljivosti DMR.

Združevanju senčenj različnih ločljivosti DMR sledi *lokalna prireditve tonskih vrednosti*. S tem postopkom svetlimo oz. temnimo dele senčenja, tako, da pomembnejše reliefne oblike poudarimo, manj pomembne pa zabrišemo (slika 12). Poleg same genera-



Slika 12: Senčenje brez lokalne prireditve tonskih vrednosti – levo, senčenje z lokalno prireditvijo tonskih vrednosti – desno.

lizacije z *lokalno prireditvijo tonskih vrednosti* tudi popravimo morebitne napake senčenja, morebitna odstopanja senčenja od mreže vodotokov in svetlimo tonske vrednosti v nižinah. Zaradi množice korekcij, ki jih z lokalno prireditvijo tonskih vrednosti izvajamo, ima ta največji vpliv na izgled senčenja.

## 6 SKLEP

Izdelavo kartografskega senčenja za potrebe topografskih kart je danes mogoče z uporabo primerne DMR in naprednih metod analitičnega senčenja v veliki meri avtomatizirati. Toda rezultati analitičnega senčenja še ne dosegaajo take kvalitetne ravni, ki bi omogočala neposredno uporabo analitičnega senčenja pri izdelavi topografskih kart. Zato je potrebno analitično senčenje dodatno obdelati. Šele z dodatno obdelavo senčenja lahko damo senčenju tisto vidno kvaliteto, ki jo lahko opazujemo pri kvalitetnemu ročno risanemu senčenju.

V opisanemu postopku izdelave senčenja za topografske karte je še dosti prostora za izboljšave. Najpomembnejša bi bila gotovo avtomatsko prepoznavanje in členitev reliefnih oblik, ki bi v določeni meri omogočali avtomatsko generalizacijo in lokalno prireditev azimuta osvetlitve. Toda kljub temu verjamem, da bi bilo še vedno potrebno senčenje dodatno obdelati, da bi ustrezalo subjektivni podobi reliefa avtorja.

## VIRI IN LITERATURA:

- Bernhard, J. 2000: Computergestützte Schattierung in der Kartografie. Ausgeführt am Institut für Kartographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH Zürich
- Brassel, K. 1974: A Model for Automatic Hill-Shading. *The American Cartographer*, 1/1: 15–27.
- Divjak, S. 2001: Zapiski predavanj: Računalniška grafika. Medmrežje: <http://colos1.fri.uni-lj.si/~sis/GRAFIKA/index.html> (11.3.2003).
- Imhof, E. 1965: Kartographische Geländedarstellung. Walter De Gruyter & co. (Berlin).
- Patterson, T. 2002: Getting Real: Reflecting on the New Look of National Park Service Maps. 2002 ICA Mountain Cartography Workshop, (Mt. Hood, Oregon, ZDA). Medmrežje: <http://www.nps.gov/carto/silvretta/realism/index.html>.
- Peterson, D. 2002: Interpolation and surface presentation. Medmrežje: <http://maps.unomaha.edu/Peterson/compmapping/Assign/Schummerung/HillShading.html> (16. 12. 2002).
- Petrovič, D. 2001: Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija, FGG, Oddelek za geodezijo, Univerza v Ljubljani, (Ljubljana).
- Podobnikar, T. 2001: Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti. Doktorska disertacija, FGG, Oddelek za geodezijo, Univerza v Ljubljani, (Ljubljana).



- Radovan D. 1992: Analitično kartografsko senčenje DMR-ja s psevdoslučajnostnimi rasteri. Geodetski vestnik 37/1993 – 2.
- Rozman J., Radovan D. 1985: Uporaba laserske elektrografije pri računalniškem stavljanju tekstov in slik ter pri računalniški kartografiji. Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo.
- Trstenjak, A. 1974: Oris sodobne psihologije: I. teoretična psihologija. Založba Obzorja (Maribor).
- Weibel, R. 1992: Models and Experiments for Adaptive Computer-Assisted Terrain Generalization. Cartography and Geographic Information Systems, letnik 19, št. 3, str. 133–153.
- Mikhailov, G. A. 1992: Optimization of Weighted Monte Carlo Methods. Springer-Verlag, ZDA.

# AVTOMATIZIRANA KARTOGRAFSKA GENERALIZACIJA

Krešimir Keresteš\*

UDK: 528.9

## **Izvleček**

### ***Avtomatizirana kartografska generalizacija***

*Kartografska generalizacija je zahteven proces pri izdelavi kart, s katerimi se kartografi trudimo izboljšati njihovo uporabnost, predstavitev prikazanih prostorskih podatkov, kakor tudi njihova medsebojna razmerja. Vsebina karte je odvisna od namena karte (avtokarta, topografska karta ipd.) in od merila karte. Da na karti prikazane informacije ne bi bile nepregledne, nejasne in prenasičene, moramo te prej filtrirati, da bi upodobili le pomembne objekte, katerih prikaz moramo tudi poenostaviti in posplošiti – generalizirati. Kartografska generalizacija se še vedno večinoma izvaja klasično, ker je ta sestavljena iz vrste posameznih zapletenih postopkov, raznolikosti pristopov, različnih primerov in uporabniških želja. Z zbiranjem prostorskih podatkov v digitalni obliki, z vzpostavo geografskih baz in z vse večjo uporabo geografskih informacijskih sistemov, se kažejo tudi vse večje potrebe po avtomatizirani kartografski generalizaciji, brez katere so GIS-aplikacije nepopolne. V prispevku so opisani postopki in osnovni pristopi avtomatizirane kartografske generalizacije.*

## **Ključne besede**

*kartografska generalizacija, avtomatizirana generalizacija, transformacija karte, karta, model, algoritem*

## **Abstract**

### ***Automatic cartographic generalisation***

*Cartographic generalisation is pretentious process of map making used by cartographers to improve applicability, presentation of spatial information and their mutual relationships. Content of the map depends on the purpose of this map (for example road map, topographic map etc.) and on the scale of the map. To produce a map we must filter the information to depict only the land features of interest and we must simplify the shape of these features because otherwise the map would be overcrowded. To produce such map we use a process known as generalisation. Cartographic generalisation is still mainly performed manually, because of intricacy of the process, different approaches, examples and users requests. Automated cartographic generalisation is a need in GIS applications, because of collecting spatial data in digital form, establishment of geographic databases and larger use of GIS. Procedures and basic approaches of automatic cartographic generalisation are described in the article.*

## **Key words**

*cartographic generalisation, automatic generalisation, map transformation, map, model, algorithm*

---

\* Geodetski zavod Slovenije d.d., Zemljemerska 12, 1000 Ljubljana, kreso.kerestes@gzs-dd.si



## 1 UVOD

Dandanes so geografske informacije postale dnevna potreba ne le za geografе in geodete, temveč tudi ljudi na vseh nivojih, raziskovalce, analitike, vojsko in široko javnost. Vse večje potrebe so po geografskih podatkih, kar nas sili v čim hitrejšе izdelave različnih kart za različne namene. Tako je tudi vse večje število GIS-uporabnikov, ki si želijo olajšati svoje delo in ga čimbolj avtomatizirati, kakor tudi obiskovalcev spletnih strani, ki uporabljajo ali si celo generirajo različne interaktivne karte.

Teoretično bi bilo idealno imeti enovito topografsko bazo »najvišje možne« podrobnosti in natančnosti, ki bi za vse danosti vsebovala podatke o geografski legi, razsežnosti in lastnostih. S takšne topografske baze bi lahko za potrebe različnih uporabnikov samodejno ustvarjali želeno obliko podatkov s pomočjo operacij, kot so prostorske transformacije, izrezovanje podatkov, kartografsko modeliranje, kartografska generalizacija idr. (Petrovič 2003).

Za marsikoga je to utopična misel, ker je dolgo veljalo, da kartografska generalizacija zaradi svojih posebnosti in kompleksnosti ne more potekati samodejno. Čeprav še vedno velja, da je postopek avtomatske kartografske generalizacije eden izmed največjih raziskovalnih problemov v avtomatizirani kartografiji in GIS, to še ni razlog, da ne bi kartografske generalizacije bolje spoznali in se strokovno in sistematično lotili njene avtomatizacije.

## 2 KARTOGRAFSKA GENERALIZACIJA

Vse karte, tako analogne kakor digitalne, so generalizirane predstavitve resničnega sveta. Bolj kot je karta generalizirana, bolj se ta razlikuje od resničnosti. Generalizacija je proces, kjer se prikaz določenega pojavnega v prostoru bistveno zmanjša in/ali prilagodi v pomenu velikosti, oblike in števila v obsegu prikaza karte.

Kartografska generalizacija je proces, ki vpliva na vsebino in grafično usklajenost z namenom, da se izboljša uporabnost geografskih podatkov in poviša nivo vizualne zaznave pojavov v prostoru, kakor tudi povezav med njimi (Meng 1997). Uporabnost geografskih podatkov je odvisna od programske opreme in njihovih uporabnikov, medtem ko je vizualna zaznava prostorskih informacij predvsem odvisna od faktorjev, kot so merilo natisnjene karte, ločljivost računalniškega monitorja in sposobnosti uporabnikov prepoznavanja prikazanih informacij.

Velik del avtomatizirane kartografske generalizacije temelji na predpostavki, da je možno ustvariti geografske baze podatkov, ki predstavljajo dejanski opis resničnosti. Ko bi želeli podatke prikazati na karti, jih je treba generalizirati, da bi bili na karti primerno prikazani. Naloga kartografske generalizacije je preprečiti, da bi predstavitev geografskih podatkov povzročila izgubo informacij. To se lahko zgodi, če za prikaz podatkov ni primerne prostora ali če so podatki preobsežni, kar bi uporabnikom povzročilo zmedo. Hkrati mora kartografska generalizacija zagotoviti prostorsko, atributno in estetsko natančnost ter logično hierarhijo prikazanih podatkov.

Generalizacija nam omogoča, da izboljšamo preglednost karte v merilu, ki je manjše od izvornega merila, hkrati pa povzroča nenamerne transformacije podatkov, kot so spre-

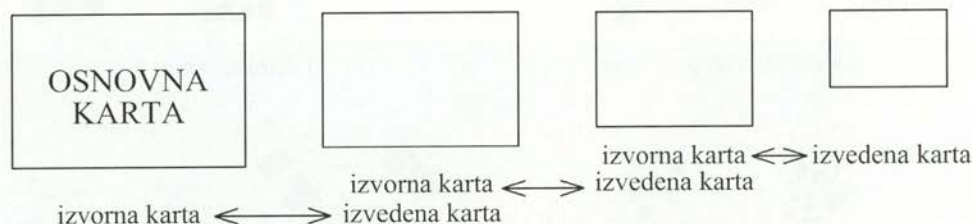
membe velikosti, oblike in števila. S tem se spremenijo atributni podatki, kar vpliva na statistične in geometrijske izračune. Prednost GIS pred analognimi kartami je zmožnost analize nenamernih transformacij.

V klasični kartografiji je bila generalizacija kart bližje umetnosti kakor znanosti, ki so jo s pomočjo pomanjševanja in na folijah ter kasneje z digitalizacijo prek računalniških monitorjev opravljali izurjeni kartografi. V digitalni kartografiji je generalizacija postala nujen korak v izgradnji in uporabi GIS. Pri tem sta se pojavila dva tipična primera generalizacije kart:

- v odvisnosti od merila,
- v odvisnosti od namena.

### 2.1 Generalizacija v odvisnosti od merila

V tem primeru gre navadno za izdelavo kart manjšega merila s pomočjo podatkov kartografskega vira v večjem merilu (slika 1). Da bi se izognili nepričakovanim spremembam in izgubam podatkov med izvorno in izvedeno karto, se navadno uporablja razmerje med 2 in 5. Izvorna karta oz. kartografski vir mora imeti zadovoljivo natančnost in geometrijsko homogenost.

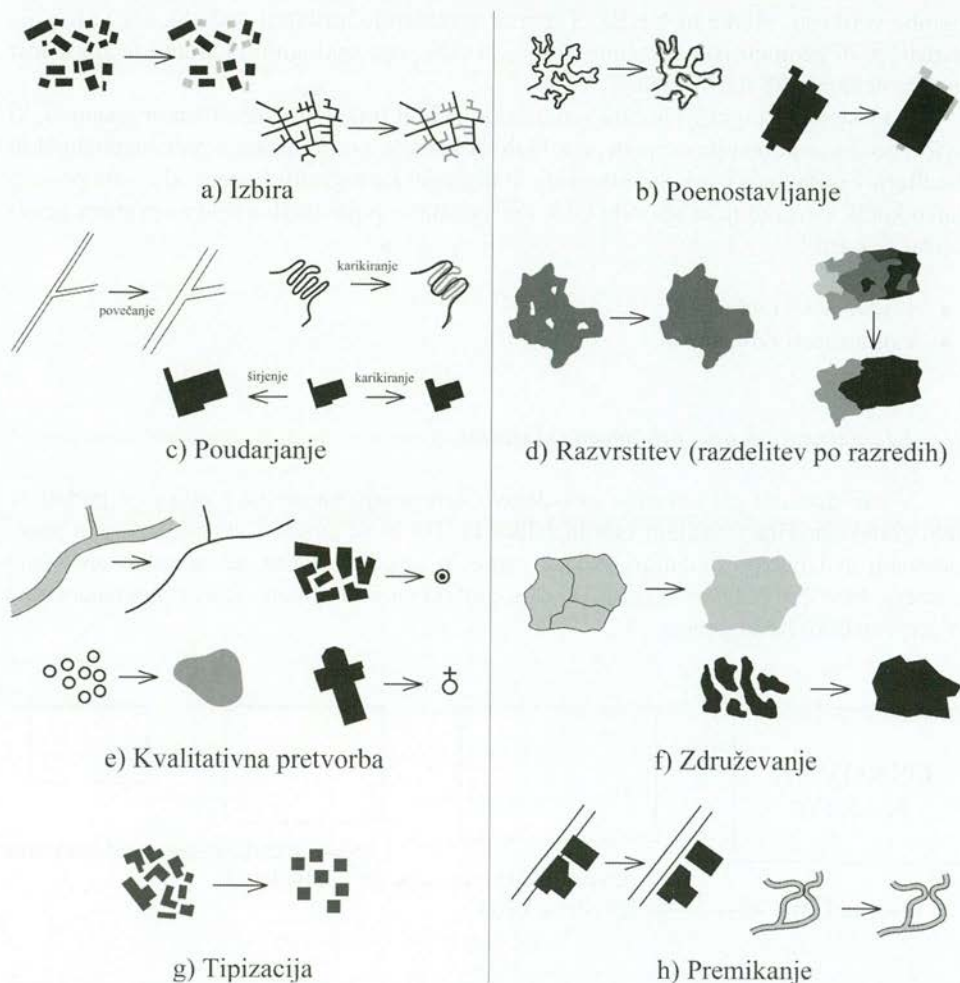


Slika 1: Postopna kartografska generalizacija s spreminjanjem merila (Meng 1997).

Da bi vsebino izvorne karte prilagodili izvedene karte z omejenim manjšim prostorom ali z manjšo ločljivostjo, uporabljamo postopke, kot so izbira, poenostavljanje, poudarjanje, razvrstitev, kvalitativna pretvorba (znakovni prikaz), združevanje, tipizacija in premikanje (anamorfoza; slika 2).

Stopnja generalizacije je določena s spremembo merila, vendar moramo pri tem poleg kvantitativnega kriterija upoštevati tudi kvalitativnega. To pomeni, da določene pomembne objekte ohranimo kljub njihovi relativni majhnosti.

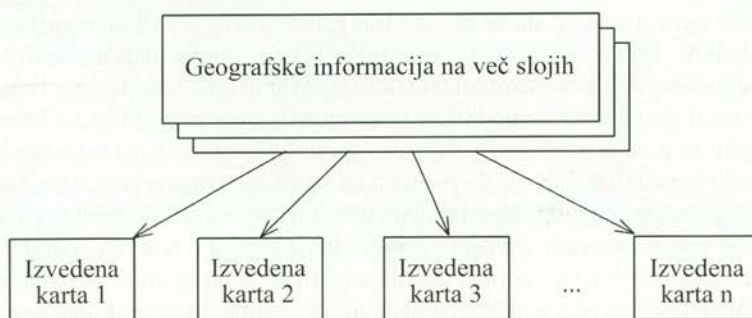




Slika 2: Postopki kartografske generalizacije pri klasični izdelavi kart (po Meng 1997; Robinson et al. 1995).

## 2.2 Generalizacija v odvisnosti od namena

V tem primeru gre navadno za izdelavo tematskih kart iz ene digitalne podatkovne baze ali iz osnovne karte, ki vsebuje detaljne večplastne prostorske podatke. Kartograf mora zagotoviti, da bo izdelana karta zagotovila zadostne potrebe in zahteve za določen namen ali za skupino uporabnikov (slika 3). Poleg tega mora poleg osnovnih zahtev o grafični jasnosti in čitljivosti analizirati tudi primernost značilnosti pojavov na karti vključno z geometričnimi in pomenskimi značilnostmi, ki vplivajo na postopke kartografske generalizacije.



Slika 3: Generalizacija v odvisnosti od namena (Meng 1997).

Izdelava karte vedno predstavlja težko usklajevanje med čim večjim številom prikazanih informacij in njihovo primerno predstavitvijo. Stopnja generalizacije je poleg merila odvisna tudi od namena, kar povzroča subjektivnejši kartografski pristop pri izdelavi kart. Ker so človeško znanje, dojemanje in predstava fleksibilni, niti dva kartografa ne moreta izdelati popolnoma enake generalizirane karte, čeprav se držita enakih osnovnih postopkov.

Ko so avtomatizacijski procesi pri izdelavi kart začeli vplivati tudi na generalizacijske probleme, so se začela pojavljati vprašanja o določenih generalizacijskih nalogah in o zmožnosti, da bi se ponavljajoči procesi odvijali brez odstopanj.

### 3 AVTOMATIZIRANA GENERALIZACIJA

Proces generalizacije je sklop različnih postopkov, ki so odvisni od mnogih faktorjev in zato celotnega procesa ni enostavno avtomatizirati. Brez avtomatiziranih generalizacijskih procesov karte ne morejo biti hitro izdelane in distribuirane vse večjemu številu uporabnikov (Meng 1997). S tem namenom so raziskovalci že izvedli nešteto eksperimentov, vrsto avtomatiziranih podprocesov in generalizacijskih procedur, čeprav je generalizacija verjetno še daleč od tega, da bi bila v celoti razrešena. Kljub ogromni kompleksnosti, interdisciplinarnosti, kakor tudi multidisciplinarnosti in ekstremni raznolikosti uporabniških potreb, je avtomatska generalizacija postala po celem svetu že v 80-ih ena izmed najpomembnejših raziskovalnih del na področju geografskih informacij.

#### 3.1 Razlika med generalizacijo modela in generalizacijo karte

Generalizacijske komponente, vgrajene v GIS, se navadno lahko ločijo na mnogo več ali manj samostojnih avtomatskih operacij, ki jih operater povezuje skupaj. Da bi določil optimalne parametre in primerno zaporedje določenih operacij, mora zelo dobro poznati vsako izmed njih. Za takšne postopke ni nujno, da bodo za dokončanje generalizacijske naloge prihranili več časa kot klasična generalizacija, ker so prostorski modularni procesi lahko simulirani le na podlagi razumevanja in ne na naključnem zaporedju procesnih operacij (Brassel in Weibel 1988).



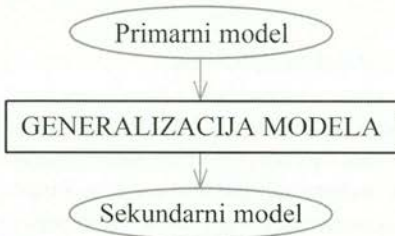
Uporaba generalizacije, da bi se izboljšal prikaz karte, je cilj tako kartografov kot GIS uporabnikov. Pri avtomatizirani generalizaciji sprememba merila ni edini motiv za generalizacijo, ki je dobila v avtomatizirani kartografiji in GIS širši pomen. Pojavile so se potrebe za zmanjšanje količine podatkov in za upravljanje s podatki za različne analize.

Generalizacija se je tako znotraj digitalnega okolja ločila na generalizacijo modela in generalizacijo karte (sliki 5 in 7). To pomeni, da so za upravljanja podatkov geografskih objektov mogoče različne digitalne predstavitve, kjer so zapletene predstavitve modela neodvisne od jasnih vizualnih predstavitev. Prednost tega je v tem, da operater ne glede na grafični izgled karte lahko dobi primerne analitične podatke (npr. statistične analize) ali pa bo obdelal geografske podatke na najlažji način (npr. lokacija določenega pojava), ne da bi pri tem moral detajlno poznati strukturo podatkov.

Ob ločitvi grafike od modela se porajajo vprašanja o podatkovnih bazah za večnamenske aplikacije. Ali je ena podatkovna baza zadostna za izdelavo kart različnih meril? Če je to res, potem lahko govorimo o podatkovni bazi, kjer merila niso določena. Merilo je pomembno le pri grafičnih predstavitvah, ko se vzpostavi odnos med objekti in samim načinom predstavitve (grafična ločljivost, natančnost, zmožnost razlikovanja).

### 3.1.1 Generalizacija modela

Kot prikazuje slika 4, je cilj generalizacije modela izdelava enega ali več sekundarnih objektovnih modelov z manjšo natančnostjo, kot je natančnost primarnega modela.



Izdelane modele je možno uporabiti kot primarne modele in postopek večkrat ponoviti. Zato primarni model predstavlja resničnost z največjo natančnostjo. Manjša kot je natančnost sekundarnega modela, večja je stopnja abstraktnosti.

Slika 4: Generalizacija modela (Meng 1997).

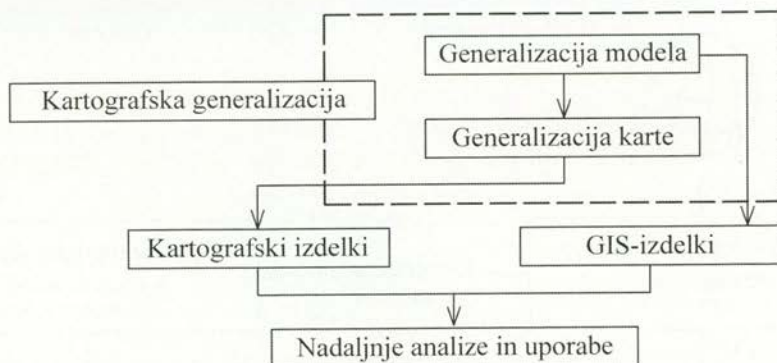
Generalizacija modela je proces abstrakcije podatkov, ki ima opraviti z identitetami objektov in njihovimi pomenskimi razmerji. Pri tem se uporabljajo generalizacijski postopki, kot so izbira, razvrstitev in združevanje, ki omogočajo prilagodljivo zmanjšanje gostote podatkov.

Rezultati generalizacije modela so lahko končni izdelki za različne GIS-uporabnike ali polizdelki za kartografe v procesu izdelave kart. Avtomatizacija generalizacije modela bo olajšala dostop do pomembnih podatkov in pripomogla k razumevanju resničnega sveta brez preoblikovanj, ki jih povzročajo generalizacijski postopki, kot so: kvalitativna pretvorba, poudarjanje in premikanje.

To pomeni, da je generalizacija modela predvsem filtrirajoč proces, ki se nikoli ne uporablja za predstavitve, ampak za redukcijo podatkov, katere nato uporabljamo pri različnih analizah. Ta generalizacijski proces ni enakovreden klasični generalizaciji in je zato edinstven za digitalne sisteme (Dunkars 1998).

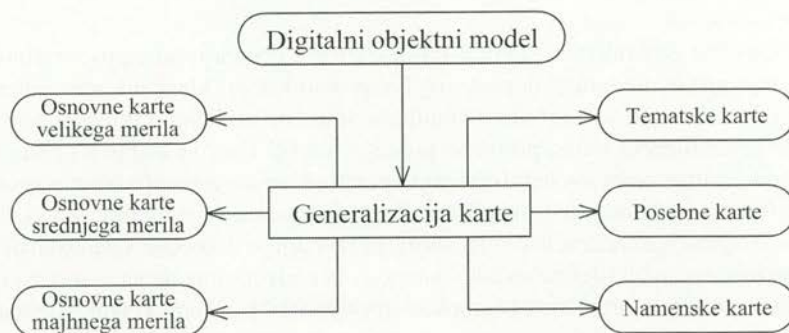
## 3.1.2 Generalizacija karte

Slika 5 prikazuje, da je generalizacija modela lahko predhodnica generalizacije karte. Medtem ko generalizacija modela teži k izdelavi geometrijsko in pomensko točnega objektnega modela, je namen generalizacije karte ta, da se izoblikuje primerna zbirka topološko ustreznih kartografskih znakov.



Slika 5: Zveza med generalizacija modela in generalizacijo karte (Meng 1997).

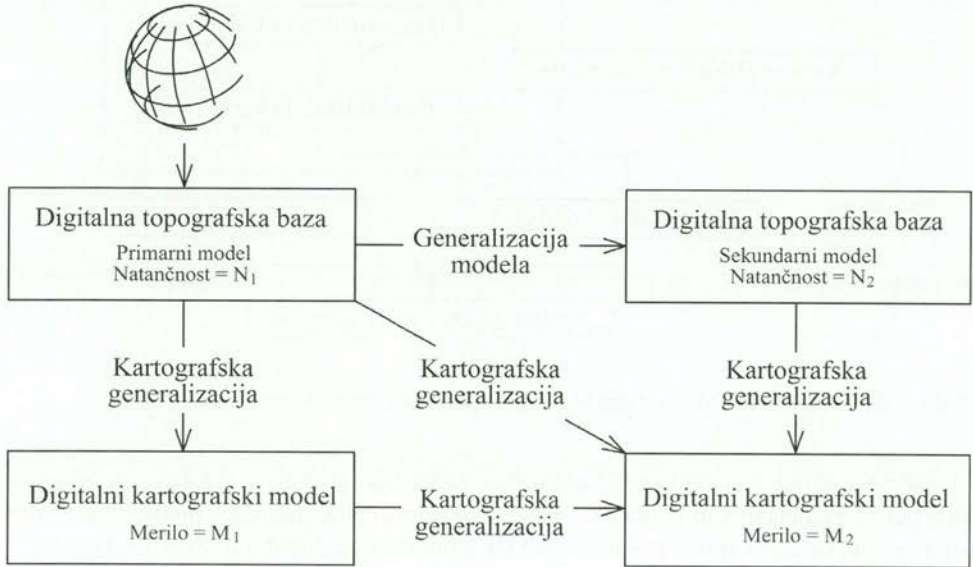
Proces generalizacije karte je neizbežen, kadar baza podatkov ni bila namensko pripravljena za izdelavo kart (slika 6). Za izdelavo splošnih kart različnih meril, ki so z vnosom novih podatkov sproti posodobljene ter z množico različnih predstavitev tematskih podatkov, bi potrebovali dobro zamišljen in zmožen sistem z učinkovitimi generalizacijskimi pripomočki. Največji problem pri tem je, da želimo čimveč informacij prikazati na pomanjšanem prostoru, ki ga ima karta na voljo, na jassen in neobremenilen način. Pri tem si pomagamo s kartografskimi znaki, katerih oblika, barve in velikost dajejo neizmerne zmožnosti predstavitve, hkrati pa jih izbiramo tako, da nas asocirajo na prostorske pojave in njihove lastnosti.



Slika 6: Izdelki generalizacije karte (Meng 1997).



Poleg tega da moramo sprogramirati posamezne generalizacijske postopke, kot so določitev parametrov izbire in razvrstitev pri generalizaciji modela ter poenostavljanje, poudarjanje, kvalitativna pretvorba, združevanje in premikanje, moramo sprogramirati tudi postopke, ki kontrolirajo te operacije, kakor tudi strukture baznih podatkov. Šele ko bodo vsi postopki avtomatsko vgrajeni v sistem, bo ta priznan za bolj učinkovitega od kartografov in klasične generalizacije (Meng 1997).



Slika 7: Odnosi med digitalnimi modeli (João 1998).

### 3.2 Generalizacijski pristopi

Kot klasična generalizacija je tudi avtomatizirana generalizacija proces izbire in poenostavljanja opisov geografskih pojavov. Nasprotno kot pri klasičnih generalizacijskih postopkih, ki zahtevajo kartografovo simultano uporabo različnih faktorjev, je pri avtomatizirani generalizaciji nujno potrebno proces razdeliti v serijo manjših korakov. Vsak od teh korakov imenovan »generalizacijski operator« (angl. generalisation operator) določa transformacije, ki morajo biti izvršene, kot npr. poenostavljanje linij. Za vsak operator so uporabljeni generalizacijski algoritmi, ki izvršujejo določene vrste transformacij. Vsak algoritem mora biti definiran tako natančno in nedvoumno, da ga je možno izpeljati z računalnikom. Gre za določitev postopkov in vključitev v sistem, ki lahko oponaša delo klasičnega kartografa.

Preglednica 1: Razvrstitev generalizacije glede na rastrske in vektorske sisteme (João 1998).

Rastrska generalizacija	Vektorska generalizacija	
	Atributni podatki	Prostorski podatki
Strukturna generalizacija enostavna strukturna redukcija vzorčenje mozaičenje vektor-raster pretvorba	Tematski podatki razvrstitev kvalitativna pretvorba	Točkovni podatki izbira združevanje
Numerična generalizacija filtriranje obseg različnih mask združevanje – racioniranje vegetacijski indeksi	Začasni podatki	Linijski podatki poudarjanje poenostavljanje glajenje premikanje združevanje izbira
Numerična kategorizacija razvrščanje po min. razdalji paralelopipedno razvrščanje razvrščanje po verjetnem max.		Površinski podatki poenostavljanje izbira glajenje povezovanje premikanje razdelitev poudarjanje
Kategorična generalizacija združevanje kategorij povezovanje celic brez uteži kategorije z utežmi sosedstvo z utežmi Atributne spremembe izbris objektov min. velikost kategorično glajenje povezovanje razmakov		Prostorski podatki (površje) glajenje (trend površja) poudarjanje poenostavljanje
		Migracije povezovanje izbira

Pri prostorskih podatkih je generalizacija v vektorski obliki lahko ločena glede na tipe podatkov (točka, linija, površina, prostor – površje in migracije). Premiki so spreminjajoči podatki (angl. flow data), ki določajo spreminjanje lokacij (npr. migracije). Te najlažje določimo z začetno lokacijo, ki povezuje cilj. Za vseh pet tipov prostorskih podatkov potrebujemo različne geografske operatorje, čeprav kategorije niso nujno strogo nespremenljive, saj je lahko npr. površina generalizirana v linijo ali točko in skupina točk v površino.



Razdelitev generalizacijskih operatorjev je prikazana v preglednici 1. Ti podatki niso dokončni, temveč so le ilustrativni. Prikazana je razlika generalizacije v rastrskem in vektorskem sistemu na osnovi razlik med rastrskim in vektorskim GIS. Kljub razlikovanju med vektorskimi in rastrskimi operatorji, ti niso nujno med seboj izključljivi, ker obe obliki lahko hkrati obstajata v danem GIS – hibridna struktura podatkov, ki enakopravno vključuje rastrski in vektorski sistem. Prednost avtomatizirane generalizacije je še posebej opažena pri algoritmih na osnovi hibridnih sistemov, ki vključujejo operatorje hibridnih rastrsko-vektorskih metod (npr. Li-Openshawev algoritem za generalizacijo linij deluje v rastrskem sistemu hitreje, v vektorskem sistemu pa so linije bolj gladke).

Uporaba različnih generalizacijskih operatorjev predstavlja poskus, da bi se naredil premik od subjektivne klasične generalizacije k objektivni in numerični generalizaciji z namenom, da ne bi vnaprej vplivali na končne rezultate. To se zaradi uporabe različnih algoritmov in tudi zaradi naključnih zaporedij izbire objektov ni izkazalo za uresničljivo.

### 3.2.1 Algoritemski pristop

Generalizacijski algoritmi sestavljajo avtomatizacijski proces. Večina generalizacijskih algoritmov, ki so danes v uporabi je bila razvitih kot samostojni proces. Največ raziskav je bilo opravljenih na področju generalizacije linij.

Vsak izmed raziskanih algoritmov je prispeval k avtomatizaciji generalizacijskega procesa. V želji, da bi celoten proces avtomatizirali v celoti, bi morali biti mnogi algoritmi povezani med seboj v logične strukture.

Med generalizacijo objektov na karti objekti spreminjajo svojo relativno velikost in prikaz. To spreminjanje ima lahko velik vpliv na sosednje objekte. Generaliziran objekt lahko npr. prekriva drug objekt, kar povzroča prostorski konflikt na mestu na karti, do katerega sta enakovredno upravičena oba objekta. Pri generalizaciji dveh ali več različnih objektov je primernejše, da so ti generalizirani hkrati in ne zaporedoma. Zato bodoči razvoj temelji na generalizaciji kot celovitemu procesu in ne kot seriji posameznih neodvisnih korakov.

Izziv prihodnosti je v razvoju algoritmov, ki so vodeni glede na geografsko povezanost in na izboljšanju proceduralnega znanja o generalizaciji, da bi vedeli kje, kdaj in zakaj bi določeni generalizacijski operatorji in algoritmi morali biti uporabljeni (João 1998).

Prav tako se algoritemski pristop (»učni« algoritmi) uvaja v procesih »strojnega učenja« z namenom pridobivanja znanja na podlagi primerov in teorije (Meng 1998).

### 3.2.2 Znanstveni pristop (angl. knowledge-based approach)

Mnogo raziskovalcev je zapletenost generalizacije spodbudila k raziskavam, da bi uporabili koncepte in tehnike temelječe na znanstvenem pristopu. Pri teh sistemih je pomembno, da ima generalizacijski program sposobnost za dosego razumnih zaključkov v primerih, kjer obstaja več različnih možnosti. Program, ki bi opravljal tovrstne izbire, potrebuje tudi mehanizem, sposoben razumevanja in pametne odločitve.

Uporaba tovrstnih tehnik ne pomeni, da so obstoječe metode in algoritmi v celoti zavrženi.

Pri tovrstnih sistemih obstoječe metode in algoritmi predstavljajo osnovno bazo, na podlagi katere je sistem zgrajen. Večina znanstvenih pristopov uporablja različne algoritme za izvršitev generalizacije, kjer je na višjem nivoju potrebna strokovna odločitev – kdaj in kako generalizirati.

Ti sistemi so se pokazali za zelo uspešne, vendar le znotraj njihovih omejitev. Ti so se večinoma osredotočili na transformacije v določenih merilih, na določene podatke ali na določene generalizacijske operatorje, ali pa so še vedno zelo odvisni od uporabnikovih posegov.

V teoriji sistemi z znanstvenim pristopom potrebujejo, da bi bilo naše znanje formalizirano v sklopu »pametnih« pot, kjer bi vsaka vodila do določene odločitve ali postopka generalizacije. V praksi je zelo malo soglasja, na kakšen način bi morala biti generalizacija izvršena.

V določenih primerih so bili postavljeni generalizacijski zakoni, ki izražajo le posamezne poglede na generalizacijski proces. Tak primer je Töpferjev in Pillewizerjev temeljni zakon kartografske generalizacije, ki ponuja izračun števila objektov, ki bi jih morali upodobiti ob spremembi merila karte (Robinson et al. 1995). Zakon določa le kvantitativen podatek, ne pa tudi kvalitativnega, oz., katere objekte je potrebno reducirati. Pomanjkanje enotne teorije za generalizacijo je glavna ovira pri avtomatizaciji generalizacije s tehnikami na znanstveni osnovi.

Kartografsko znanje je težko definirati. Kljub temu bodo generalizacijski sistemi še vedno morali v celoti opraviti z množico generalizacijskih metod, z mnogimi namembnostmi kart, z različnimi merili, z ogromno raznolikostjo geografskih značilnosti in prostorskimi podatki.

Da bi premagali vse te probleme, so se pojavili trije predlogi za dosego resnično fleksibilnega avtomatiziranega generalizacijskega sistema. Najbolj ambiciozen način je pristop »od zgoraj navzdol«, kjer se vsi kartografski objekti generalizirajo simultano. Lastnosti objektov in njihovi medsebojni odnosi se ohranjajo glede na merilo. Pristop »od spodaj navzgor« ni tako vsestranski. Vsaka posamezna kategorija lastnosti se obravnava posamično. Ta princip je primeren za karte s posebnim namenom (npr. hidrografske karte). Enostavnejši in bolj pragmatičen predlog je priprava orodja z generalizacijskimi funkcijami, kot npr. izbira in poenostavitev, kjer bi se po potrebi pojavil algoritemski obrazec. Ta način bi zahteval od uporabnika ogromne količine vhodnih podatkov, kar bi s časom sistem vse bolj avtomatiziralo.

### 3.2.3 Pristop s pomočjo človeške kontrole

Še pred kratkim so se raziskovalci ukvarjali predvsem s celovitim avtomatizacijskim generalizacijskim procesom, danes pa se kaže, da se raje zanesejo na nekakšno človeško kontrolo ali »interaktivno generalizacijo«. Pri tem še ni dorečeno, do katere mere je lahko generalizacija v celoti avtomatizirana in kje je nujno potrebno človekovo posredovanje. Človeška kontrola je upravičena ob domnevi, da je uporabnikova funkcija vedno odločilna in kjer obstoječi znanstveni sistemi zaradi kompleksnosti generalizacijskega procesa tega niso uspeli avtomatizirati (slika 8).





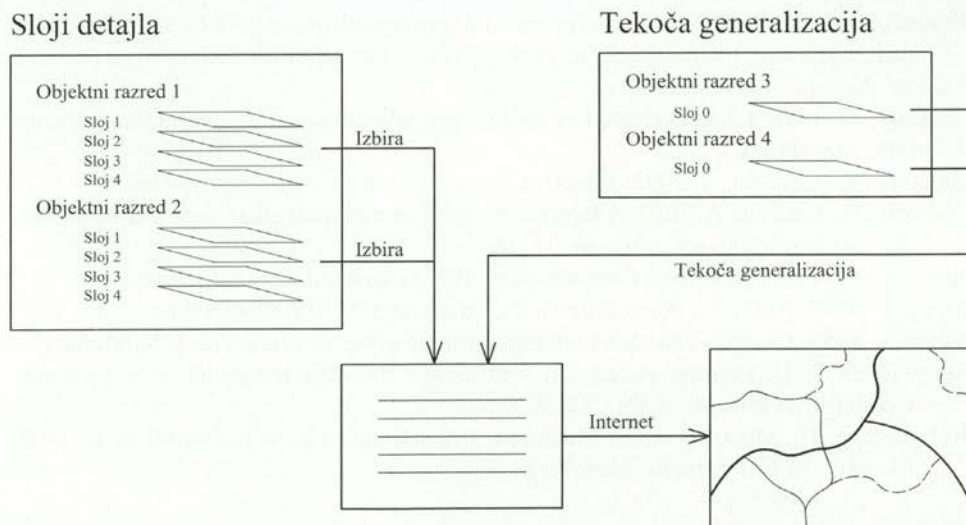
#### 4 GENERALIZACIJSKI PROCESI PRI IZDELAVI TOPOGRAFSKIH KART

Čeprav raziskave avtomatizacijskih generalizacijskih procesov še niso zaključene, so te že dosegle raven, kjer je avtomatizirano kartografsko generalizacijo možno uspešno uporabljati v določene namene (npr. izdelava topografskih kart). V danem primeru je za uspešen proces avtomatizirane generalizacije možno uporabiti več pristopov (slika 9).

Pristop imenovan »sloji detajla« (angl. Levels of detail approach ali LoD approach) ima podatke shranjene v posebni bazi za vsak sloj oz. merilo karte z določenimi nastavitvami (npr. 1 : 10.000, 1 : 25.000, 1 : 50.000 ...). Ta način omogoča uporabo zapletenih algoritmov, saj ni časovno omejen. Poleg tega pa lahko kartograf interaktivno generalizira v primerih, ki so prezapleteni za avtomatsko generalizacijo. Slabost tega pristopa je vzdrževanje baze podatkov, ki bi bila ažurna na vseh nivojih. To pomeni, da je z vnosom novih podatkov v bazo, potrebno ponovno opraviti proces generalizacije.

Pristop *tekoče generalizacije* (angl. On-the-fly generalisation) ustvarja trenutne predstavitve za izbrano merilo v trenutku. Vse transformacije so izvajane neposredno iz osnovnih podatkovnih baz. Ker je vse podrejeno k čim hitrejšemu poteku, je proces omejen na manj obsežne generalizacijske metode in algoritme.

Predvsem za potrebe izdelave kart poljubnih meril in v dejanskem času (npr. uporaba generalizacije pri kartiranju po internetu), se uporablja *kombiniran pristop*, ki izkorišča prednosti omenjenih dveh pristopov in zmanjšuje njihove slabosti. Posamezni razredi so shranjeni v nivojskih bazah kot pri stopnji detajla, preostale pa se sproti generirajo iz osnovnega nivoja, kot pri tekoči generalizaciji (Galanda in Cecconi 2003).



Slika 9: Kombiniran pristop avtomatizirane generalizacije (Galanda in Cecconi 2002).



## 5 SKLEP

Generalizacija še vedno velja za najpomembnejši proces pri izdelavi kart. Tudi zapletenost generalizacijskega procesa velja za glavno oviro pri izdelavi kart. Z avtomatizacijo postopkov se vse bolj približujemo času, ko bomo potrebovali baze geografskih podatkov visoke natančnosti. V največjih državnih kartografskih institucijah (francoski Institute Géographique National, angleški Ordnance Survey, ameriški National Center for Geographic Information and Analysis in drugi) so se že lotili novih digitalnih zajemov podatkov velikih meril. Geodetski zavod Slovenije sodeluje z Ordnance Survey pri zajemanju in reambulaciji podatkov za področje Velike Britanije v merilu 1 : 2500 in delno v merilu 1 : 1250.

Pri nas je opuščen temeljni topografski načrt 1 : 5000 in 1 : 0.000 (TTN 5 in TTN 10), ki je pokrival celotno ozemlje Republike Slovenije. Nadomešča ga topografska baza večje natančnosti (TOPO 5). Žal baza ne bo pokrivala celotne površine Slovenije, ampak le do 30 % ozemlja (Petrovič 2003). Preostalo bo pokrito z geodetskimi podlagami na osnovi ortofota. Tako osnovni nivo topografskih podatkov ustreza podrobnosti 10 m, ki ga predstavljajo karte merila 1 : 25.000 in katere osnova je generalizirana kartografska baza (GKB 25), ki nastaja skladno z izdelavo državne topografske karte 1 : 25.000 (DTK 25).

Glede na finančno in časovno zahtevnost projekta, ki že poteka daljše obdobje, je težko pričakovati hitrejše stalno ažuriranje podatkov in organizacijo sistema, ki bi v prihodnosti omogočal avtomatizirano generalizacijo v državni kartografiji.

## VIRI IN LITERATURA:

- Brassel, K. E., Weibel, R. 1988: A review and conceptual framework of automated map generalization. *International Journal of Geographical Information Systems*, 2/3, str. 229–244.
- Dunkars, M. 1998: Object oriented modelling for generalisation of geographic information. Stockholm.
- Galanda, M., Cecconi, A. 2002: Adaptive Zooming in Web Cartography. Zürich.
- Galanda, M., Cecconi, A. 2003: Adaptives Zoomen in der Internetkartographie. *Kartographische Nachrichten* 1, 53/1, str. 11–16.
- João, E. M. 1998: Causes and Consequences of Map Generalization. London.
- Meng, L. 1997: Automatic Generalization of Geographic Data. Stockholm.
- Meng, L. 1998: Cognitive modeling of cartographic generalization. Gävle/Sandviken.
- Petrovič, D. 2003: Predlog vodenja in vzdrževanja topografskih podatkov v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 47/3, str. 215–223.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptill, S. C. 1995: *Elements of Cartography*. New York.

# GIS KOT ORODJE PRI IZDELAVI KLIMATSKIH KART

Mojca Dolinar\*

UDK: 528.94:551.58, UDK: 91:659.2:004

## **Izvleček**

### **GIS kot orodje pri izdelavi klimatskih kart**

V preteklosti so klimatske karte risali ročno, po subjektivni presoji avtorja – meteorologa. Z razvojem geografskih informacijskih sistemov (GIS) se je začelo povpraševanje po geokodiranih klimatskih slojih, kar je sprožilo razvoj novih, objektivnih metod izdelave klimatskih kart, ki izkoriščajo prednosti okolja GIS. V GIS okolju potekajo skoraj vse faze izdelave klimatske karte, od prostorske analize klimatske spremenljivke, modeliranja pojasnjevalnih geografskih spremenljivk, iskanja pojasnjevalnih spremenljivk, sestavljanja enostavnih modelov za računanje prostorske porazdelitve klimatske spremenljivke in kartiranja. Zahtevnejši modeli za računanje polj klimatskih spremenljivk se razvijajo v drugih okoljih in se nato implementirajo v GIS okolje. Prednosti GIS-ov se uporabljajo tudi za arhiviranje rastrskih slojev klimatskih spremenljivk in klimatskih kart.

## **Gljučne besede**

klimatske karte, prostorska interpolacija, modeliranje klime, klimatsko kartiranje, prostorska ločljivost rastrskih klimatskih slojev, geografski informacijski sistem

## **Abstract**

### **GIS as a tool for climate mapping**

Climate maps were produced manually till recently. They were usually influenced by subjective decisions of the author – meteorologist. The development of geographical information system (GIS) had raised the request for geocoded climate data. This was the reason for developing new methods for calculating spatial fields of climate variables. GIS environment is used now for the whole process of objective climate mapping: from spatial interpolation and modelling to final mapping. Some interpolation and physical modelling algorithms are developed outside GIS environment and are integrated afterwards as special function into GIS environment. Finally, GIS functionality is used for storing climate raster layers and climate maps.

## **Keywords**

climate maps, spatial interpolation, climate modelling, climate mapping, spatial resolution of climate raster layers, geographical information system

## 1 UVOD

Klimatske karte različnih klimatskih spremenljivk so temelj za prikaz klimatskih značilnosti nekega območja. Uporabne so tako za širšo javnost kot za strokovne in raziskovalne namene. V Sloveniji so bile v preteklosti izdelane klimatske karte na subjektivni

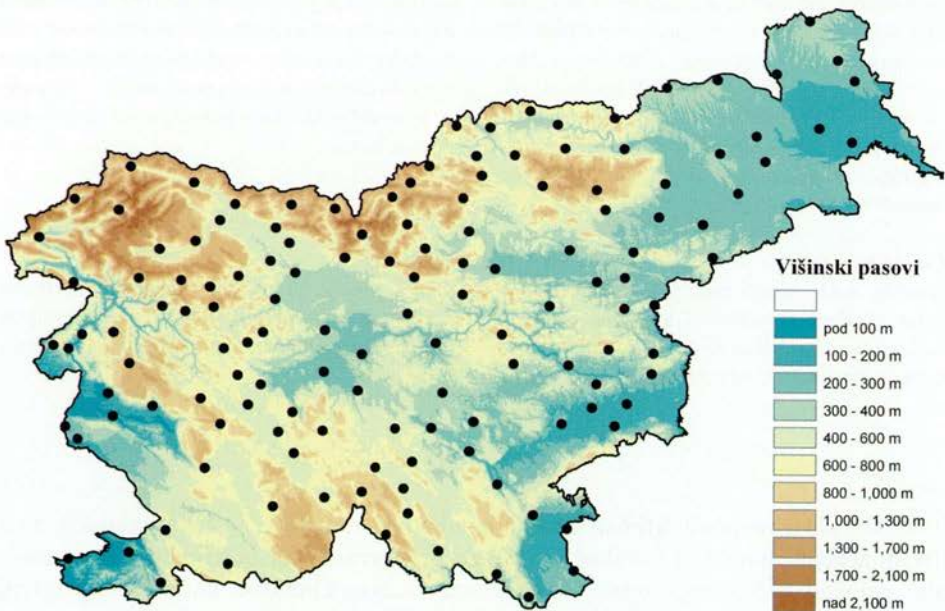
\* Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1 b, 1000 Ljubljana, m.dolinar@gov.si



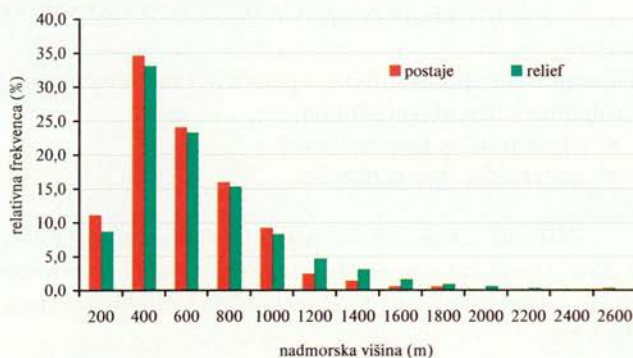
presoji posameznih meteorologov. Prve karte so bile narejene že takoj po vojni (Reya 1946), nato pa so jih pripravljali redno za posamezna večletna obdobja (Furlan 1953, Furlan 1961, Pučnik 1980, Zupančič 1991, Zupančič 1995, Zupančič 1996, Kolbezen in Pristov 1997, Zupančič 1998). Večina kart predstavlja povprečje letnih padavin, nekatere povprečne temperature in druge izpeljane klimatske spremenljivke. Razvoj GIS tehnologije je sprožil povpraševanje po geokodiranih klimatskih in meteoroloških podatkih. Kot odgovor na to povpraševanje smo pričeli z modernizacijo celotnega postopka izdelave klimatskih kart. Primarna zahteva za izpeljavo novih metod izdelave kart je njihova objektivnost, tako da je celoten postopek izdelave karte ponovljiv z enakimi končnimi rezultati. Pionirsko delo na tem področju v slovenskem prostoru je doktorska disertacija D. Kastelec (2002).

## 2 IZRAČUN POLJ KLIMATSKIH SPREMENLJIVK

Operativna meteorološka opazovanja in meritve meteoroloških spremenljivk potekajo v mreži meteoroloških postaj. Te postaje so po Sloveniji porazdeljene neenakomerno, predvsem se pojavljajo težave zaradi slabe pokritosti z meritvami na nadmorski višini nad 1000 m in na nekaterih redko poseljenih območjih (slika 1 in slika 2). Za prikaz prostorske porazdelitve neke klimatske ali meteorološke spremenljivke moramo iz izmerjenih vrednosti te spremenljivke na meteorološki postaji izračunati njeno vrednost v prostoru med postajami. Vrednosti klimatskih in meteoroloških spremenljivk se v prostoru lahko močno spreminjajo, pri tem pa so odvisne od meteoroloških, geografskih in tudi drugih dejavnikov.

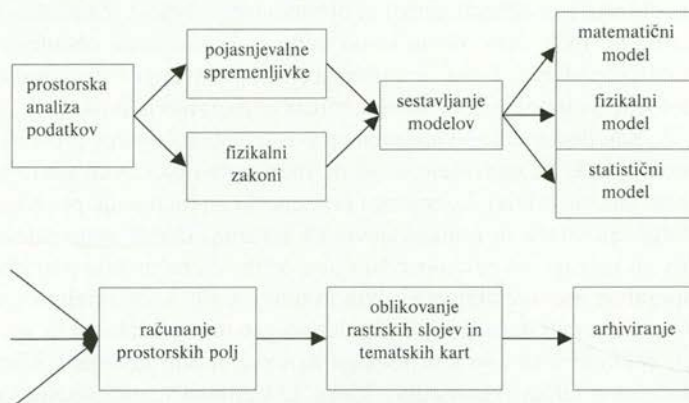


Slika 1: Prostorska porazdelitev padavinskih postaj ARSO v letu 2003.



Slika 2: Odstotek padavinskih postaj ARSO po nadmorski višini v primerjavi z deležem površja v istem razredu.

Povezanost klimatskih in meteoroloških spremenljivk z geografskimi dejavniki nam je v veliko pomoč pri računanju prostorskih polj teh spremenljivk. Za večino meteoroloških spremenljivk imamo meritve le v točkah in četudi ugotovimo povezanost obravnavane spremenljivke z drugimi klimatskimi ali meteorološkimi spremenljivkami, nam to pri izračunu prostorskih polj ne pomaga, saj so podatki o teh pojasnjevalnih spremenljivkah prav tako redki kot podatki o obravnavani spremenljivki. V zadnjih dveh desetletjih se tudi v meteorologiji uporablja daljinsko zaznavanje, ki omogoča merjenje meteoroloških spremenljivk v zelo gosti mreži točk (od 2 km do 15 km). Padavine merimo z meteorološkim radarjem, oblačnost in sevanje s sateliti. Leta 2003 je bil v orbito izstreljen meteorološki satelit nove generacije, ki meri sevanje kar v 12 različnih frekvenčnih kanalih z boljšo prostorsko ločljivostjo, kar izredno povečuje možnosti za uporabo teh meritev tudi pri kartiranju klimatskih spremenljivk. Slabost meritev na daljavo je njihova relativna napaka, saj so klasične meteorološke spremenljivke (npr. padavine ali temperature) izpeljane iz drugih spremenljivk (energija sevanja v različnih frekvenčnih kanalih), zato je te meritve potrebno umeriti s prizemnimi meritvami in opazovanji. Prednost geografskih pojasnjevalnih spremenljivk je njihova gostota, celo več, njihovo prostorsko gostoto lahko tudi izbiramo. Povezave med obravnavano in pojasnjevalnimi spremenljivkami lahko zapišemo kot matematični, fizikalni ali statistični model, največkrat pa se uporablja kombinacija vseh treh pristopov. Shematsko je postopek izdelave klimatske karte prikazan na sliki 3.



Slika 3: Shematski prikaz izdelave klimatske karte.



### 3 ISKANJE POVEZAV S POJASNJEVALNIMI SPREMENLJIVKAMI

Pojasnjevalne spremenljivke, s pomočjo katerih računamo polja klimatskih spremenljivk, razdelimo v dve glavni skupini:

- meteorološke spremenljivke,
- geografske spremenljivke.

Bistvena zahteva za vse pojasnjevalne spremenljivke je, da poznamo njene vrednosti v dovolj gosti pravilni mreži točk. Zahtevana gostota mrežnih točk je odvisna od namena in vrste klimatske karte, torej od končne ločljivosti klimatske karte, ki se giblje od 100 m do 5 km.

#### 3.1 Meteorološke spremenljivke

Zahtevam po dovolj veliki gostoti ustrezajo le redke meteorološke meritve. Za računanje polj klimatskih spremenljivk so najbolj pogosto uporabljene:

- radarske slike,
- satelitske slike,
- klimatske podlage.

Radarske slike se najpogosteje uporabljajo za računanje polj konvektivnih padavin. V takih primerih je mreža padavinskih postaj s povprečno razdaljo 10 km veliko preredka, saj je velikost konvektivnih celic reda velikosti 1 kilometer. Radarske slike nam za konvektivne situacije predstavljajo dodatno informacijo, in sicer iz njih dobimo relativno prostorsko porazdelitev padavin z dovolj natančno horizontalno ločljivostjo (1–2 km). Na podlagi radarskih meritev lahko lokalno določimo prostorsko povezanost padavin (določimo variogram), nato pa s pomočjo klasičnih ombrometrskih meritev za vsako točko v prostoru določimo absolutno vrednost padavin. Natančnost izračunanih padavin s tako metodo je v največji meri odvisna od horizontalnih razsežnosti konvektivnih celic: manjše so konvektivne celice, manj je metoda natančna. Na natančnost metode vpliva še vrsta drugih dejavnikov: prostorska gostota klasičnih merilnih točk, hitrost razvoja konvektivnih celic, hitrost njihovega potovanja. S pomočjo radarskih meritev lahko določimo tudi prostorske razsežnosti neurij in njihovo intenzivnost. Za močna neurja so značilni močni nalivi ali toča, zelo močni sunki vetra in hitre znatne ohladitve. Če povežemo klasične meritve padavin, vetra, temperature in opazovanja toče z radarskimi meritvami, lahko določimo območja, kjer so bila neurja najbolj intenzivna.

Satelitske slike so uporabne predvsem za računanje prostorskih polj klimatskih spremenljivk, ki se opazujejo in se ne merijo na objektivni način (oblačnost, megla, prisotnost snežne odeje). Izjemnega pomena so za računanje prostorske porazdelitve energije dolgovalovnega in kratkovalovnega sevanja. Dobra stran satelitskih meritev je primerljivost meritev na zelo obsežnih območjih. Za računanje polj klimatskih spremenljivk so uporabne meritve meteoroloških in tudi drugih, komercialnih satelitov.

Že izračunana polja dolgoletnih povprečij klimatskih spremenljivk nam prav tako velikokrat služijo kot podlaga za izračun polj nekaterih klimatskih spremenljivk. To povezavo lahko izkoristimo, kadar je trenutna manifestacija vremena (na urni, dnevni

ali tedenski skali) zelo podobna povprečnemu vremenu oz. klimi. Lep primer za takšno povezavo so padavine ob prehodu hladne fronte z močnimi in vlažnimi jugozahodnimi vetrovi, ko je prostorska porazdelitev padavin zelo podobna prostorski porazdelitvi povprečnih letnih padavin.

### 3.2 Geografske spremenljivke

Klimatske razmere določenega območja so močno odvisne od geografskih značilnosti tega območja: tako v globalni, kot tudi v mezo ali mikro skali. V globalnem smislu je najbolj vpliven geografski dejavnik na klimo geografska širina, pa tudi bližina velikih morij in oceanov. Če skalo ožimo, je za klimo zelo pomembna orografija, prisotnost večjih orografskih pregrad, nadmorska višina, bližina morij in drugih večjih vodnih površin (jezer in rek). V najmanjši skali na t.i. mikroklimo vpliva predvsem lokalna ukrivljenost reliefa, raba tal in bližina naselij. Na različne spremenljivke imajo vpliv različne geografske spremenljivke, zato moramo najprej najti njihovo medsebojno povezanost. Odvisnost določene klimatske spremenljivke od geografskih spremenljivk se spreminja tudi s časovno skalo. Npr. dolgoletno povprečje mesečnih in letnih temperatur je močno povezano z nadmorsko višino, medtem ko za dnevne temperature ob določenih vremenskih situacijah ne najdemo značilne povezave med temperaturo in nadmorsko višino (dolgotrajno anti-ciklonalno vreme s formiranimi jezeri hladnega zraka).

Pri računanju polj klimatskih spremenljivk s pomočjo geografskih spremenljivk si pomagamo z digitalnim modelom reliefa (DMR) z različno ločljivostjo. Pri tem uporabljamo nadmorsko višino, geografsko dolžino in širino mrežne točke in vrsto izpeljanih spremenljivk:

- orientacija terena (temperature, sončno sevanje, snežna odeja),
- nagib terena (temperature, sončno sevanje, snežna odeja),
- ukrivljenost terena (temperature),
- razdalja do najbližje orografske pregrade (padavine, sneg),
- relativna nadmorska višina najbližje orografske pregrade (padavine, sneg),
- prisotnost orografskih ovir na privetni ali zavetrni strani (padavine, sneg),
- oddaljenost od morja (temperature, sneg).

GIS predstavlja okolje, kjer je modeliranje na DMR relativno enostavno in hitro. Večino izpeljanih spremenljivk iz DMR lahko izračunamo z vgrajenimi funkcijami GIS-ov, za druge pa je potrebno nekaj dodatnega programiranja.

Iskanje povezav med spremenljivkami poteka na različnih nivojih. Nekatere so znane že vnaprej iz različnih fizikalnih zakonov. Druge poskušamo najti z različnimi prostorskimi in statističnimi analizami, ki jih lahko izvajamo tudi znotraj GIS-ov.

## 4 KARTIRANJE

Klimatske karte so večinoma tematske karte, ki prikazujejo porazdelitev oz. variabilnost določene klimatske ali meteorološke spremenljivke v prostoru. Ta prostor je lahko:



- celotno ozemlje Slovenije,
- zaključene klimatske regije,
- zaključene geografske enote,
- zaključene upravno-administrativne enote.

Glavna značilnost kart je, da so to zvezne karte, kjer imamo vrednost spremenljivke izračunano za vsako točko prostora pri privzeti ločljivosti. V redkih primerih, ko je izračun vrednosti spremenljivke v poljubni točki prostora neizvedljiv (megla, poledica), so vrednosti na karti predstavljene le v točkah meritev. Priprava končne karte je odvisna od namena njene uporabe, torej od končnega uporabnika.

Največji uporabnik klimatskih kart smo klimatologi sami. V klimatologiji karte uporabljamo kot vhodni podatek za vrsto nalog:

- klimatski monitoring (polja terminskih, dnevnih, mesečnih in letnih vrednosti meteoroloških spremenljivk),
- analiza prostorske in časovne variabilnosti meteorološke spremenljivke,
- ugotavljanje spremembe klime na širšem območju,
- iskanje občutljivih območij na spremembe klime,
- analiza ekstremnih vremenskih dogodkov,
- načrtovanje optimalne mreže meteoroloških postaj.

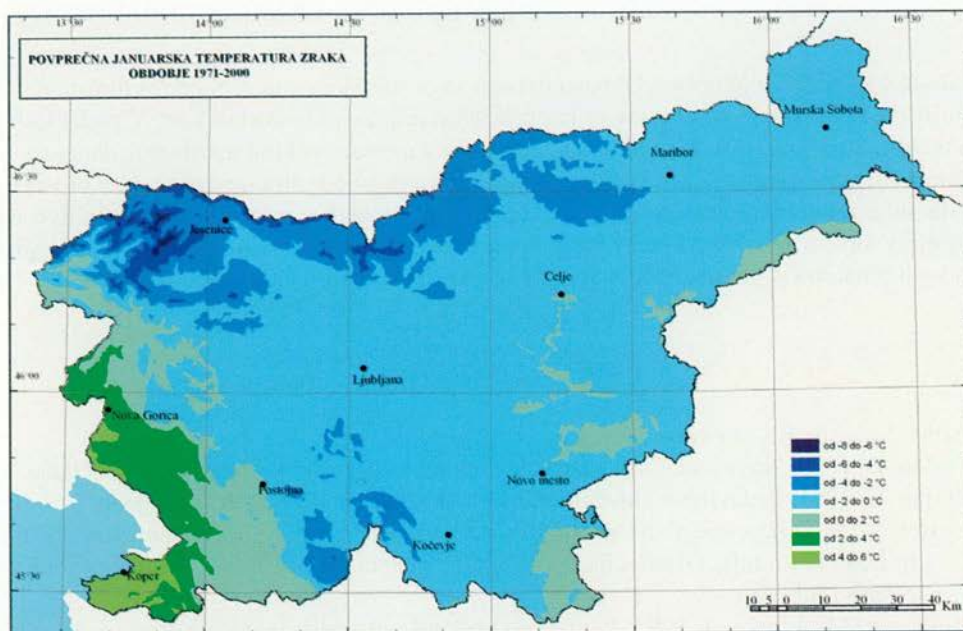
Tudi v ostalih strokah so polja klimatskih spremenljivk vhodni podatek za različne naloge:

- vrednotenje prostora,
- vrednotenje škode ob vremenskih ujmah,
- ocenjevanje ranljivosti ekosistemov,
- ocenjevanje vpliva meteoroloških spremenljivk na različne spremenljivke v okolju.

V okviru klimatskega monitoringa, ko karte predstavljamo javnosti skozi medije (internet, publikacije), so karte pripravljene kot tematske klimatske karte (slika 4). Klimatske spremenljivke so na teh kartah predstavljene z izolinijami ali poligoni, katerih gostota ali razpon vrednosti je odvisen od spremenljivke in njene prostorske variabilnosti. Karte so opremljene z obširno legendo in dodano tekstovno opremo. Za ostale naloge se karte shranjujejo kot rastrski sloji z najboljšo možno ločljivostjo.

Zunanji uporabniki klimatskih podlag imajo različne zahteve glede predstavitve klimatskih kart. Informativne klimatske karte za širšo javnost pripravljamo enako kot karte za klimatski monitoring. Ostali strokovni uporabniki klimatskih podlag večinoma zahtevajo karte z bolj gostimi informacijami. Glede na njihove potrebe jih pripravljamo v vektorski ali rastrski obliki. Vektorske karte so predstavljene s poligoni intervalne vrednosti klimatske spremenljivke. Velikost intervala določimo na podlagi prostorske variabilnosti klimatske spremenljivke in natančnosti izračuna prostorskega polja. Rastrski sloji so direktni izhod prostorske interpolacije in se podajajo z najboljšo možno ločljivostjo. Vse karte so opremljene z legendo in bogatim tekstovnim dodatkom, kjer je poudarek predvsem na opisu zanesljivosti in reprezentativnosti karte.

Barve, s katerimi so predstavljene izolinije, poligoni ali vrednosti rastrske celice, so izbrane po dveh kriterijih:



Slika 4: Primer klimatske tematske karte (VIR: ARSO, avtor: Mojca Dolinar).

- dobra ločljivost objektov (poligonov in celic) glede na njihovo vrednost,
- naravna/intuitivna barva za klimatsko spremenljivko.

Tako se npr. na temperaturnih kartah za pozitivne temperature uporabljajo rdeči in rumeni odtenki za negativne temperature pa modri odtenki.

Ločljivost rastrskih slojev je odvisna od:

- prostorske gostote merjenih podatkov,
- klimatske reprezentativnosti merjenih podatkov,
- prostorske variabilnosti klimatske spremenljivke,
- metode računanja polja klimatske spremenljivke.

Prostorska gostota merilnih mest in njihova reprezentativnost je v mreži meteoroloških postaj izbrana po standardih Svetovne meteorološke organizacije. Prostorska variabilnost je specifična za posamezne spremenljivke – variabilnost padavin je npr. veliko večja kot variabilnost temperature. Velja pa, da je prostorska variabilnost v veliki meri odvisna tudi od časovne agregacije klimatske spremenljivke: terminske, urne in dnevne vrednosti se v prostoru veliko bolj spreminjajo kot mesečni, letni ali večletni agregati. Vektorske karte (izopletne in poligonske) so izpeljane iz rastrskih polj. Od ločljivosti rastrskih podlag je odvisna natančnost izpeljanih vektorskih kart.



## 5 SKLEP

GIS je v klimatologijo prinesel nove možnosti za prostorske analize. Njegova funkcionalnosti omogoča relativno enostavno in objektivno pripravo klimatskih kart. V preteklosti smo klimatske študije delali večinoma le za točke z meteorološkimi meritvami, danes pa s pripravljenimi rastrskimi klimatskimi sloji lahko razširimo te študije tudi na širši prostor. GIS se je izkazal kot izredno funkcionalno orodje za analize variabilnosti in ranljivosti klime v širšem prostoru. Služi nam tudi za shranjevanje rastrskih klimatskih slojev in drugih prostorskih podatkov, ki z uporabnostjo GIS v zadnjih letih strmo naraščajo.

### VIRI IN LITERATURA:

Arhiv Agencije RS za okolje

Furlan, D. 1953: Nova padavinska karta Slovenije. Geografski vestnik XXV. Ljubljana.

Furlan, D. 1961: Padavine v Sloveniji. Geografski zbornik VI. SAZU. Ljubljana.

Kastelec, D. 2002: Objektivna prostorska interpolacija meteoroloških spremenljivk in njihovo kartiranje. Disertacija, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.

Kolbezen, M., Pristov, J. 1997: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Hidrometeorološki zavod RS. Ljubljana.

Pučnik, J. 1980: Velika knjiga o vremenu. Cankarjeva založba. Ljubljana.

Reya, 1946: Padavinska karta Slovenije. Zavod za meteorologijo in geodinamiko na Univerzi v Ljubljani. Ljubljana.

Zupančič, B. 1991: Klimatologija, Enciklopedija Slovenije. Mladinska knjiga. Ljubljana.

Zupančič, B. 1995: Klimatografija Slovenije-padavine. Hidrometeorološki zavod RS. Ljubljana.

Zupančič, B. 1996: Mean yearly precipitation. Climate of Slovenia. Hidrometeorološki zavod RS. Ljubljana.

Zupančič, B. 1998: Padavine, Geografski atlas Slovenije: država v prostoru in času. DZS. Ljubljana.

# MODERNIZACIJA DRŽAVNE MREŽE POTRESNIH OPAZOVALNIC

Renato Vidrih\*, Matjaž Godec\*, Andrej Gosar\*, Peter Sinčič\*,  
Izidor Tasič\* in Mladen Živčić\*

UDK: 550.34.04(497.4)

## **Izvleček**

### **Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic**

ARSO, Urad za seizmologijo, je odgovoren za hitro in zanesljivo obveščanje o potresih, ki so nastali v Sloveniji in njeni neposredni okolici. V letu 2000 se je začela obnova in posodobitev Državne mreže potresnih opazovalnic. Naloga sodobne seizmološke mreže je, da posreduje hitro in natančno informacijo o osnovnih parametrih potresa, kot so lokacija in moč potresa. Poleg tega je naloga mreže, da neprestano beleži in zbira podatke o lokalnih, regionalnih in oddaljenih potresih. Seizmološko mrežo bo sestavljalo 25 potresnih opazovalnic, ki bodo predvidoma zgrajene do leta 2005. Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z Q730 zajemalno enoto, ki pošilja podatke v realnem času v Center za obdelavo podatkov v Ljubljani prek državne računalniške mreže. Vse zajemalne enote Q730 so opremljene s sprejemnikom točnega časa GPS, ki skrbi, da so podatki časovno usklajeni. Potresne opazovalnice bodo opremljene s seizmometri tipa CMG-40T. Pet opazovalnic bo dodatno opremljenih še s senzorji za močne potrese (EpiSensor). Središče za obdelavo podatkov je opremljeno z UNIX delovnimi postajama, z Antelope programsko opremo. Z začetkom leta 2002 smo vključili prve štiri nove opazovalnice, ki so bile zgrajene okoli jedrske elektrarne v Krškem. V naslednjem obdobju

## **Abstract**

### **Modernization of the Slovenian National Seismic Network**

The Environmental Agency of the Republic of Slovenia, the Seismology Office is responsible for the fast and reliable information about earthquakes, originating in the area of Slovenia and nearby. In the year 2000 the project Modernization of the Slovenian National Seismic Network started. The purpose of a modernized seismic network is to enable fast and accurate automatic location of earthquakes, to determine earthquake parameters and to collect data of local, regional and global earthquakes. The modernized network will be finished in the year 2004 and will consist of 25 Q730 remote broadband data loggers based seismic station subsystems transmitting in real-time data to the Data Centre in Ljubljana, where the Seismology Office is located. The remote broadband station subsystems include 16 surface broadband seismometers CMG-40T, 5 broadband seismometers CMG-40T with strong motion accelerographs EpiSensor, 4 borehole broadband seismometers CMG-40T, all with accurate timing provided by GPS receivers. The seismic network will cover the entire Slovenian territory, involving an area of 20,256 km<sup>2</sup>. The network is planned in this way; more seismic stations will be around bigger urban centres and in regions with greater vulnerability (NW Slovenia, Krško – Brežice region). By the end of the year 2002, three old seismic sta-

\* Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska cesta 47, 1000 Ljubljana, renato.vidrih@gov.si, matjaz.godec@gov.si, andrej.gosar@gov.si, peter.sincic@gov.si, izidor.tasic@gov.si, mladen.zivcic@gov.si



*pa smo začeli z izgradnjo opazovalnic v zahodni Sloveniji, potresno najbolj ogroženem območju pri nas. Ob koncu leta 2003 je delovalo devetnajst opazovalnic, v letu 2004 pa načrtujemo izgradnjo štirih opazovalnic okoli Ljubljane, ki je tudi med najbolj potresno nevarnimi območji v Sloveniji.*

*tions were modernized and ten new seismic stations were built. All seismic stations transmit data to UNIX-based computers running Antelope system software. The data is transmitted in real time using TCP/IP protocols over the Government Wide Area Network. Real-time data is also exchanged with seismic networks in the neighbouring countries, where the data are collected from the seismic stations, close to the Slovenian border. A typical seismic station consists of the seismic shaft with the sensor and the data acquisition system and, the service shaft with communication equipment (modem, router) and power supply with a battery box which provides energy in case of mains failure. The data acquisition systems are recording continuous time-series sampled at 200 sps, 20 sps and 1 sps.*

### **Ključne besede**

*potres, potresna opazovalnica, seizmometer, državna mreža potresnih opazovalnic, središče za obdelavo podatkov*

### **Keywords**

*earthquake, seismic station, seismometer, the Slovenian National Seismic Network, data centre*

## **1 UVOD**

Obstoječe omrežje potresnih opazovalnic je do maja leta 2002 sestavljalo sedem opazovalnic, od tega šest opremljenih z digitalnimi seizmografi, komunikacijsko povezanih med seboj z najetimi linijami prek komunikacijske hrbtnice državnega računalniškega omrežja (HKOM), z avtomatskim prenosom podatkov in z nadzorom delovanja in konfiguriranjem inštrumentov iz centralnega računalnika na observatoriju na Golovcu v Ljubljani. Sedma opazovalnica je opremljena z analognim seizmografom z zapisom s črnilom na papir in potrebuje za svoje delovanje usposobljeno osebje, seizmogrami pa se pošiljajo v centralo v Ljubljano po pošti (Sinčič in Vidrih 1993; Vidrih et al. 1997).

Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju, ki je povzročil veliko škodo na širšem potresnem območju, je pokazal na pomanjkljivo opremljenost slovenske seizmološke službe, da bi hitro in dovolj natančno posredovala podatke o osnovnih potresnih parametrih. Izkazalo se je, da tako javne službe kot širša javnost pričakujeta ustrezno informacijo o potresu in prizadetem območju v bistveno krajšem času, kot je predvideno v načrtih pripravljenosti na potres. Vlada Republike Slovenije je zadalžila Ministrstvo za okolje in prostor, takratno Upravo RS za geofiziko, da za vlado čimprej pripravi informacijo o potresnih opazovalnicah v državi in predloge ukrepov za posodobitev državnega potresnega opazovanja. Potres 31. avgusta istega leta v bližini Trebnjega na Dolenjskem je le še podkrepil potrebo po ukrepih, ki bi zagotovili učinkovito delovanje seizmološke službe. Predvidena je bila modernizacija omrežja potresnih opazovalnic z izgradnjo osemnajstih novih opazovalnic in posodobitvijo obstoječih sedmih. Posodobitev naj bi bila končana do konca leta 2004 (Lapajne, Sinčič, Živčič 1998).

Osnovni namen posodobitve omrežja potresnih opazovalnic je vzpostavitev državnega potresnega opazovalnega omrežja, ki bo omogočalo:

- zajem podatkov o potresih, ki jih čutijo prebivalci na območju Slovenije, in jih v stvarnem času posredovati v center,
- čim hitreje z zadostno natančnostjo določiti osnovne potresne parametre za potrebe obveščanja in ukrepanja po potresu,
- zagotoviti točnost določanja potresnih parametrov šibkih potresov z natančnostjo, potrebno za sodobne seizmotektonske študije (napaka določitve žarišča in nadžarišča potresa naj ne bi bila večja od enega kilometra),
- zagotoviti kakovosten zapis seizmičnih signalov v dovolj širokem frekvenčnem pasu, ki omogoča določanje dinamičnih parametrov potresnih žarišč in izračun parametrov potresne nevarnosti (Ravnik, Živčič, Trnkoczy 1999).

Izbira lokacij sodobnega omrežja potresnih opazovalnic je zahteven interdisciplinarni projekt, za katerega je treba izpolniti pogosto nasprotujoče zahteve glede seizmogeološke ustreznosti lokacije, možnosti odkupa zemljišča, možnosti gradbene izvedbe, zagotovitve vira energije in povezave s središčem za zbiranje in analizo podatkov. Da ima omrežje opazovalnic željene lastnosti, je glede na naravne in druge danosti pogosto potrebna optimizacija kompromisnih rešitev. Glede na kriterije za izbor lokacije potresne opazovalnice, ki vključujejo splošne pogoje (geometrija omrežja), naravne danosti (seizmogeološke lastnosti, seizmični nemir, relief, klimatski pogoji) in izvedbene pogoje (možnost odkupa zemljišč, zagotovitev vira energije in komunikacij za prenos podatkov, izvedljivost gradbenih del, dostopnost in zaščita pred vandalizmom), je bila izbrana razporeditev potresnih opazovalnic, kot je prikazana na sliki 1 (Gosar et al. 1999).

## 2 DELOVANJE POTRESNE OPAZOVALNICE

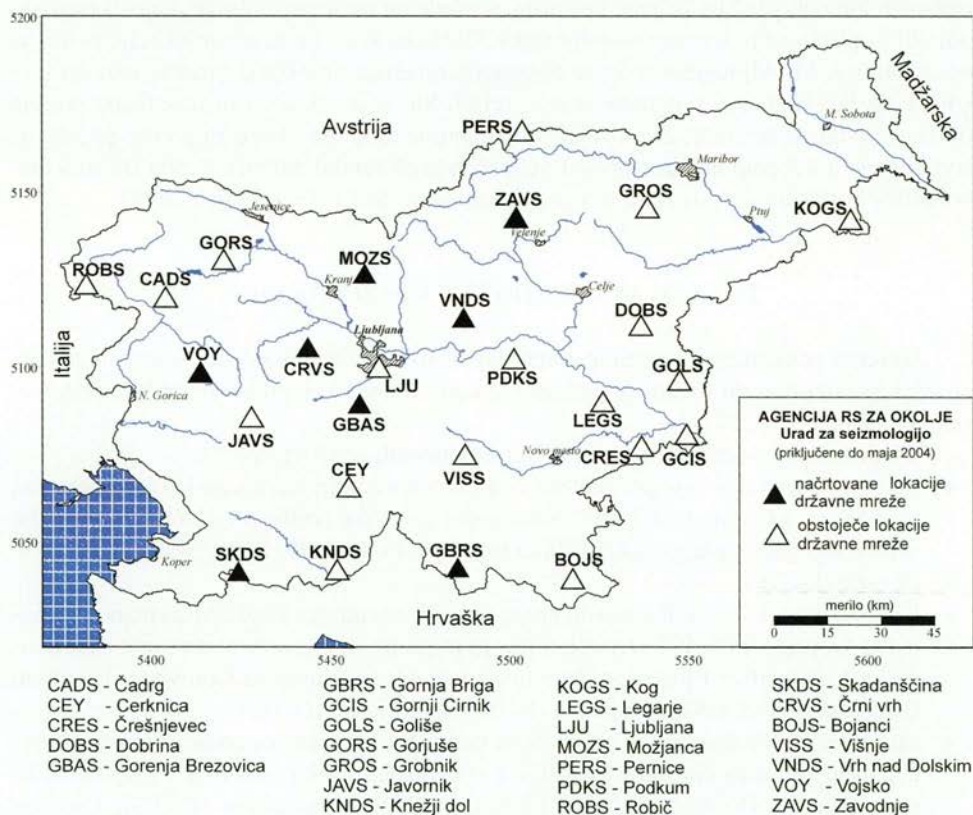
Opremo potresnih opazovalnic sestavljajo senzor, zajemalna enota, komunikacijska oprema za kontinuirani prenos podatkov v center za obdelavo podatkov in brezprekinitveno napajanje.

Glede na izbiro sensorja imamo tri vrste potresnih opazovalnic:

- Za štiri opazovalnice je predvidena namestitev trikomponentnega širokopasovnega seizmometra Guralp CMG-40T zaradi slabe geološke podlage v 18 metrov globoko vrtino. Zgrajeni so že tri opazovalnici tega tipa: Podkum (PDKS), Goliše (GOLS) in Legarje (LEGS).
- Pet opazovalnic bo šestkanalnih, poleg trikomponentnega širokopasovnega seizmometra Guralp CMG-40T je v seizmičnem jašku predvidena še namestitev akcelero-metra Kinometrics Episensor. Zgrajene so že opazovalnice na Golovcu v Ljubljani (LJU), Kogu (KOGS), v Bojancih (BOJS) in Gorjušah (GORS).
- Za šestnajst opazovalnic je predvidena namestitev trikomponentnega širokopasovnega seizmometra Guralp CMG-40T v seizmičnem jašku (slika 2). Zgrajene so že opazovalnice: Dobrina (DOBS), Cerknica (CEY), Črešnjevce (CRES), Grobnik (GROS), Pernice (PERS), Čadrg (CADS), Javornik (JAVS), Knežji dol (KNDS), Višnje (VISS), Gornji Cirknik (GCIS) in Robič (ROBS).



Poleg seizmometra je v seizmičnem jašku nameščen širokopasovni zajemalni sistem Quanterra Q730. Sistem ima na vhodu tri (pri petih opazovalnicah šest) neodvisne 24-bitne analogno-digitalne (A/D) med seboj galvansko ločene pretvornike, vgrajen DSP (digital signal processor), GPS sprejemnik točnega časa, RAM pomnilnik za začasno shranjevanje podatkov (buffer). Komunikacijski protokol omogoča paketni prenos podatkov. Za A/D pretvorbo je uporabljena delta sigma modulacija z osnovno frekvenco vzorčenja 20 kHz. Nižje frekvence vzorčenja dobimo v DSP modulu z decimacijo in digitalnim filtriranjem. Za zajemanje podatkov skrbi programska oprema Shear. Prenos podatkov v središče za obdelavo (SOP) poteka v realnem času. Komunikacijski protokol omogoča uporabniku nastavitve prioritete pri pošiljanju podatkov, npr. samo prenos posameznih dogodkov z manjšo frekvenco vzorčenja ali kontinuiran prenos zajemanega kanala. Tako tudi ob krajši prekinitvi prenosnih linij ne ostanemo brez podatkov. Komunikacija lahko poteka asinhrono prek serijskih vrat ali s TCP/IP protokolom prek vgrajene Ethernet kartice. Komunikacija je dvosmerna, tako da lahko iz osrednjega računalnika daljinsko nastavljamo parametre zajemalnega sistema in kalibriramo sistem. Ura v zajemalnem sistemu je usklajena z GPS sistemom točnega časa, njena napaka pa je manjša od 1 ms (Sinčič 2003).



Slika 1:

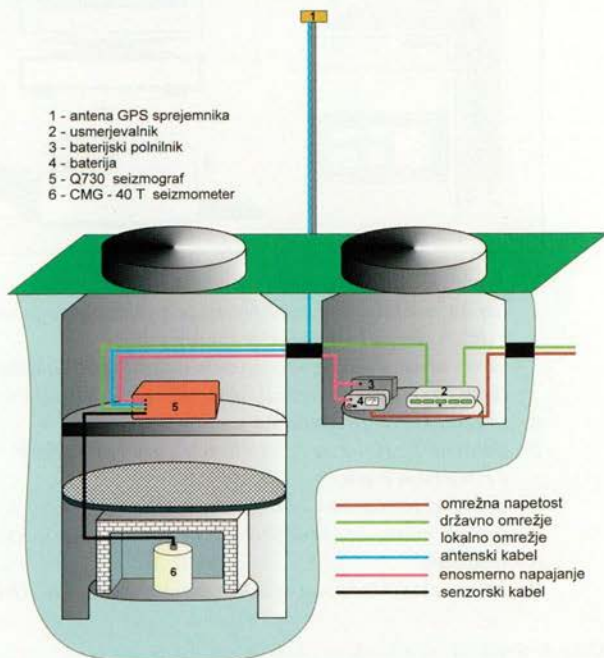
Razporeditev obnovljenih, novozgrajenih in predvidenih potresnih opazovalnic državne mreže.

V pomožnem jašku je nameščena komunikacijska oprema za vključitev opazovalnice v državno računalniško omrežje, ki jo tvorita usmerjevalnik in modem, 12-voltno baterijsko napajanje s polnilcem in razsmernikom, ki omogoča 24-urno delovanje potresne opazovalnice ob izpadu omrežne napetosti, ter priključek na omrežno napetost 230 V in priključek na najeto linijo za prenos podatkov. Antena GPS sprejemnika je pritrjena na zračnik.

### 3 PRENOS PODATKOV

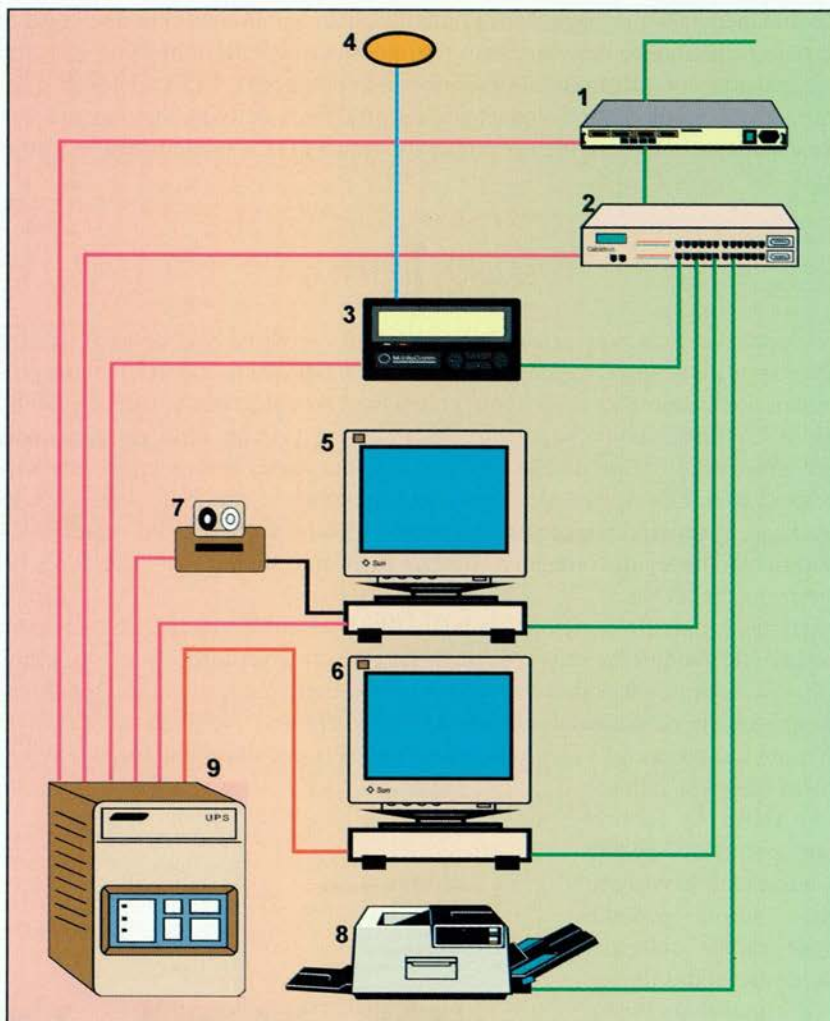
Podatki iz opazovalnic se v stvarnem času prenašajo v središče za obdelavo. Srce središča za obdelavo podatkov sestavljata dve Sun Blade 100 delovni postaji z Antelope programsko opremo, tračna enota za arhiviranje podatkov, časovni strežnik, usmerjevalnik, hub, tiskalnik in brezprekinitveno napajanje. Prva delovna postaja skrbi za zajem podatkov iz opazovalnic, na drugi pa poteka analiza seizmogramov. Tračna enota ima kapaciteto 72Gb podatkov. Dostopovni vozeli povezuje posamezne aparature središča v lokalno omrežje, ki je z usmerjevalnikom vključeno v državno računalniško omrežje HKOM. Brezprekinitveno napajanje omogoča enourno delovanje središča za obdelavo v primeru izpada omrežne napetosti.

Programsko opremo Antelope, izdelek BRTT (Boulder Real Time Technologies, Inc.), sestavljajo moduli za zajem, prenos, lokalno shranjevanje, obdelavo, arhiviranje in distribucijo seizmičnih podatkov (slika 4). Programi tečejo na Sunovih delovnih postajah in na osebnih računalnikih z Intelovo strojno opremo. Ne glede na izbrano strojno opremo mora biti operacijski sistem Solaris. Obdelava podatkov poteka tako avtomatsko v stvarnem času kot tudi interaktivno (slika 3). Sestavni del programskega paketa je tudi informacijski sistem, ki vsebuje surove podatke – valovne zapise potresov, rezultate analiz in drugih podatkov (Borman et al. 1988a, 1988b).



Slika 2: Shematski prikaz potresne opazovalnice. V seizmičnem jašku sta senzor in zajemalna naprava, oprema za napajanje in komunikacijo pa je v posebnem jašku.



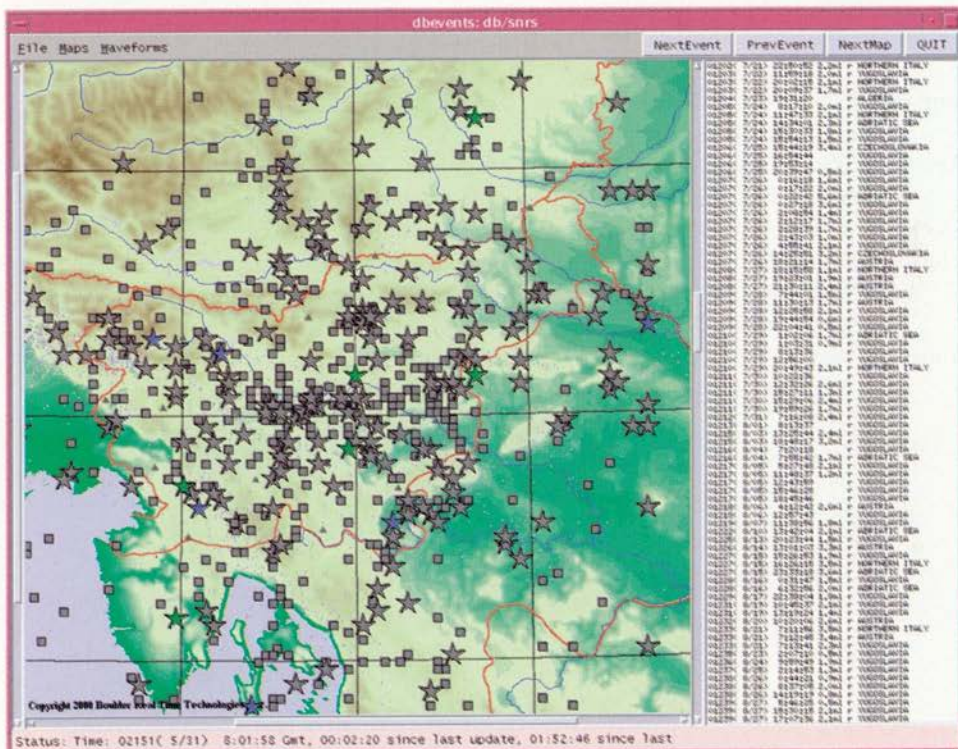


**Središče za obdelavo podatkov sestavljajo:**

- 1 - usmerjevalnik povezuje središče za obdelavo podatkov z državnim računalniškim omrežjem
- 2 - koncentrador omogoča zvezdno topologijo lokalnega omrežja
- 3 - omrežni časovni strežnik NTS-90 zagotavlja točno časovno bazo
- 4 - antena GPS sprejemnika
- 5 - delovna postaja za zajem in obdelavo podatkov v stvarnem času
- 6 - delovna postaja za obdelavo podatkov
- 7 - tračna enota za shranjevanje podatkov s kapaciteto 72 GB
- 8 - tiskalnik
- 9 - brezprekinitveno napajanje omogoča enurno delovanje ob izpadu omrežja

Slika 3: Središče za obdelavo podatkov.

Omrežje potresnih opazovalnic je vključeno v zasebno računalniško omrežje HKOM, omrežje državnih organov Republike Slovenije, ki ga upravlja Center Vlade Republike Slovenije za informatiko. Prostrano omrežje državnih organov HKOM je privatno omrežje, ki je zasnovano za prenos podatkov med posameznimi zaključnimi celotami (CURS, DURS, ...) in med posameznimi končnimi uporabniki in centralnim sistemom aplikativnih in podatkovnih strežnikov in storitev (elektronska pošta, Internet, klicni dostopi, ...). Zaradi svoje vloge je sestavljeno iz dveh med seboj povezanih prenosnih nivojev. To sta fizični prenosni nivo in logični prenosni nivo. Omrežje je povezano s svetovnjima omrežjema Internet in X.25, je profesionalno varovano in grajeno ter vzdrževano po natančno določenih standardih in pravilih.



Slika 4: Program za avtomatsko analizo podatkov nam prikaže okno z epicentri in tudi nekaterimi drugimi seizmološkimi podatki.

#### 4 SKLEP

Na ARSO, Uradu za seizmologijo, smo si v okviru zakonsko opredeljenih nalog ter na osnovi internih analiz o stanju na področju seizmološkega monitoringa ter ocenjevanja potresne dejavnosti v Sloveniji zastavili cilje, ki bodo doseženi z realizacijo projekta »Posodobitev državne mreže potresnih opazovalnic«. Z izgradnjo mreže 25 potresnih opazovalnic bo imela Slovenija eno najgostejših in najsodobnejših omrežij na svetu.



#### VIRI IN LITERATURA:

- Antelope, ARTS configuration and operations manual, 1998, Boulder Real Time Technologies. Boulder. USA.
- Borman, P., Hanka, W., Trnkoczy, A. 1988a: Seismic Station Site Preparation. Medmrežje: <http://www.seismo.com/msop/nmsop/nmsop.html>.
- Borman, P., Hanka, W., Trnkoczy, A. 1988b: Factors Affecting Seismic Site Quality. Medmrežje: <http://www.seismo.com/msop/nmsop/nmsop.html>.
- Gosar, A., Zupančič, P., Vidrih, R. 1999: Izbor lokacij za novo mrežo potresnih opazovalnic v Sloveniji: geološke in geofizikalne raziskave. Potresi v letu 1999. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo. Ljubljana.
- Kradolfer, U. 1996: AutoDRM – The first Five Years, Seismological Research letters, Vol. 67, 4. Vermont. USA.
- Lapajne, J., Sinčič, P., Živčič, M. 1998: Načrti za posodobitev opazovanja potresov v Sloveniji. Ujma 12. Ljubljana.
- Ravnik, J., Živčič, M., Trnkoczy, A. 1999: Modeliranje zmogljivosti mreže potresnih opazovalnic, Potresi v letu 1999, Agencija RS za okolje. Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R. 1993: Mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji. Ujma 7. Ljubljana.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Gostinčar, M. 1997: Seismic network in Slovenia. A hundred years of the first Seismic Observatory in Slovenia. 29<sup>th</sup> General Assembly of the IASPEI, Abstracts, W 18 1775, Thessaloniki.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Živčič, M. 2003: Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. 16. posvetovanje slovenskih geologov. Geološki zbornik 17. Ljubljana.

# INTERAKTIVNI MODEL IZBORA LOKACIJE ZA ODLAGALIŠČE NIZKO IN SREDNJE RADIOAKTIVNIH ODPADKOV (NSRAO)

Mojca Golobič\* in Igor Bizjak\*\*

UDK: 711:628.388

## **Izyleček**

**Interaktivni model izbora lokacije za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov**  
V prispevku je predstavljen medmrežni interaktivni model, ki omogoča simulacijo (dela) postopka izbora lokacije za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov vsem zainteresiranim uporabnikom. Model je nekoliko poenostavljena različica ekspertnega vrednotenja prostora in je razumljiv in enostaven za uporabo tudi za tiste uporabnike, ki nimajo izkušenj z modeliranjem. Izhodišče za zasnovo modela je metoda večkriterijskega vrednotenja prostorskih parametrov v geoinformacijskih sistemih. Model temelji na enotni bazi prostorskih podatkov, prikazanih v obliki rastrskih digitalnih kart. Poleg dveh osnovnih načinov delovanja: (1) poizvedovanje o izbrani lokaciji in (2) vrednotenje prostora po izbranih merilih, je omogočen tudi zapis rezultatov v skupno bazo. Tako sta dosežena osnovna namena modela: omogočiti seznanjanje uporabnikov s postopkom izbire lokacije za odlagališče ter pridobivanje njihovih mnenj in vrednostnih stališč ter njihovo upoštevanje v postopku izbire lokacije.

## **Ključne besede**

prostorski interaktivni model, večkriterijsko vrednotenje prostorskih parametrov, geoinformacijski sistem, map server, nizko in srednje radioaktivni odpadki

## **Abstract**

**Interactive model for siting the repository for low and intermediate nuclear waste**

This paper presents an interactive web-based model for choice of site for low and intermediate level radioactive waste repository. The model simulates (a part of) the evaluation and decision making process. It is a slightly simplified version of expert spatial suitability evaluation adapted for users with no prior knowledge of modelling. Model structure is based on multi criteria evaluation of spatial parameters in geoinformation systems and uses a common database of grid digital maps. The model enables two operating modes: (1) inquiry about the known location and (2) suitability evaluation according to user-defined criteria. The users can submit the obtained results in the common knowledge base. The model achieves the goals of informing the public about the decision-making process as well as communication of their opinions and values and incorporation in decision making.

## **Keywords**

spatial interactive model, multicriteria evaluation of spatial parameters, geoinformation systems, map server, low and intermediate radioactive waste

\* dr., Urbanistični inštitut RS, Trnovski pristan 2, 1000 Ljubljana, mojca.golobic@urbinstitut.si

\*\* Urbanistični inštitut RS, Trnovski pristan 2, 1000 Ljubljana, igor.bizjak@urbinstitut.si

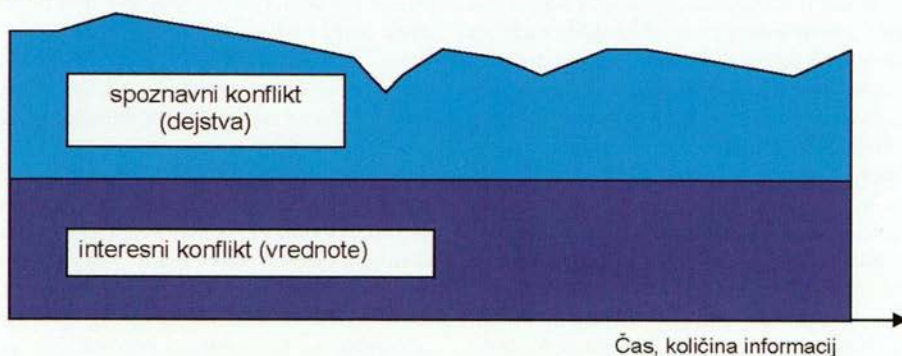


## 1 UVOD

### 1.1 Umeščanje konfliktnih dejavnosti v prostor

Umeščanje novih dejavnosti in objektov v prostor, zlasti če so ti po svoji naravi in vplivih na okolje potencialno moteči, sproža vse več nasprotovanja v lokalni, včasih pa tudi širši javnosti. Razlog za to so po eni strani povečane potrebe razvojnih dejavnosti po prostoru, kar vodi v pogostejše konflikte med različnimi rabami. Drugi razlog pa je v vse večji osveščenosti javnosti o pravici do sodelovanja pri odločanju o svojem okolju ter v povečani občutljivosti za okoljske probleme. Tradicionalni postopki za umeščanje dejavnosti v prostor, ki temeljijo na t. i. racionalnem načrtovalskem pristopu ter uporabljajo kabinetne ekspertne metode postajajo v takih okoliščinah vse manj uspešni. Konflikta namreč zgolj z uporabo ekspertnega znanja in s tehokratskim načinom odločanja ni mogoče razrešiti, dokler se ne razreši konflikt vrednot, ki je pravi razlog nestrinjanja (slika 1). To pa se lahko zgodi le v demokratičnem postopku s sodelovanjem javnosti.

stopnja nestrinjanja



Slika 1: Konflikti pri umeščanju kontroverznih objektov v prostor so na ravni dejstev nerazrešljivi (prirejeno po Obermeyer 1998).

### 1.2 Primer: Odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v Sloveniji

Značilen primer tovrstnega konfliktnega problema je iskanje lokacije za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov (NSRAO) v Sloveniji. Slovenija potrebuje odlagališče za NSRAO, ki nastajajo zlasti pri proizvodnji električne energije v Nuklearni elektrarni Krško (NEK), nekaj pa tudi v medicini, industriji in pri raziskovalnem delu in se začasno skladiščijo v NEK in na Brinju. Kljub uporabi tehnologij za zmanjševanje prostornine odpadkov pričakujemo, da bodo zmogljivosti skladišč do leta 2010 polne.

Vprašanje lokacije je na strokovni in prostorsko načrtovalski ravni dokaj enostavno: odlagališče bo eno samo v Sloveniji in ne zahteva velike površine. Načeloma bi bilo lokacijo možno poiskati s standardnim postopkom večkriterijskega vrednotenja različnih

lokacij z vidika vplivov odlagališča na okolje. Vendar pa se je načrtovanje nuklearnih objektov v vseh državah izkazalo za mnogo zahtevnejšo nalogo, saj za odločitev ni na voljo dovolj in dovolj zanesljivih informacij. Naše znanje o lastnostih in procesih fizičnega okolja (matične kamenine, hidrogeoloških značilnosti, klime...) je pomanjkljivo, negotovost pa povečuje še časovna dimenzija problema, saj je treba varnost odlagališča zagotavljati za vsaj 300-letno obdobje. Primanjkuje nam tudi informacij o tem, kako različne možne vplive odlagališča na okolje vrednoti javnost, kako razume negotovost in tveganja, kako združljivost odlagališča s perspektivami lokalnega razvoja. Ni jasno, kako se oblikujejo interesne skupine v javnosti, če in kako se njihova stališča med seboj razlikujejo. Celoten postopek otežujejo tudi velika čustvena obarvanost problema, odprtost za različne vrednostne interpretacije, strah pred tveganji in veliko število različnih zainteresiranih skupin in posameznikov. Jasno je torej, da je lokacija za odlagališče NSRAO problem, za katerega ne obstaja en sam, zanesljivo pravilen odgovor, ki bi ga bilo treba le »izračunati«. Gre za veliko zahtevnejši proces iskanja soglasno sprejemljive rešitve.

To je pokazal tudi prvi poskus iskanja lokacije, ki se je začel leta 1987 in je kmalu propadel z energično zavrnitvijo vseh petih predlaganih lokacij, ki so jih izbrali strokovnjaki po strokovno korektnem postopku z uporabo tedaj najboljšega dostopnega znanja in z upoštevanjem vseh mednarodno potrjenih meril. Naknadne analize so neuspeh tedanjega postopka pripisale predvsem uporabi izrazito tehnokratskega pristopa in preslabega sodelovanja javnosti. T. i. »družbena sprejemljivost«, ki se je ves čas odpravila proti koncu postopka, se je izkazala za ključno merilo pri izboru lokacije. Neupoštevanje tega vidika pa ni le vrnilo postopka izbora na začetek, temveč je tudi omajalo zaupanje javnosti v odgovorne institucije ter naredilo problem odlagališča za lep čas »nerešljiv«. Seveda pa je družbena sprejemljivost lahko le rezultat pravilno izvedenega postopka in ne vnaprej dano merilo, ki bi ga bilo mogoče enostavno izmeriti v prostoru. Zato je Agencija za radioaktivne odpadke (ARAO), ki je kasneje prevzela odgovornost za radioaktivne odpadke, novi postopek iskanja lokacije zasnovala kombinirano oz. celovito. Ta pristop poleg tehničnega (ekspertnega) vrednotenja prostora vključuje tudi dogovarjanje in pogajanja z lokalno skupnostjo in zagotavlja visoko stopnjo vključevanja javnosti (Delavnica ARAO 2001). Novi postopek izhaja iz hipoteze, da je načeloma varnost odlagališča možno zagotoviti kjerkoli v Sloveniji, vendar so nekatere lokacije zaradi svojih naravnih danosti boljše kot druge. Na slabših lokacijah bi zagotavljanje ustrezne varnosti odlaganja zahtevalo bistveno višje tehnološke in finančne vložke ter omogočalo manjšo zanesljivost v bolj oddaljeni prihodnosti. Poleg varnostne ustreznosti se lokacije med seboj razlikujejo tudi po vplivih, ki bi jih imelo odlagališče na naravo, naravne vire, na lokalni in regionalni razvoj ter po tehnološki in ekonomski izvedljivosti objekta. Stopnjo ustreznosti lokacije z vidika posameznih vplivov je mogoče bolj ali manj zanesljivo in natančno določiti z uporabo različnih strokovnih metod, njihov relativen pomen pa je vnaprej in zgolj s strokovnimi merili zelo težko določljiv.

### *1.3 Informacijske tehnologije za podporo participaciji javnosti*

Z uveljavljanjem in razvojem informacijskih tehnologij so se hitro začele razvijati tudi možnosti za njihovo uporabo v prostorsko načrtovalskih in odločevalskih problemih.



Participativna tehnologija imenujemo vsako tehnološko podporo, ki omogoča vključevanje javnosti. Na področju načrtovanja in urejanja prostora pa pod tem pojmom mislimo zlasti na geoinformacijske sisteme (GIS) in svetovni splet (*internet*). V večini do sedaj izvedenih primerov s tega področja gre predvsem za demonstracijo že izvedenih projektov, nekateri pa omogočajo uporabnikom tudi dostop do prostorskih informacij – pregled podatkovnih kart ter nekatere enostavne analize, kot je prekrivanje posameznih podatkovnih kart. Splošno mnenje v krogih zagovornikov informacijske tehnologije je, da uporaba tehnologije samodejno povečuje demokratizacijo, stopnjo vključevanja javnosti in uporabo znanja v »javno korist« (Linehan in Gross 1998). Žal pa so učinki precej omejeni. Razlogi so zlasti visoka cena in težka dosegljivost kakovostnih podatkov ter zahtevnost znanj, potrebnih za uporabo vse bolj zapletenih računalniških programov. Morda najpomembnejša omejitev pa izhaja iz same tehnologije, ki zahteva od uporabnika tak način sodelovanja, ki je »razumljiv« oz. prilagojen tehnologiji, zaradi česar mora zanemariti velik del svojega znanja (Linehan in Gross 1998). Uporaba informacijske tehnologije v participativnem prostorskem načrtovanju torej sama po sebi še ne pomeni izboljšave postopkov in povečanja znanja. To lahko izvira le iz raziskav in napredka v stroki (Kammeier 1998), pri čemer pa informacijske tehnologije lahko nudijo podporo participativnemu postopku in odločilno pripomorejo k pridobivanju znanja. Celovita podpora mora omogočati raziskovanje odločitvenega problema, analizo podatkov in preizkušanje alternativnih scenarijev ter oblikovanje in izbor rešitev (Carver et al. 1998).

Raziskovanje problemskega konteksta mora biti omogočeno tako, da so javnosti dostopni vsi dosegljivi podatki o problemu na preprost in informativen način. Korak dlje je možnost dopolnjevanja in spreminjanja obstoječih informacij. S tem se omogoči tudi vključevanje znanja sodelujočih in dopolnjevanje tradicionalnih podatkovnih plasti z »mehkim« lokalnim znanjem, ki ga s tradicionalnimi metodami ni mogoče zajeti. Informacije kot npr. kaj je prebivalcem v njihovem okolju najdragocenejše, kaj želijo ohraniti prihodnjim generacijam in kaj najbolj prispeva k identiteti njihovega kraja, je mogoče zajeti v obliki tekstovnega komentarja (npr. Kingston et al. 1999; Carver et al. 1998) ali pa v obliki digitalnih geokodiranih kart.

Preizkušanje alternativnih scenarijev ali »kaj če« pristop je lasten večini računalniških modelov in omogoča preverjanje hipotez, oblikovanje različnih modelov vrednotenja in odločanja ter identifikacijo izvedljivih, neizvedljivih, konfliktnih in kompromisnih rešitev. Taki modeli so lahko učinkovita podpora participativnim pristopom, saj omogočajo prikaz prostorskih posledic ob različnih izhodiščnih predpostavkah, identifikacijo konfliktov ter medsebojno usklajevanje. Na tem področju velja omeniti zlasti dva angleška primera. Pri izboru lokacije za odlagališče jedrskih odpadkov v Veliki Britaniji (Carver et al. 1996, Carver et al. 1997) model omogoča uporabniku definicijo meril v odločitvenem modelu ter pregled rezultata in morebitno popravljanje modela, poleg tega pa tudi primerjavo med svojo začetno intuitivno odločitvijo ter analitično odločitvijo na osnovi modela.

Oblikovanje odločitev zahteva komunikacijo med uporabniki, izmenjavo predlogov z načrtovalci in odločevalci ter povratne informacije o neskladjih in možnih soglasnih predlogih skupaj z utemeljitvami. Tehnologija tudi na tem področju omogoča podporo s hitro obdelavo novih podatkov in predpostavk ter možnostmi predstavitve začasnih izhodnih podatkov, vendar je na tem področju težje najti uspešne izvedene primere.

Uporaba spleta ima lahko nekatere prednosti pred delavnicami, ki so sicer najbolj razširjen pristop v participativnem načrtovanju. Najpomembnejša prednost je gotovo ta, da spletni model omogoča uporabniku neposredno vnašanje svojega znanja ter hitro povratno informacijo. Sodelovanje je možno v daljšem časovnem obdobju in ob katerikoli uri ter s kateregakoli kraja. Splet omogoča vsakomur enakopravno vključevanje, ne glede na prodornost in način nastopanja ali retorično spretnost. K bolj sproščenim in odkritim odgovorom prispeva tudi večja zasebnost sodelovanja v spletu. Prirejanje zahtevnejših strokovnih orodij, kakršni so simulacijski modeli, za uporabo na spletu, ima tudi pomembno vlogo »demistifikacije« strokovnega dela in odločanja ter usposabljanja »laične« javnosti za ustvarjalen dialog. Slabe strani vključujejo odvisnost možnosti participacije od dosegljivosti tehnične opreme. Vzorec sodelujočih je sistematično izkrivljen k mlajši, bolj izobraženi, bolj preskrbljeni in moški populaciji. Obstaja, in vselej bo, »digitalna ločnica«; torej skupina ljudi, ki dostopa do informacijskih tehnologij ne bodo mogli ali želeli imeti.

## 2 INTERAKTIVNI SPLETNI MODEL ZA PODORO IZBORU LOKACIJE ODLAGALIŠČA NSRAO

### 2.1 Izhodišča

V sedanjem postopku iskanja lokacije je posebna pozornost posvečena ustvarjanju pogojev za »družbeno sprejemljivost« predlogov. V tem okviru je bil kot pomemben del postopka zasnovan medmrežni interaktivni model, ki bi vsem zainteresiranim omogočal simulacijo (dela) postopka izbora lokacije za odlagališče NSRAO. S tem naj bi dosegli naslednje namene:

- vzpostavitev dvostranske komunikacije med javnostjo in ARAO,
- boljšo seznanjenost javnosti s problematiko in načini za njeno reševanje in s tem večjo zavzetost in bolj tvorni pristop javnosti pri iskanju lokacije,
- večjo transparentnost postopka, višjo stopnjo zaupanja javnosti v pravilnost postopka in s tem večjo sprejemljivost predlogov,
- boljšo seznanjenost ARAO z mnenjem javnosti.

Model je zasnovan tako, da ustreza zahtevam postopka izbora lokacije na eni strani in značilnostim internetne tehnologije ter njenih uporabnikov na drugi. Model mora omogočiti naslednje.

1. *Raziskovanje problemskega konteksta.* Seznanitev uporabnikov s problematiko odlaganja NSRAO in postopkom izbora lokacije. Kljub določenim poenostavitvam mora model obdržati in prikazati osnovna načela izbora lokacije ter vsa bistvena merila, ki na izbor vplivajo. Ker je model predviden kot dopolnitev ustaljenih komunikacijskih orodij pričakujemo, da bo večina uporabnikov že nekoliko seznanjena s problematiko, zato so informacije jedrnate, dodane pa so povezave na strani z izčrpnimi informacijami.



2. *Preizkušanje alternativnih scenarijev.* Model mora omogočiti preizkus (simulacijo) izbora na osnovi lastnih preferenc uporabnika. Zato mora biti enostaven za uporabo: razumljiv za povprečnega uporabnika interneta in prilagojen omejitvam tehnologije. Model mora omogočiti tudi povratno informacijo uporabniku o rezultatih.
3. *Oblikovanje odločitev.* Model je pri tem seveda lahko samo podpora s tem, da priskrbi povratno informacijo za ARAO. To je omogočeno na tradicionalen način z beleženjem pisnih mnenj uporabnikov, poleg tega pa tudi z beleženjem njihovih modelov skupaj z osnovnimi demografskimi podatki.

## 2.2 Zasnova modela

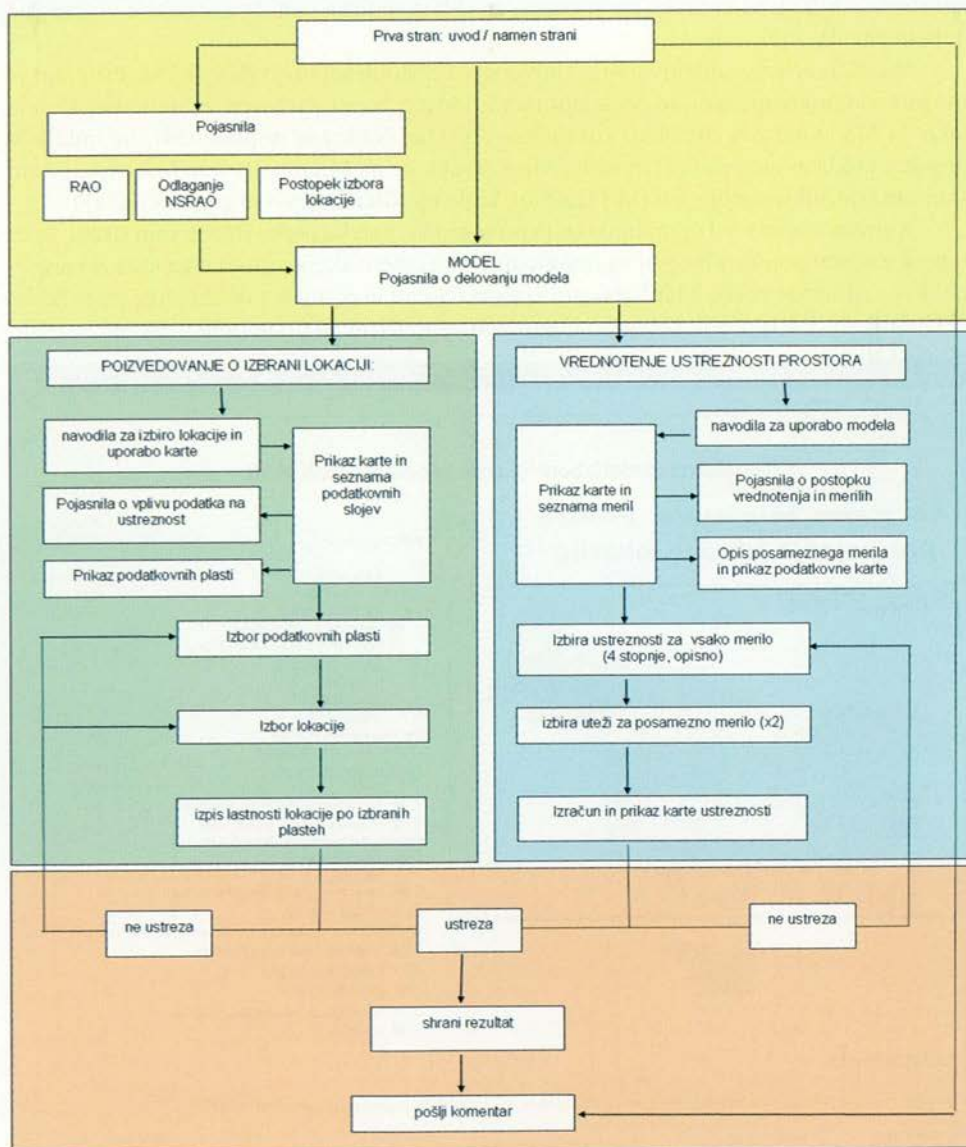
Model je nekoliko poenostavljena različica ekspertnega vrednotenja prostora, ki je sicer ključni, vendar ne edini del dela postopka iskanja lokacije za odlagališče NSRAO. Struktura modela sledi metodologijam, ki so bile do sedaj uporabljene pri iskanju lokacije in so zasnovane na osnovi večkriterijskega vrednotenja prostorskih parametrov v geoinformacijskih sistemih (Delavnica ARAO 2001, Marušič in Golobič 1998). V osnovi gre za nabor meril, ki so smiselno združena in poenostavljena, upoštevajoč tehnične možnosti interneta in stopnjo znanja povprečnega uporabnika interneta. Nabor meril, med katerimi lahko uporabnik izbira, je usklajen z merili, ki so uveljavljena pri tovrstnih študijah (Golobič in Marušič 2000). Seveda pa nabor ni popoln: izpuščena so merila, ki jih ni možno prikazati na karti; merila, ki se upoštevajo na ravni podrobnejšega načrtovanja in so odvisna od tehničnih rešitev (npr. odmiki od infrastrukture, lastništvo zemljišč, itd.), ter merila, ki zahtevajo bolj kompleksno modeliranje (npr. vplivi na regionalni in lokalni razvoj) ali pa so povezana z bolj osebnimi, intuitivnimi opredelitvami, kakor so npr. identiteta, tradicija, navezanost itd. Merila so združena v tri skupine, ki predstavljajo osnovna izhodišča za odločanje:

- varnost odlaganja,
- varstvo naravnih virov,
- varstvo naravnih in kulturnih kakovosti.

Model uporablja enotno zbirko podatkov v obliki rastrskih digitalnih kart in pokriva območje cele Slovenije. Model deluje na dva osnovna načina (slika 2).

1. Poizvedovanje o izbrani lokaciji: model omogoča uporabniku, da preveri lastnosti znane lokacije ter njeno primernost za odlagališče. Model deluje tako, da se ob kliku na izbrano lokacijo na karti izpišejo vrednosti podatkovnih slojev na tej lokaciji. Glede na dobljene podatke lahko uporabnik presodi, ali je po njegovem mnenju lokacija potencialno primerna za odlagališče ali ne, ter ustrezne lokacije zabeleži v sistem.
2. Vrednotenje prostora po izbranih merilih. Model temelji na metodi večkriterijskega vrednotenja ustreznosti prostora z uporabo prostorskih podatkov, ki jih kombinira

po pravilih, kot jih določi uporabnik. Uporabnik lahko po stalnem naboru meril oceni, kakšna je ustreznost določene lastnosti prostora za odlaganje NSRAO. Z izbiro ocene »neustrezno« območja z obravnavano lastnostjo izločimo. Rezultat modeliranja je karta ustreznosti, ki prikazuje območja, ki so na osnovi izbranih meril bolj oz. manj primerna za izgradnjo odlagališča. Tudi ta način omogoča zapis v sistem, tokrat pa se namesto lokacije zapišejo merila, ki jih je uporabnik določil za vrednotenje prostora.



Slika 2: Shema modela.

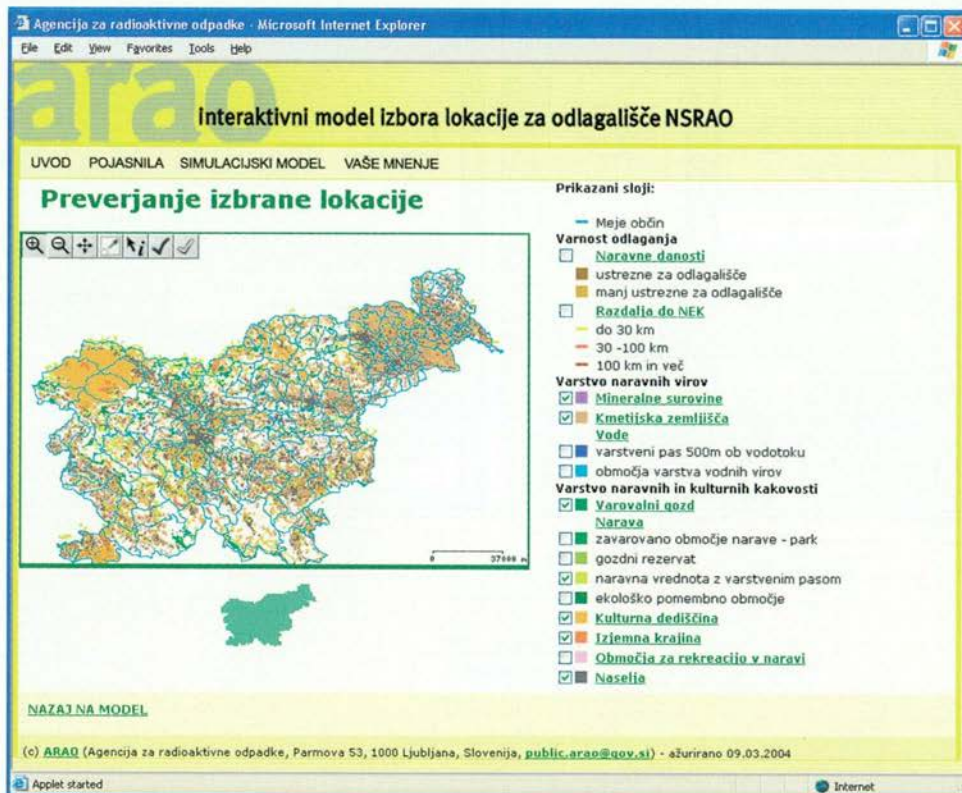


### 2.3 Izvedba modela

Za izdelavo GIS modela, ki bi deloval na internetu, smo uporabili program MapServer verzije 4.01, ki je t. i. »OpenSource« program. Open source programi so brezplačni, ker so pisani po načelu proste kode, kar pomeni, da izdelovalci programov za svoje delo ne zahtevajo plačila, programe pa dobimo v izvorni kodi in jih lahko po želji dopolnjujemo ali popravljamo. Seveda pa taki programi nimajo vseh funkcij, ki jih imajo programi kot sta ArcIMS ali Mapguide, kar pomeni, da je potrebno za podobne rezultate vložiti več dela in znanja.

MapServer so v sodelovanju z University of Minnesota razvili v NASI. Program je možno nadgrajevati, zanj že obstajajo razni dodatki ter ni zahteven za uporabo. Deluje tako na MS Windows strežniku kot tudi na Apache, Netscape in podobnih strežnikih. V primeru predstavljenega GIS modela, Mapserver teče na Microsoftovem Informacijskem Internet strežniku verzije 5.0 (MS IIS 5.0), ta pa na Microsoftovem strežniku 2000.

Komunikacija med uporabnikom in programom poteka preko internetnih strani, uporabnik z izbiro ponujenih opcij na internetni strani izbere akcijo, internetna stran zahtevo v obliki parametrov pošlje MapServerju, ki jo ovrednoti in rezultat v obliki slike (ta je lahko JPG, GIF ali PNG) pošlje kot novo internetno stran nazaj na uporabnikov ekran.



Slika 3: Poizvedovanje o izbrani lokaciji.

Uporabniški vmesnik, ki ga uporablja obiskovalec internetne strani, smo zasnovali s pomočjo ROSA java appleta, ki je ravno tako Open source programski dodatek Map-Serverju, ter omogoča dodatne funkcionalnosti, kot so povečevanje in pomanjševanje prikazane karte, premikanje karte, ter izbiro orodij za poizvedovanje po podatkih, ki so vsebovani v prikazanih plasteh. Internetne strani pa so bile nadgrajene tudi z uporabo java in asp skriptov. Na strežniški strani smo za potrebe preračunavanja v drugem modelu uporabili še Access podatkovno bazo.

MapServer pri svojem delu uporablja podatke, ki so pripravljene v ESRI-jevem ArcView shape formatu. Podatkovno bazo modela sestavljajo prostorski podatki, ki smo jih pridobili od pristojnih republiških organizacij in jih po potrebi spremenili v zahtevani format. MapServer zna prikazati tudi ESRI-jeve rastrske formate podatkov z njihovimi word datotekami, v katerih so shranjene koordinate ter raztezki rastrskih datotek (slika 3 in slika 4).

The screenshot shows a web browser window titled "Agencija za radioaktivne odpadke - Microsoft Internet Explorer". The main content area is titled "interaktivni model izbora lokacije za odlagališče NSRAO". Below the title are navigation tabs: "UVOD", "POJASNILA", "SIMULACIJSKI MODEL", and "VAŠE MNENJE".

The interface is divided into two main sections: "Karta" (Map) and "Merilo" (Criteria). The "Karta" section displays a map of Slovenia with various regions shaded in green and red. Below the map is a legend with two categories: "potencialno ustrezno - srednje ustrezno" (represented by green squares) and "malo ustrezno - neustrezno" (represented by red squares). There are buttons labeled "Izračunaj" and "Prekini" below the legend.

The "Merilo" section lists various criteria for evaluation. Each criterion has a rating scale with five circles, where the number of filled circles indicates the rating. The criteria and their current ratings are as follows:

Merilo	neustrezno	malo	srednje	ustrezno	povečaj	težjo
<b>Varnost odlaganja</b>						
Slabše naravne danosti						
Razdalja do NEK (<30)						
Razdalja do NEK (30-100)						<input checked="" type="checkbox"/>
Razdalja do NEK (100<)						
<b>Varovanje naravnih virov</b>						
Mineralne surovine						
Kmetijska zemljišča						
Varstveni pas ob vodotokih						<input checked="" type="checkbox"/>
Vodni viri - ožje območje						
Vodni viri - širše območje						
<b>Varstvo naravnih in kulturnih kakovosti</b>						
Varovalni gozd						
Narodni park						
Krajski in regijski park						<input checked="" type="checkbox"/>
Gozdni rezervat						
Naravna vrednota						
Ekološko pomembno območje						
Kulturna dediščina						
Izjemna krajina						
Območja za rekreacije v naravi						
Naselja						

At the bottom of the interface, there is a "ZABELEŽI MODEL" button and a footer containing the copyright information: "(c) ARAO (Agencija za radioaktivne odpadke, Parmova 53, 1000 Ljubljana, Slovenija, public.arao@gov.si) - ažurirano 14.03.2004".

Slika 4: Vrednotenje prostora.



Vrednotenje prostora zahteva določena preračunavanja, ki se jih ni dalo izvesti samo z MapServerjem, temveč je bil potreben drugačen pristop. Vse plasti smo najprej razslojili, če je bila njihova vsebina predstavljena z več razredi. Te smo spremenili v grid s celico velikosti 500m. Ta velikost je najboljši kompromis med hitrostjo preračunavanja in želeno natančnostjo. Grid smo zapisali v tekstovno datoteko s koordinatami in njihovimi vrednostmi. Vse skupaj smo zapisali v Accessovo datoteko v obliki matrike, ki smo ji pripeli dbf datoteko končne karte, ki je bila v bistvu točkovni ArcView shape, ki je prikazoval vse koordinate 500 metrskega grida Slovenije. S pomočjo ASP (Active Server Pages) skripta smo napisali rutino, ki je prebrala podatke iz vnosnih polj internetnega obrazca, preračunala matriko v Access podatkovni bazi po danem vzorcu, razdelila rezultat na 5 razredov in vse skupaj zapisala v pripeto dbf datoteko. Ko so bili podatki zapisani, je rutina tudi osvežila karto na uporabnikovi internetni strani, kjer je uporabnik na zadane parametre dobil tudi zeleni rezultat.

Preko internetnih strani je možno tudi vnašanje uporabniških mnenj in shranjevanje izbranih lokacij ter parametrov za izračun drugega modela. Demografski podatki, ki se zbirajo ob zapisih, omogočajo nadaljnjo statistično obdelavo in boljše razlago o tem, kako se oblikujejo različne vrednostne opredelitve.

### 3 SKLEP

Predstavljeni model omogoča agenciji ARAO (in drugim odgovornim za izgradnjo odlagališča) pridobiti informacije o vrednostnih opredelitvah, ki pomembno vplivajo na sprejemljivost lokacije odlagališča za javnost. Zapisani rezultati modela bodo odkrili, kako javnost gleda na problem odlagališča, kakšen pomen prebivalci pripisujejo posameznim merilom za izbor lokacije in katera območja so potencialno sprejemljivejša.

Model je zaenkrat še v fazi testiranja in še ni bil predan v javno uporabo, tako da odziva javnosti še ne moremo oceniti. Tudi ob optimistični predpostavki, da bo model izpolnil svoj namen seznanjanja javnosti ter vzpostavitve komunikacije, pa seveda ne more nadomestiti vrhunskega strokovnega znanja ter odgovornega dela odločevalcev. Rezultati bodo namreč pokazali subjektivno opredelitev posameznika do problema odlagališča in njegovih vplivov na okolje. Tudi združenih rezultatov velikega števila uporabnikov ne moremo neposredno uporabiti kot predlog možnih lokacij odlagališča. So pa pomemben prikaz skupnih in konfliktnih izhodišč vrednotenja prostora ter informacija o tem, katere vrednote ljudje predvsem želijo zavarovati pred potencialnimi vplivi odlagališča. Želimo, da bi model predvsem pripomogel h konstruktivni in vsebinsko usmerjeni razpravi ter pripeljal do alternativnih (strokovnih) modelov vrednotenja prostora in predlogov lokacij, ki bi lahko dobile podporo v javnosti.

S tem pa delo na modelu seveda še ni zaključeno. Načrtovane so dopolnitve, ki bodo prispevale k njegovi uporabnosti:

- metoda za čim hitrejšo sprotno obdelavo rezultatov ter prikaz povratnih informacij, kar bi vsakemu uporabniku omogočalo primerjavo z drugimi,
- metoda za uporabo rezultatov v postopku izbora, zlasti za oblikovanje strokovnih modelov vrednotenja prostora ter pridobivanje (perspektivnih) izhodiščnih lokacij in argumentov za pogajanja z lokalnimi skupnostmi.

## VIRI IN LITERATURA:

- Carver, S., Blake M., Turton, I., Duke-Williams, O. 1996: Where to dispose of Britain's nuclear waste: Open spatial decision-making on the Internet. Medmrežje: <http://www.geog.leeds.ac.uk/mce/mce-home.htm> (20.9.1999).
- Carver, S. 1997: Open spatial decision making: Evaluating the potential of the WWW. V: *Innovations in GIS 4*. Kemp Z. (ur.). London, Taylor & Francis: 267–278.
- Carver, S., Evans, A., Kingston, R. and Turton, I. 1998: GIS on the WWW: improving public participation in environmental decision making, Paper presented at the European Association for the Study of Science and Technology Conference, Lisbon, Portugal. Medmrežje: <http://www.geog.leeds.ac.uk/papers/98-4/> (8.8.2001).
- Delavnica ARAO: Vrednotenje prostora v postopku izbora lokacije za odlagališče NSRAO z vidika geologije, 2001, Brdo pri Kranju: ARAO.
- Golobič, M., Marušič, I. 2000: Strokovne podlage za prostorski plan RS za področje radioaktivnih odpadkov, 1. in 2. faza, Ljubljana: Urbanistični inštitut RS.
- Kammeier, H. D. 1998: A computer-aided strategic approach to decision-making in urban planning: An exploratory case study in Thailand. *Cities*, 2: 105–119.
- Kingston, R. 1998: Web based GIS for public participation decision making in the UK. Medmrežje: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/kingston/kingston.html> (8.8.2001).
- Linehan, J. R., Gross M. 1998: Back to the future, back to basics: the social ecology of landscapes and the future of landscape planning. *Landscape and urban planning*, 42: 207–223.
- Marušič, I., Golobič, M. 1998: Izbor lokacije za odlagališče NSRAO: Prikaz večparametrskega postopka – kombinacija modelov, Ljubljana: BF, Oddelek za krajinsko arhitekturo.
- Obermeyer N. J. 1998: Spatial conflict in the information age. Medmrežje: <http://www.geo.wvu.edu/i19/papers/monmonier.html> (7.1.2001).





# NAPOVED OGROŽENOSTI PREBIVALSTVA ZARADI PLAZOV NA OBMOČJU OSREDNJE SLOVENIJE

Marko Komac\*

## *Izvleček*

### *Napoved ogroženosti prebivalstva zaradi plazov na območju osrednje Slovenije*

Za območje zahodnega dela osrednje Slovenije so bile izdelane analize izpostavljenosti oz. ogroženosti poseljenih območij in infrastrukture zaradi plazov. Na ogroženih območjih interesnega ozemlja živi 22 % prebivalstva, na zelo ogroženih območjih pa 2,3 %. Podobno velja za objekte, katerih 28 % delež leži na ogroženih in 3 % delež na zelo ogroženih območjih. Bolj je plazovom izpostavljena infrastruktura, pri kateri je ogroženost tipa infrastrukture povezana z njegovo pomembnostjo. Delež železnic, ki poteka prek ogroženih območij, je 4 %. Na obravnavanem območju se močno prepletata interes prebivalcev in za življenje neugodne naravne razmere. Le z vključitvijo kart ogroženosti v proces prostorskega planiranja je možno kasnejše neprijetne posledice minimizirati, ali se jim celo izogniti.

## *Ključne besede*

plazovi, ogroženost prebivalstva, ogroženost infrastrukture, prostorsko planiranje, Slovenija, GIS

UDK: 551.435.62(487.4), UDK: 91:659.2:004

## *Abstract*

### *Population risk analysis due to potential landslides in the area of central Slovenia*

For the area of central Slovenia analyses have been conducted to determine the exposure of the population and infrastructure to landslides. More than 22 % of the population lives on risky areas and 2,3 % live on highly risky areas. Very similar results were derived from the analysis of the buildings' exposure. 28 % of them lay on risky areas and 3 % on highly risky areas. More exposed is the infrastructure (roads, railway, gas pipelines, etc.), where the exposure to risk depends on the importance of the infrastructure type. 4 % of the railway lay on the risky areas. The population interest and relatively unfavourable living conditions overlap very much in the area under research. Only by implementation risk maps in the process of sustainable spatial planning the unwanted consequences of natural events can be minimised or even avoided.

## *Keywords*

landslides, population at risk, infrastructure at risk, spatial planning, Slovenia, GIS

## 1 UVOD

Plazovi so eden od geoloških pojavov, ki mu v zadnjem času tudi širša javnost posveča precejšnjo pozornost, predvsem zaradi izrednih dogodkov preteklih letih. Na splošno plazovi v Sloveniji ne ogrožajo prebivalstva, z izjemo posameznih neposredno ogroženih stanovanjskih objektov. Bolj je plazovom izpostavljena infrastruktura (ceste, železnice,

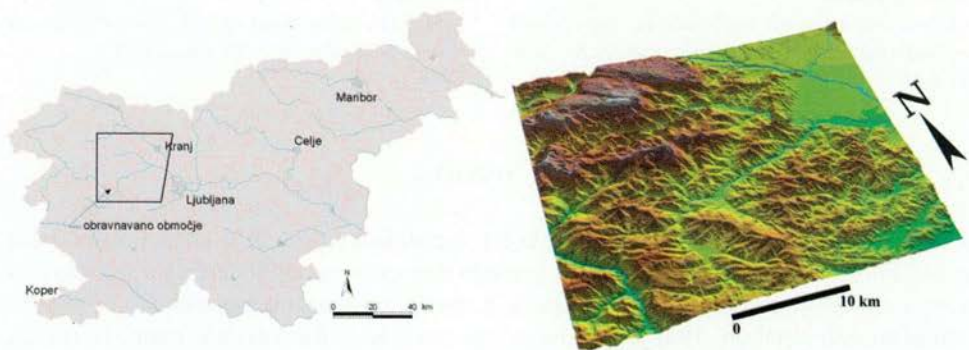
\* dr., Geološki informacijski center, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, marko.komac@geo-zs.si



daljnovodi, plinovodi ipd.). Karte geološko pogojenih nevarnosti napovedujejo območja večje izpostavljenosti geološkim nevarnostim in z upoštevanjem le-teh je možno zmanjšati njihove negativne posledice. Vključevanje kart tveganja pred plazovi v postopek izdelave prostorskih planov je tako nujno. Poseljenost in raba prostora se nenehno spreminjata, z uporabo satelitskih podob pa lahko ažurno sledimo njenim spremembam. Karte geološko pogojenih nevarnosti in rabe prostora lahko uspešno uporabimo pri napovedih in ocenah ogroženosti.

## 2 OBMOČJE RAZISKAV IN UPORABLJENI PODATKI

Obravnvano območje leži v osrednjem delu Slovenije (slika 1a). Približno 35 km × 35 km veliko območje se razteza med N 46°, E 14° na jugozahodu (okolica Idrije) in N 46°19', E 14°27' na severovzhodu (okolica Preddvora). 1222 km<sup>2</sup> veliko območje v celoti pokriva občine Dobrova – Horjul – Polhov Gradec, Gorenja vas – Poljane, Medvode, Železniki, Žiri, večino občine Kranj ter delno občine Bled, Bohinj, Brezovica, Cerklje na Gorenjskem, Cerkno, Idrija, Logatec, Naklo, Radovljica, Šenčur, Tolmin in Vrhnika. Večji del ozemlja je hribovit. Severovzhodni del, Sorško polje, in jugovzhodni del območja, Ljubljansko barje, sestavlja večinoma ravninski svet s posameznimi vzpetinami, bolj hribovit svet obsega območja idrijsko-žirovskega hribovja in Polhograjskih dolomitov, na območju Jelovice in Ratitovca pa je teren strmejši in ponekod tudi gorat. Vodno omrežje na omenjenem območju sestavljajo reke Sava, Selška in Poljanska Sora v osrednjem delu ter Ljubljanica in Idrija v obrobni delih. Na območju živi po podatkih iz leta 1996 (Urad RS za prostorsko planiranje et al., 1997) okoli 135.000 prebivalcev. Ocena je groba, saj je bila izračunana na podlagi podatkov o gostoti prebivalstva na 0,01 km<sup>2</sup>. Ker so ti podatki razdeljeni v razrede po 10 prebivalcev, je bila privzeta srednja vrednost razreda. Največje možno odstopanje od podanega podatka je 25 % (103000–176000). Večji mesti sta Kranj in Škofja Loka, večji kraji, ki ležijo na območju, pa so Idrija, Cerkno, Železniki, Žiri, Poljane in Horjul. Med njimi je zaradi razpršenosti prebivalstva po višje ležečih predelih dobro razpredena infrastrukturna mreža. Slika 1b prikazuje digitalni model višin obravnavanega območja.

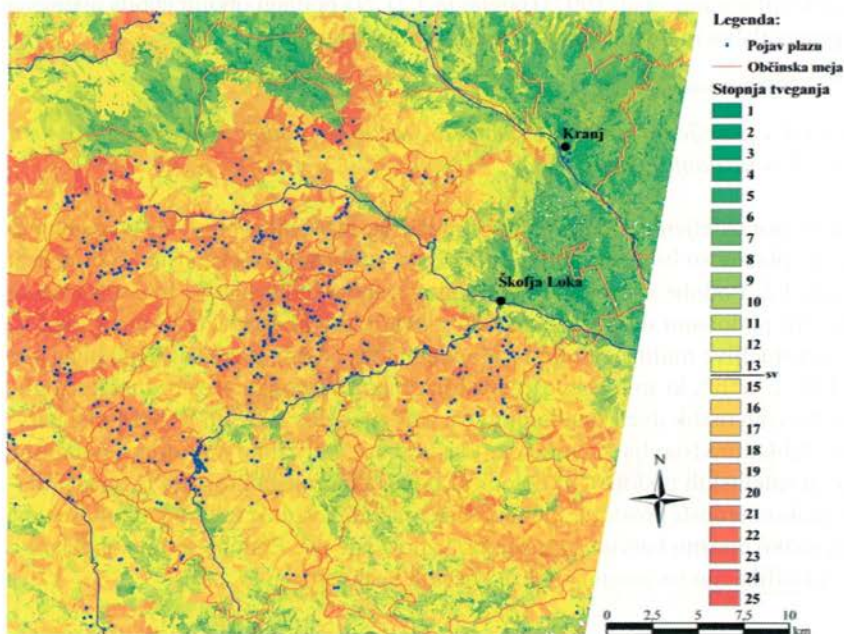


Slika 1: Položaj (a) in digitalni model višin obravnavanega območja (b).

V namen izdelave napovedi ogroženosti prebivalstva zaradi plazov na obravnavanem območju so bili uporabljeni karta napovedi plazovitih območij (Komac 2003a), Osnovna geološka karta 1 : 100.000 (po Buser et al. 1967; Buser 1968; Buser 1987; Grad & Ferjančič 1976), digitalni model višin (Geodetska uprava Republike Slovenije 2000), podatki o gostoti prebivalstva (Urad RS za prostorsko planiranje et al. 1997), register prostorskih enot (Geodetska uprava Republike Slovenije 2004), infrastruktura – ceste (Geodetska uprava Republike Slovenije 2000), železnice so bile zajete s topografske osnove (Geodetska uprava Republike Slovenije 1994) in satelitske podobe (Statistični urad Republike Slovenije 1993; Sovinformputnik 2001).

## 2.1 Karta napovedi plazovitih območij

Razdelitev interesnega območja na 25 stopenj tveganja zaradi pojavljanja plazov temelji na podatkih o nevarnosti pojavljanja plazov, dobljenih z multivariatnimi analizami prostorskih dejavnikov (Komac 2003b). Karta je prikazana na sliki 2. Stopnja tveganja za osnovno celico je bila določena na osnovi standardnega odklona (SD) vrednosti verjetnosti pojavljanja plazov (preglednica 1), stopnje pa so bile nato zaradi enostavnejšega prikaza združene v razrede tveganja. Za mejo med neplazovitimi in plazovitimi območji je bila določena srednja vrednost (SV) verjetnosti pojavljanja plazov. To seveda ne pomeni, da se na »neplazovitih« območjih plazovi ne morejo pojavljati, le verjetnost pojavljanja je tam manjša. V realnosti je tako ostro definirana meja malo verjetna in je bolj postopna.

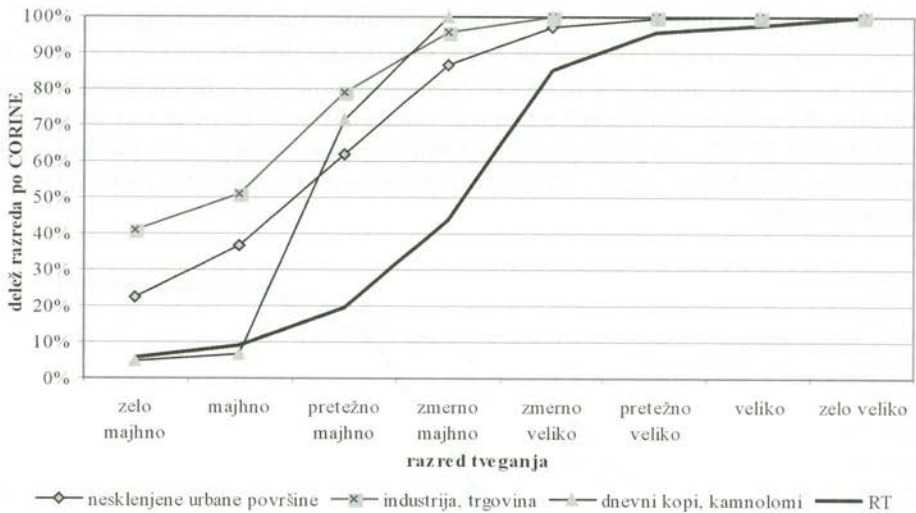


Slika 2: Karta napovedi plazovitih območij. Svetlejša so obarvana območja z majhno stopnjo tveganja nastanka plazov, temnejša pa območja z veliko stopnjo tveganja pojavljanja plazov.



Analiza prekrivanja je bila opravljena tudi na podatkih o površinskih tipih CORINE za Slovenijo (Hočevnar et al. 2001). Rezultati analize za 3 razrede od 14 prisotnih površinskih tipov so prikazani na sliki 4. Enako kot pri analizi prejšnjih satelitskih podob tudi pri analizi površinskih tipov CORINE naseljena območja v veliki večini ležijo na območjih z manjšo verjetnostjo pojavljanja plazov. Na takih območjih leži 86,5 % »nesklenjenih urbanih površin«, 96 % »industrijskih in trgovskih objektov« in vsa območja izkoriščanja naravnih surovin (»dnevni kopi in kamnolomi«). Na zelo ogroženih območjih leži le dobrega pol odstotka »nesklenjenih urbanih površin«. Manjši deleži ogroženih območij pri tej analizi so najverjetneje posledica izločitve majhnih območij površinskih tipov CORINE iz podatkovne baze.

Ta dva tipa analize ne podajata podatkov o številu ogroženih prebivalcev, temveč le o deležu zaradi plazov ogroženih površin. Rezultati, dobljeni z analizo satelitskih podob, so se izkazali za pomanjkljive oz. premalo natančne. V nadaljevanju bi bilo smiselno podatke klasificirati poleg barvnih vzorčnih lastnosti še na podlagi oblikovnih vzorčnih lastnosti, še vedno pa rezultati ne bi podajali števila ogroženega prebivalstva.

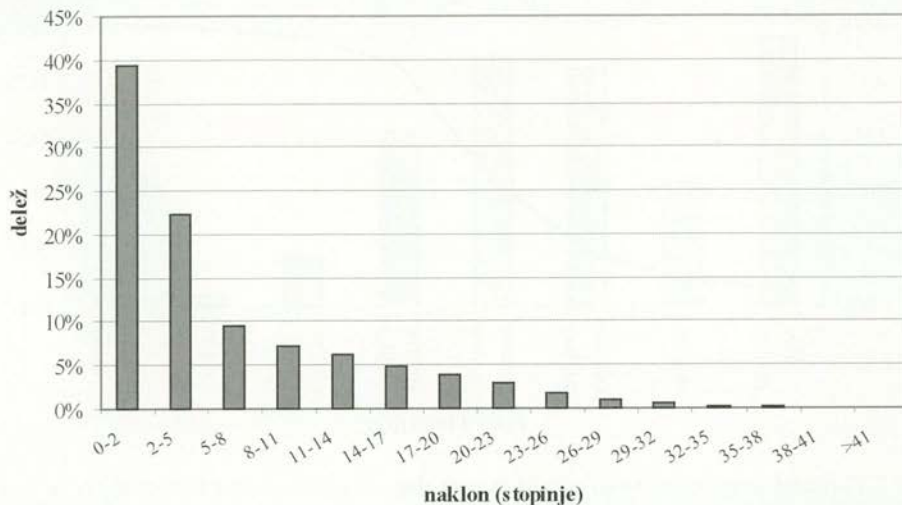


Slika 4: Porazdelitev površinskih tipov po nomenklaturi CORINE glede na razrede tveganja. Deleži so prikazani kumulativno, linija RT pa prikazuje porazdelitev razredov tveganja.

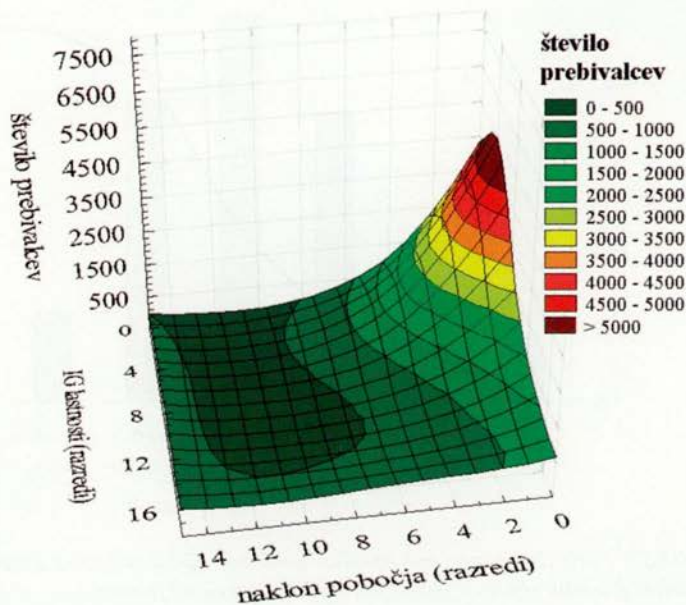
### 3.2 Ocena ogroženosti prebivalstva oz. poseljenih območij zaradi pojavljanja plazov

Kot osnovni podatki za izvedbo analize ogroženosti prebivalstva oz. poseljenih območij so bili vzeti podatki o gostoti poseljenosti na območju Slovenije. Velikost osnovne celice je  $100 \times 100$  metrov, gostota prebivalcev pa je razdeljena na razrede po deset prebivalcev. Trend poseljevanja nekega območja je v veliki meri povezan z naklonom pobočij; strmejša pobočja so težje naseljiva in obenem primernejša za pojavljanje plazov,

kar potrdi tudi primerjava poseljenosti in naklona terena (slika 5). Kljub temu pa se v primeru pojavljanja naselji na strmejših pobočjih, le-ta pojavljajo na geološko stabilnejših tleh oz. kamninah (slika 6). Kjer prebivalci obravnavanega območja poseljujejo manj stabilna območja, so nakloni pobočij zelo majhni (oznaka razreda je majhna). Podatki o inženirsko-geoloških lastnostih kamnin in o naklonu pobočij so prikazani z razredi, kjer manjša vrednost pomeni stabilnejše kamnine oz. manjši naklon pobočja. Inženirsko-geološke lastnosti kamnin so bile povzete po Ribičič (2001) in Urbanc et al. (2000). Razredi



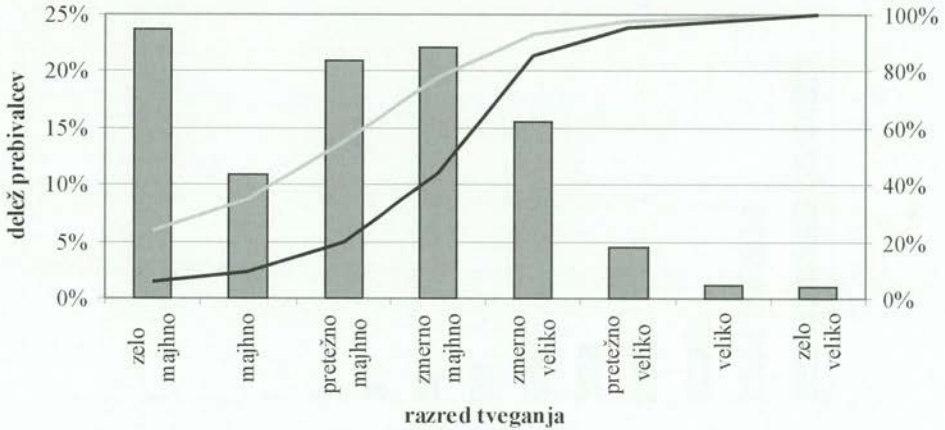
Slika 5: Porazdelitev poseljenosti na obravnavanem območju glede na naklon pobočij.



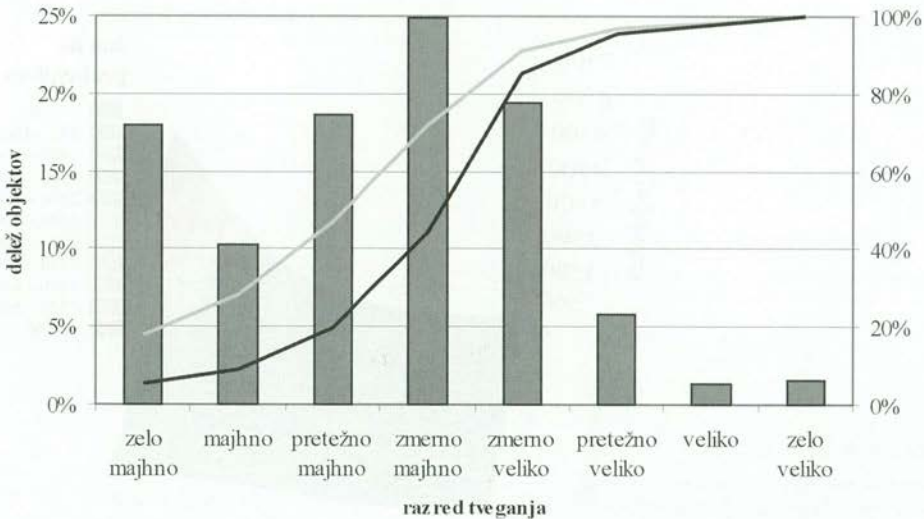
Slika 6: Porazdelitev poseljenosti na obravnavanem območju glede na razrede inženirsko-geoloških lastnosti kamnin in naklona pobočij.



naklona pobočij so identični tistim, prikazanim na sliki 5. Številčnejša poseljenost je na sliki obarvana temneje. Slika 7 prikazuje porazdelitev poseljenosti po stopnjah tveganja pojavljanja plazov. Zelo očiten je trend redkejše poseljenosti na območjih, kjer je možnost pojavov plazov večja. Skupni delež prebivalstva, ki poseljuje ogrožena območja, je dobrih 22,25 %, zelo ogrožena območja pa poseljuje 2,3 % prebivalstva obravnavanega območja. Še natančnejše podatke o ogroženosti bi dobili, če bi namesto gostote poseljenosti uporabili podatke o številu prebivalcev po posameznih enotah EHIS.



Slika 7: Porazdelitev poseljenosti na obravnavanem območju glede na razrede tveganja pojavljanja plazov. Zvezno so prikazani kumulativni deleži prebivalstva (svetlo) in razredov tveganja (temno).



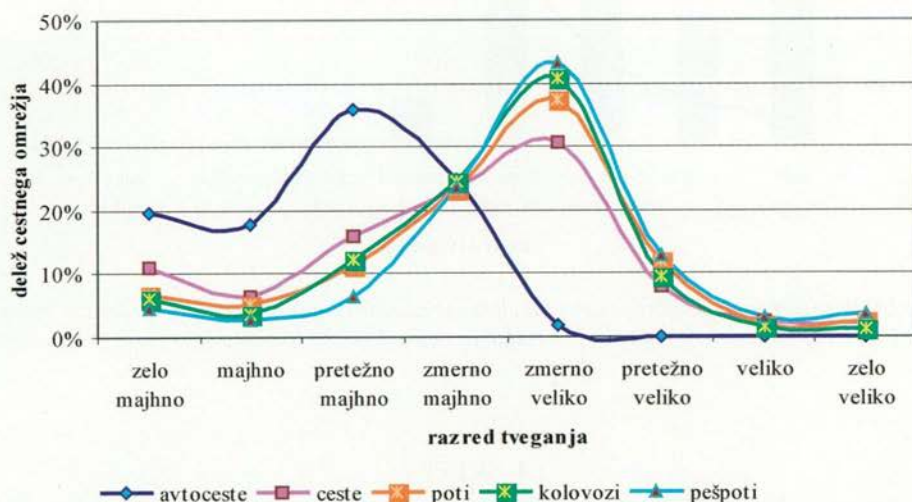
Slika 8: Porazdelitev grajenih objektov glede na razrede tveganja. Zvezno so prikazani kumulativni deleži grajenih objektov (svetlo) in razredov tveganja (temno).

### 3.3 Ogroženost grajenih objektov zaradi pojavljanja plazov

Z analizo prekrivanja podatkov o lokaciji zgradb na interesnem območju in karto tveganja pojavljanja plazov je možno oceniti število grajenih objektov, ki so ogroženi zaradi pojavov plazenj. Takih objektov je več kot 28 %. Podatki ne vsebujejo opisa tipa objekta, zato so rezultati prikazani skupno za vse grajene objekte (slika 8). Tako kot pri porazdelitvi prebivalstva je tudi pri grajenih objektih večji delež na območjih z manjšim tveganjem (72 %), na zelo ogroženih območjih pa stojijo slabi 3 % objektov. Od 421 naselij, ki ležijo na obravnavanem območju, jih na njem v celoti leži 80,5 % in delno slabih 20 %. Od slednjih jih 37,5 % leži na območjih, kjer je možnost pojavljanja plazov večja od povprečja, od prvih pa je delež takih območij kar 60,6 %. Podobnost med porazdelitvijo poseljenosti in porazdelitvijo grajenih objektov je več kot očitna.

### 3.4 Ogroženost infrastrukture zaradi pojavljanja plazov

Infrastruktura je med najbolj ogroženimi, saj je njena naloga, da povezuje območja človekovega interesa in mora zato kdaj pa kdaj potekati tudi prek manj ugodnih območij oz. območij, kjer je tveganje nastanka plazov večje. Analiza se je osredotočila le na cestno omrežje in na železnice na obravnavanem območju. Cestno omrežje je bilo razdeljeno na pet razredov; avtoceste, ceste, poti, kolovoze in pešpoti, železnice pa le na en razred. Slika 9 prikazuje porazdelitev cestnega omrežja oz. tipov cest glede na razrede tveganja.

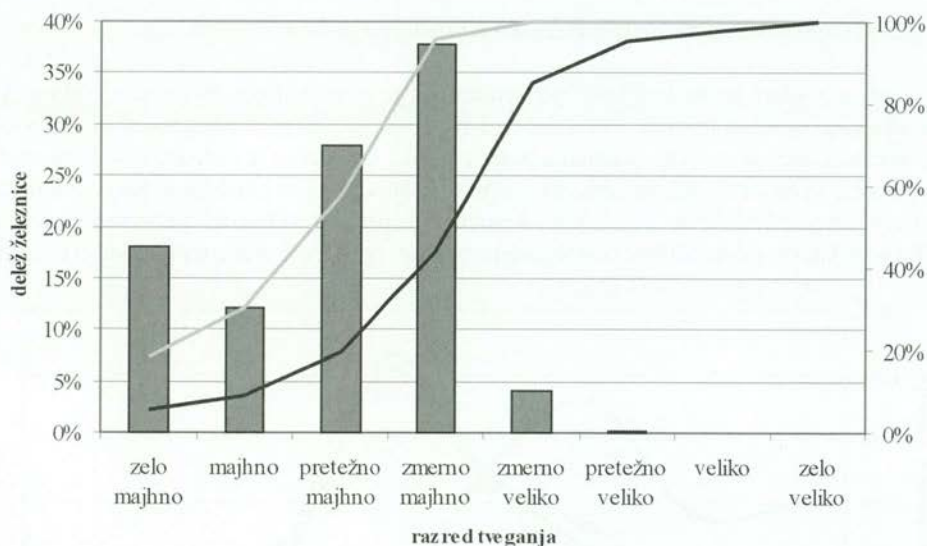


Slika 9: Porazdelitev cestnega omrežja glede na razrede tveganja.

Opaziti je trend upadanja deleža avtocest z večanjem stopnje tveganja oz. pri razredih z večjim tveganjem. Od avtocest se na ogroženih območjih pojavljata le slaba 2 %. Za druge tipe cestnega omrežja je opazen pričakovan trend naraščanja deležev manj pomembnih tipov v razredih z večjim tveganjem. Vzrok temu je najverjetneje potreba



po izgradnji cestišč za dostop do naravnih danosti (lesa) in je zato cestno omrežje bolj razvejano tudi po območjih, kjer je prebivalstvo redko. Za razliko od avtocest leži na ogroženih območjih dobrih 43 % cest. Delež najbolj ogroženih cest pa je 4,6 %. Večidel poti, slabih 54 %, se pojavlja na ogroženih območjih, okoli 4 % pa jih je tudi na najbolj ogroženih območjih. Podobno velja tudi za kolovoze, medtem ko poteka prek ogroženih območij 62,5 % in prek najbolj ogroženih skoraj 7 % pešpoti. Na sliki 10 je prikazana porazdelitev železniškega omrežja na obravnavanem območju glede na razrede tveganja. Več kot 95 % omrežja, ki po skupni dolžini znaša 29,5 km, poteka prek območij, kjer je tveganje majhno, ostali del pa poteka prek območij z zmerno velikim tveganjem zaradi pojavljanja plazov. Razmeroma velik delež železnic (37,7 %) poteka prek območij, kjer je tveganje zmerno majhno, kar je posledica lege trase železnice, ki je med Kranjem in Kropo stisnjena med Savo in njenim strmim desnim bregom.



Slika 10: Porazdelitev železniškega omrežja glede na razrede tveganja. Zvezno so prikazani kumulativni deleži železnic (svetlo) in razredov tveganja (temno).

#### 4 SKLEP

Iz rezultatov predstavljenih analiz je možno sklepati, da se na interesnem območju močno prepletata interes prebivalcev in za življenje neugodne naravne razmere (vsaj glede pojavljanja plazov). Karte ogroženosti zaradi različnih naravnih pojavov, npr. potresov, poplav, zemeljskih in snežnih plazov, gozdnih požarov itd., so zelo pomemben pripomoček pri smotnem in sonaravnem prostorskem planiranju. Z nenehnim krčenjem kvalitetnega življenjskega prostora bo naraščala tudi potreba po upoštevanju naravnih razmer, ki je bila do danes bolj ali manj, ponekod pa popolnoma zanemarjena.

VIRI IN LITERATURA:

- Buser, S., Grad, K., Pleničar, M. 1967: Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Buser, S. 1968: Osnovna geološka karta SFRJ, lista Gorica, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Buser, S. 1987: Osnovna geološka karta SFRJ, list Tolmin in Videm, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Geodetska uprava Republike Slovenije 1994: Skenogrami TK 50 – topografske karte merila 1 : 50.000. Datum vira: 1978 – 1987. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Geodetska uprava Republike Slovenije 2000: InSAR DMV 25 (Digitalni model višin). Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Geodetska uprava Republike Slovenije 2000: Generalizirana kartografska baza v M 1 : 25000 – ceste. Datum vira: 1994 – 2000. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Geodetska uprava Republike Slovenije 2004: Register prostorskih enot (zadnja sprememba februar 2004). Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Grad, K., Ferjančič, L. 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, list Kranj, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Hočevnar, M., Kobler, A., Vrščaj, B., Poljak, M. & Kušar, B. 2001: Corine karta rabe tal in pokrovnosti Slovenije = Corine land cover phare project Slovenia: Podprojekt: Fotointerpretacija in rezultati: zaključno poročilo. Gozdarski inštitut Slovenije. Ljubljana.
- Komac, M. 2003a: Napoved tveganja pred plazovi z analizo satelitskih in drugih prostorskih podatkov: doktorska disertacija. NTF – Montanistika, oddelek za geologijo. Ljubljana.
- Komac, M. 2003b: Geohazard map of the Central Slovenia – the mathematical approach to landslide prediction. Geologija, knj. 46, 2, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Ribičič, M. 2001: Proučevanje plazov na terenu za opredelitev optimalnih korakov sanacije. Strokovna delavnica, Gradbeni inštitut ZRMK. Ljubljana.
- Sovinformsputnik 2001: MK-4 images over Slovenia (10.9.1991). Skenirani satelitski posnetki MK-4, Sovinformsputnik. Moskva.
- Statistični urad Republike Slovenije 1993: Georeferencirani mozaik Slovenije iz satelitskih podatkov LandsatTM93. Skenirano pomladi '93. Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana.
- Urad RS za prostorsko planiranje, Statistični urad Republike Slovenije & Geodetska uprava RS 1997: Gostota prebivalcev na hektar po razredih. Podatkovna zbirka, 1.-28 MB. Ljubljana.
- Urbanc, J., Komac, M., Lapanje, A., Marinko, M., Rikanović, R., Poljak, M. & Ribičič, M. 2000: Obdelava digitalnih geoloških prostorskih podatkov za potrebe Agencije RAO – hidrogeološka, tektonska in inženirsko-geološka karta. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.





# GEOINFORMACIJSKA PODPORA OPREDELJEVANJU STRNJENE IN RAZPRŠENE POSELITVE

Marko Krevs\*

UDK: 911.37:659.2:004(497.4)

## **Izvleček**

### **Geoinformacijska podpora opredeljevanju strnjene in razpršene poselitve**

Poseljena območja, znotraj teh pa strnjeno in razpršeno poseljena območja, sodijo med temeljne in pogosto uporabljane pojme v prostorskih vedah in v prostorskem planiranju na državni, regionalni in lokalni ravni. Vendar so tako v strokovni literaturi kot v zakonodaji opredeljeni dovolj ohlapno, da se konkretno uporabljene opredelitve med seboj bolj ali manj izrazito razlikujejo. Geoinformacijska orodja, vse številnejši viri prostorskih podatkov in seveda tudi vse raznovrstnejše potrebe po kvantitativno opredeljenih območjih strnjene in razpršene poselitve omogočajo nastajanje vse večjega števila tovrstnih opredelitev. Predstavljen je pregled nekaterih možnosti in dejanskih poskusov geoinformacijsko podprtih opredelitev poseljenih območij, strnjene in razpršene poselitve v Sloveniji.

## **Ključne besede**

strnjena poselitve, razpršena poselitve, geoinformatika, geografski informacijski sistem, Slovenija

## **Abstract**

### **Geoinformatic support to defining dense and dispersed settlement**

Built-up areas, dense and dispersed settlement, are among fundamental and frequently used conceptions in spatial sciences and in spatial planning, at national, regional and local spatial level. Because they are usually defined in very general manner in scientific literature as well as in legislation, the empirical definitions are quite diverse. Geoinformatic tools, numerous sources of applicable spatial data, and diverse demand for quantitatively defined built-up areas, dense or dispersed settlement, support the appearing of new empirical definitions of these conceptions. Overview of selected possibilities for and actual attempts of their empirical definitions in Slovenia are presented and discussed.

## **Keywords**

dense settlement, dispersed settlement, geoinformatics, geographical information system, Slovenia

## 1 UVOD

Poseljena območja, strnjena in razpršena poselitve sodijo med tiste pojme, ki se v prostorskih vedah pogosto uporabljajo in se zdijo vsem »domači«. Ker niti v strokovni literaturi niti v zakonodaji niso točno opredeljeni, se njihovi uporabniki pogosto znajdemo v za-

---

\* dr., Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 2, 1000 Ljubljana, marko.krevs@ff.uni-lj.si



dregi, kako jih opredeliti. Posebno zadrego v zadnjem času povzroča sklicevanje podzakonskih aktov na pojem naselja, katerega predstavljajo območja strnjene pozidave – kaj je strnjena pozidava, kje se konča (in se začne razpršena pozidava) ter kako obravnavati nepozidana območja znotraj naselij, pa ni točno opredeljeno. Na tovrstne opredelitve naj bi se navezovale zelo konkretne odločitve, npr. o načrtovanju širjenja poselitvenih območij ter izdaji dovoljenj za gradnjo. Zato ohlapnost opredelitev obravnavanih pojmov nedvomno vodi od zadreg na »akademski« ravni k zadregam pri konkretnem izvajanju prostorskega načrtovanja in upravljanja.

Zdi se, da geoinformacijska orodja in dostopnost številnih virov digitalnih prostorskih podatkov še dodatno širijo množico empiričnih opredelitev obravnavanih pojmov. To je mogoče pričakovati tudi v bodoče, saj je iskanje različnih opredelitev, izdelanih za različne namene (v različnih prostorskih merilih, na podlagi različnih vsebinskih meril) pogosto smiselno. Vendarle pa obenem obstaja tudi težnja k iskanju širše sprejemljivih meril in opredelitev navedenih pojmov, ki jo zasledimo tudi v nekaterih aktualnih raziskavah (Černe et al. 2003–2004, Krevs 2004a, Krevs 2004b, Pichler Milanovič 2003–2004).

V prispevku primerjamo nekatere možnosti in dejanske poskuse geoinformacijsko podprtih opredelitev poseljenih območij, strnjene in razpršene poselitve v Sloveniji. Večina spoznanj je povzeta po raziskavi »Dinamika spreminjanja kategorij poselitvene rabe tal v Sloveniji v obdobju 1991–2002« (Krevs 2004a).

## 2 POSELJENA OBMOČJA, STRNJENA IN RAZPRŠENA POSELITEV

Z razmejevanjem »poseljenega« od »neposeljenega« ter ločevanjem strnjene in razpršene poselitve se je doslej morda najpogosteje ukvarjala kartografija. Viri podatkov in postopki, ki jih obravnavamo v nadaljevanju, zadevajo tudi kartografsko stroko in so bili večinoma že uporabljeni tudi za kartografske prikaze. Vendarle pa opredeljevanje obravnavanih pojmov bistveno presega zgolj kartografsko problematiko in stroko.

Empirične opredelitve vseh treh pojmov niso same po sebi umevne, temveč morajo temeljiti na dogovoru med uporabniki, ali morajo biti določene (npr. v zakonodaji s strani države). Nalogo strokovnjakov (geografov, geodetov, urbanistov, kartografov, pravnikov in drugih) lahko opredelimo predvsem kot pripravo strokovnih podlag za tovrsten dogovor ali določbo, izdelavo primerov opredelitev in njihov prikaz, analizo, kritično presojo z različnih vidikov.

Geoinformacijska znanja in orodja omogočajo ali vsaj bistveno olajšajo izvedbo navedenih strokovnih nalog. Med prednostmi geoinformacijsko podprtega pristopa izpostavljamo transparentnost, preverljivost, ponovljivost postopkov ter bistveno olajšano povezovanje opredeljevanja obravnavanih pojmov, njihovega kartografskega prikazovanja, analiz, primerjav in ovrednotenj.

V nadaljevanju besedila bomo omenili nekatere glavne težave opredeljevanja obravnavanih pojmov v Sloveniji ter opozorili na nekatere izrazite razlike med izbranimi opredelitvami. Slednje lahko glede na temeljno merilo opredeljevanja ločimo na:

- opredelitve na podlagi stavb oz. naselij,
- opredelitve na podlagi oddaljenosti (razmika) med stavbami,
- opredelitve na podlagi gostote pozidave (v ožji ali širši okolici),

- opredelitve na podlagi rabe tal in
- kombinirane opredelitve.

### 2.1 *Naselja ali stavbe?*

Razumevanje obravnavanih pojmov se lahko s prostorskim merilom spreminja. V razpravah o problematiki razpršenosti poselitve v Sloveniji pogosto razberemo, da se razpršenost nanaša na razporeditev številnih »majhnih naselij« glede na večja središča. Mnoga med temi »majhnimi naselji« so strnjeno grajena naselja, njihova razpršena prostorska razmestitev pa se npr. navezuje na dnevno migriranje do zaposlitvenih in oskrbnih središč, problematiko lokalnih storitvenih, zdravstvenih, izobraževalnih ustanov, poseljenost podeželja.

V prostorskih vedah, zlasti v prostorskem načrtovanju, je bolj razširjeno ožje pojmovanje poselitve, ki temelji na prostorski razmestitvi stavb ter običajno tudi zemljišč, ki jih k tem stavbam »pripisemo« na podlagi njihove funkcije ali prostorskega položaja. Negativne vidike tako opredeljene razpršenosti poselitve največkrat predstavljajo npr. višji stroški za infrastrukturno opremljenost (in delovanje infrastrukturnih sistemov), nesmotrna ali celo nedovoljena raba tal, negativni učinki na izgled pokrajine.

Najožje opredelitve poseljenih območij temeljijo izključno na podatkih o hišnih številkah ali stavbah. Po uvedbi evidence hišnih števil (EHŠ) so bile v Sloveniji med obravnavanimi opredelitvami morda najpogosteje uporabljana rastriranja centroidov hišnih števil, ki jih še danes zasledimo v številnih raziskavah, tudi za prostorsko-planerske potrebe. V rabi so različice, ki se razlikujejo glede na prostorsko ločljivost (npr. po 10-, 50-, 100-metrskih rastrskih celicah) in prikaz prisotnosti poseljenosti (npr. s prisotnostjo vsaj ene hišne številke, številom hišnih števil, številom prebivalcev na območju posamezne celice). Glavna težava tega načina prikazovanja poselitve je pretvorba med centroidi, ki nimajo površine, v celice, ki ne ustrezajo dejanski obliki in površini stavb, na katere se centroidi nanašajo. Velik del stavb v Sloveniji ima sicer manjšo površino tlorisa od 10-metrskih rastrskih celic, številne hišne številke pa se nanašajo na velike stavbe ali več stavb (npr. kmečki domovi, industrijsko-obrtne cone), ki lahko znatno presegajo velikost 100-metrskih rastrskih celic. Na splošno velja, da »večje« celice (npr. 50-metrške in večje), zlasti v pretežno stanovanjskih območjih s prevlado enodružinske ali vrstne gradnje, poleg pozidanih površin zajamejo tudi veliko površin, ki jih lahko (zelo približno in zato kritično) razumemo kot »funkcionalna zemljišča« (ali del funkcionalnih zemljišč).

Kataster stavb (z vektorsko strukturo podatkov) odpravlja nekatere težave rastriranja centroidov hišnih števil, zlasti glede točnosti prikaza prostorske oblike in velikosti stavb ter glede upoštevanja vseh stavb, ki jih je bilo mogoče razbrati z ortofota, torej tudi številnih, ki nimajo hišne številke. Prav del slednjih stavb pa lahko povzroči tudi vsebinske probleme pri opredeljevanju poselitve, saj so v katastru npr. tudi vrtičkarska naselja.

Preglednica 1 kaže velike razlike v obsegu poseljenih površin, ki jih določimo na podlagi različnih opredelitev. Rastrirani centroidi hišnih števil (po stometrskih rastrskih celicah) pokrijejo skoraj enajstkrat tolikšno površino, kot jih dejansko zasedajo stavbe, medtem ko rastrirani po desetmetrskih celicah pokrijejo le dobro četrtino dejanskih površin pod stavbami.



Ocenjujemo, da bi se z rastriranjem centroidov hišnih števil po približno 20- do 25-metrskih rastrskih celicah ocena skupne poseljene površine približala dejanski površini, ki jo zasedajo stavbe. Vendarle bi rezultat takšnega rastriranja še vedno vseboval zgoraj navedene napake (neustrezno predstavitev velikosti in oblike stavb, neupoštevane stavb brez hišnih števil).

Za številne analize in prikaze so zaželeni poenostavljeni rastrski podatki poseljenih območij. Ker je kataster stavb velika in kompleksna zbirka vektorskih podatkov, je torej za marsikatero uporabo primernejše njegovo rastriranje. Izračuni kažejo (preglednica 1), da se skupna površina po 10-metrskih celicah rastriranih stavb zanemarljivo (za okoli 0,1 %) razlikuje od dejanske površine stavb.

*Preglednica 1: Površina (v hektarih) različno opredeljenih poseljenih površin v Sloveniji.*

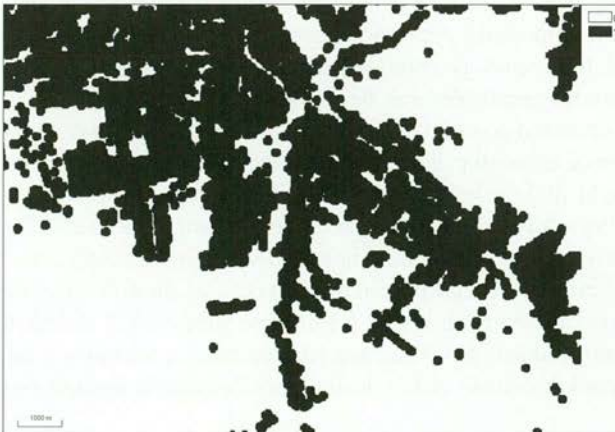
	Površina stavb	Površina stavb, 10 m celice	Rastriranje EHIŠ, 10 m celice	Rastriranje EHIŠ, 50 m celice	Rastriranje EHIŠ, 100 m celice
Slovenija	16816 ha	16799 ha	4824 ha	75908 ha	183777 ha

Viri: SURS (Statistični ... 2001), GURS (EHIŠ 2002, Kataster stavb 2002), Krevs (2004a).

## 2.2 Oddaljenost med stavbami

Strnjenost in razpršenost poselitve (v ožjem smislu) se logično navezujeta na pojma medsebojne oddaljenosti med stavbami in na lokalno gostoto pozidanosti.

Oddaljenost med stavbami (podanimi s centriidi hišnih števil ali s podatki iz katastra stavb) se je v slovenski prostorsko planerski literaturi večkrat uporabljala za določitev meje strnjene naselja. Podrobnejša proučitev takšne opredelitve pokaže, da opredelitev, ki se zdi sprejemljiva za območje enodružinskih hiš na robu naselja, ni vedno uporabna za druge vrste stanovanjske ali nestanovanjske pozidave. Drugo pomanjkljivost metode predstavlja neobčutljivost na razlike v gostoti poselitve na območjih, kjer so stavbe razmaknjene za manj, kot določa prag za ločitev strnjenosti in razpršenosti. Na sliki 1 se



krogi s polmerom 50 metrov »zlijejo« v večja območja »strnjene poselitve«, ki se med seboj morfološko (fizionomsko) zelo razlikujejo.

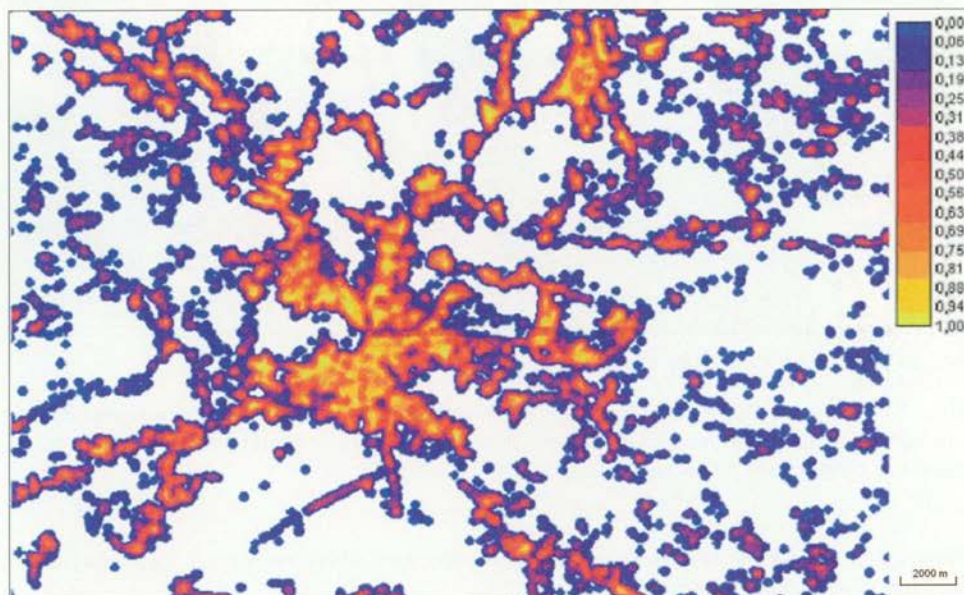
Viri: GURS (EHIŠ 2002), Štepec in drugi (2003), Krevs (2004a).

*Slika 1: Primer opredeljevanja strnjenosti poselitve na podlagi 100-metrške oddaljenosti med centriidi hišnih števil.*

### 2.3 Gostota pozidave

Opredeljevanje strnjnosti oz. razpršenosti poselitve na podlagi gostote pozidave se vsebinsko nekoliko bolj približa načinu dojetanja obeh pojmov, zlasti če uporabimo podatke o tlorisih stavb iz katastra stavb. Za dojetanje primerljive »stopnje strnjnosti« poselitve so namreč lahko velike stavbe bolj razmaknjene kot majhne. Ker opredeljevanje stopnje strnjnosti pozidave temelji na deležu pozidane površine v določeni okolici posamezne lokacije, je večjih stavb potrebnih manj kot majhnih, da ugotovimo neko stopnjo strnjnosti poselitve.

Za raziskovalne potrebe je zanimiva možnost preizkušanja »mehkih« (*fuzzy*) predstavitev stopnje strnjnosti oz. razpršenosti poselitve (slika 2). Za praktično uporabo se je običajno potrebno odločiti za eno izmed možnih različic opredelitev. Na sliki 3 lahko primerjamo razporeditev (tlorisov) stavb ter območij »strnjene« in »nestrnjene« poselitve. Meja med slednjima je 5 odstotkov pozidanih površin na območju kroga s polmerom 100 metrov s središčem na posamezni lokaciji. Kot »strnjena« smo torej opredelili območja z višjo gostoto pozidave od tega praga, kot »nestrnjena« pa območja, ki so manj kot 100 metrov oddaljena od najbližje stavbe in na katerih okolici je gostota zazidave pod tem pragom. Vsa ostala območja so opredeljena kot »neposeljena«. Opazimo lahko, da so »nestrnjeno poseljena« območja lahko »znotraj« naselja. Zato smo se izognili uporabi pojma razpršena poselitev, ki ga običajno povezujemo s poselitvijo na robovih ali izven večjih strnjnih naselij.



Vira: SURS (EHIŠ 2002), Krevs (2004a).

Slika 2: Primer »mehke« (*fuzzy*) opredelitve strnjnosti poselitve (med 0= ni strnjena in 1= strnjena) na podlagi izračunanih gostot rastriranih centroidov hišnih števil v bližnji okolici posamezne lokacije.



V preglednici 2 vidimo, da je po uporabljeni opredelitvi »strnjnosti« oz. »nestrnjnosti« poselitve okoli petkrat toliko »strnjeno poseljenih« območij, kot je površina tlorisov stavb v Sloveniji, celotna »poseljena« območja pa so kar 27-krat tolikšna, kot je skupna površina stavb. Izrazita pomanjkljivost metode, da med poseljena območja zgolj zaradi bližine uvršča sicer nepozidano okolico stavb, se torej pokaže predvsem na redkeje poseljenih območjih. Načeloma je mogoče bližnje nepozidane površine oceniti kot »približek« funkcionalnih zemljišč. Vendarle je ta ocena preveč približna, da bi bila uporabna npr. za podrobnejše prostorsko načrtovanje.



Vira: GURS (Kataster stavb 2002), Krevs (2004a).

*Slika 3: Primer opredelitve strnjnosti naselja na podlagi pet ali večodstotnega deleža površin pod stavbami v polmeru 100 metrov. Nestrnjena poselitvev zajema vsa ostala poseljena območja, na katerih ta prag gostote pozidanosti ni dosežen.*

*Preglednica 2: Površine strnjene in nestrjnene poselitve, opredeljene na podlagi 5% praga gostote pozidanosti s stavbami v polmeru 100 metrov.*

	Površina stavb	Strnjeno (A)	Nestrnjeno (B)	Poseljeno (A + B)
Slovenija	16816 ha	83134 ha	372055 ha	455189 ha

Viri: GURS (Kataster stavb 2002), Krevs (2004a).

## 2.4 Kataster dejanske rabe tal

Idealen vir podatkov za ocenjevanje ali določanje »funkcionalnih zemljišč«, ki skupaj s stavbami tvorijo naselje, bi bil kataster dejanske rabe tal. Žal ne obstaja in tudi obstoječi zemljiški kataster (DKN), ki bi lahko služil kot njegov »približek«, še ne dosega želene kakovosti. Za grobo ocenjevanje obsega stavbam pripadajočih »funkcionalnih zemljišč« lahko kot pomožna vira o rabi tal uporabimo Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji ter Zajem rabe kmetijskih zemljišč. Po zemljiškem katastru je v Sloveniji »pozidanih« površin, ki poleg različnih vrst stavb npr. vključujejo tudi dvorišča, trge, odprta skladišča, 2,08-krat toliko, po »Statističnem GIS-u« pa je 3,3-krat toliko, kot je površina tlorisov stavb iz katastra stavb (preglednica 3).

*Preglednica 3: Površina stavb v primerjavi s pozidanimi površinami v Digitalnem katastrskem načrtu ter v Statističnem GIS-u pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji.*

	Površina stavb	Pozidano, Kataster (DKN) 2003	Pozidano, StatGIS 2001
Slovenija	16816 ha	35009 ha	55727 ha

Viri: SURS (Statistični ... 2001), GURS (EHIŠ 2002, Kataster stavb 2002), Krevs (2004a).

## 3 SKLEP

Nobena izmed predstavljenih metod nas ne pripelje do empirične opredelitve strnjene oz. razpršene poseljenih območij, ki bi bila splošno sprejemljiva in uporabna npr. tudi za konkretne načrtovalske potrebe ali kot referenca za določene dele zakonodaje. Zato je intenziviranje uporabe geoinformacijskih orodij na tem področju izrednega pomena za nadaljnje preizkušanje in izboljševanje opredelitev obravnavanih pojmov. Med smerni nadaljnega raziskovanja na tem področju se z geoinformacijskega vidika npr. zdijo obetavne naslednje:

- iskanje opredelitev, ki ustrezajo različni morfološki zgradbi naselij;
- geoinformacijska analiza subjektivnega opredeljevanja strnjene in razpršene poselitve;
- opredeljevanje oz. vrednotenje strnjene in razpršene poselitve z vidika stroškov, zlasti za infrastrukturo;
- proučitev možnosti uporabe vegetacijskih indeksov (npr. NDVI) za opredeljevanje stopnje pozidanosti, oz. kot pomožnega vira pri določanju pozidanih površin;
- preizkušanje objektnih metod za klasifikacijo visoko ločljivih večspektralnih posnetkov;
- izpopolnjevanje metod za iskanje napak v zemljiškem katastru za pozidana oz. poseljena območja.



## VIRI IN LITERATURA:

- Černe, A. (nosilec), Pak, M., Gabrijelčič, P., Krevs, M. (sodelavci) 2003–2004: Metodologija enotnih kazalcev za določanje poselitvenih območij. Raziskovalni projekt. Prvo in drugo fazno poročilo. Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani (izvajalec). Ministrstvo za okolje, prostor in energijo (naročnik).
- DKN, Digitalni katastrski načrt (SHP zapis), stanje pomlad 2003. Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana.
- DOF 5, ortofoto posnetki za celotno Slovenijo za obdobje 1997–2002, digitalni podatki (TIFF zapis), Geodetska uprava Republike Slovenije.
- EHIŠ, digitalni podatki o položaju centroidov hišnih števil 31. 3. 2002. Geodetska uprava RS.
- Kataster stavb, digitalni podatki (SHP zapis), zajem 2000–2002. Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana.
- Krevs, M. (nosilec) 2004a: Dinamika spreminjanja kategorij poselitvene rabe zemljišč v Sloveniji v obdobju 1991–2002. Zaključno poročilo raziskovalnega projekta. Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani (izvajalec), Ministrstvo za okolje, prostor in energijo (naročnik).
- Krevs, M. 2004b: Regionalna primerjava spreminjanja poselitvene rabe zemljišč med statističnimi regijami v Sloveniji v obdobju 1991–2002: po vzorčnih mestnih in suburbanih območjih. Prvo fazno poročilo. Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani (izvajalec), Ministrstvo za okolje, prostor in energijo (naročnik), Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport (sofinancer).
- Pichler Milanovič, N. (nosilka) 2003–2004: (Ne)načrtno širjenje mestnega območja: izziv za trajnostni razvoj, urejanje in načrtovanje prostora. Prvo, drugo in tretje fazno poročilo - CRP. Urbanistični inštitut RS (izvajalec), MOPE (naročnik), MŠZŠ (sofinancer).
- Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji, 2001. Digitalni podatki v rastrski obliki. Statistični urad RS, Ljubljana.
- Štepec, M., Peternel, M., Benčina, T., Lubi, G., Čok, D., Urankar, K. 2003: Kvantitativna opredelitev pojmov strnjenost naselij in razpršena poselitev. Študentska raziskovalna naloga. Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Zajem rabe kmetijskih zemljišč, 2002. Digitalni vektorski podatki. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Ljubljana.

# UPORABA GIS-A ZA POTRESNO MIKRORAJONIZACIJO MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Polona Zupančič\*, Barbara Šket Motnikar\*, Andrej Gosar\*,  
Tatjana Prosen\*

UDK: 550.34(497.4 Ljubljana), UDK: 91:659.2:004

## **Izyleček**

### **Uporaba GIS-a za potresno mikrorajonizacijo Mestne občine Ljubljana**

Po naročilu Mestne občine Ljubljana (MOL) smo izdelali karto potresne mikrorajonizacije MOL za uporabo v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. S potresno mikrorajonizacijo vključimo vpliv lokalne geološke zgradbe v oceno potresne nevarnosti. Predhodna karta potresne mikrorajonizacije prikazuje prirastek seizmične intenzitete, na tej karti pa je v skladu s standardom za potresno varno gradnjo Eurocode 8 (EC8) podan pospešek tal. Ocenili smo ga z uporabo naslednjih podatkovnih slojev: karta potresne nevarnosti Slovenije, osnovna geološka karta, hitrost širjenja potresnega valovanja ter globina do podlage pod rečnimi in barjanskimi sedimenti. Tla smo klasificirali po EC8, za območje Ljubljanskega barja pa smo faktor tal določili z modeliranjem.

## **Ključne besede**

potresna mikrorajonizacija, Eurocode 8, Mestna občina Ljubljana, vpliv lokalnih tal, geografski informacijski sistem

## **Abstract**

### **Seismic microzonation of the Municipality of Ljubljana by GIS**

The municipality of Ljubljana seismic microzonation map was made for the city's Disaster Management Department, to be used in the system of protection from natural and other disasters. Seismic microzonation considers local geologic structures in seismic hazard estimate. Previous microzonation was represented by seismic intensity, while the current one gives ground acceleration to be in accordance with Eurocode 8 (EC8) standard for design of structures for earthquake resistance. The following data layers have been considered: seismic hazard map of Slovenia, basic geologic map, shear wave velocity, and depth to the rock basement below lacustrine and fluvial sediments. The soil classification was prepared in accordance with EC8, while for the Ljubljansko barje area, the soil coefficient was determined by modeling.

## **Key words**

seismic microzonation, Eurocode 8, Municipality of Ljubljana, site effects, geographical in-

## **1 UVOD**

Poznavanje potresne zgodovine, geologije in tektonike ozemlja je podlaga za ocenjevanje potresne nevarnosti na manjših območjih kot tudi v državi. Karte potresne nevarnosti so sestavni del predpisov o potresno odporni gradnji in so poleg podatkov o ogrožencih

\* Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska cesta 47/VII, 1000 Ljubljana, polona.zupancic@gov.si, barbara.skot@gov.si, andrej.gosar@gov.si, tatjana.prosen@gov.si



(prebivalci, gradbeni objekti, kulturni spomeniki, proizvodnja ipd.) in njihovi potresni ranljivosti tudi osnovni podatek za ocene potresne ogroženosti, na katerih temeljijo ukrepi civilne zaščite. Civilna zaščita in potresno odporna gradnja pa sta glavni sestavini potresne preventive oz. zaščite.

Vpliv lokalne geološke zgradbe na nihanje tal in posledično na poškodbe zgradb ob potresu je že dolgo znan, vendar se je v preteklosti obravnaval predvsem kvalitativno ali s pomočjo empiričnih enačb. Razvoj inženirske seizmologije in prenosnih digitalnih seizmografov pa je omogočil razvoj modernih kvantitativnih metod za oceno tega vpliva. Potresna (mikro)rajonizacija oz. (mikro)zoniranje je izraz za postopke, ki razdelijo območje na manjše dele z enakimi ali vsaj podobnimi lastnostmi in parametri.

Na območju Ljubljane so seizmogeološke razmere zelo različne. Poleg podatkov o litološki zgradbi območja in geomehanskih lastnostih kamnin, ki smo jih dobili iz literarnih virov, smo pri izdelavi karte potresne mikrorajonizacije MOL (Zupančič in sod. 2003) upoštevali naslednja dokumenta:

- Eurocode 8 (EC8 2003): Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules for seismic actions and rules for buildings (Draft No. 6 – Version for translation 2003).
- Karta Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal in Tolmač (Lapajne in sod. 2001): v skladu z zahtevami EC8 je izdelana za povratno dobo 475 let in za trdna tla. Uporablja se skupaj s slovenskim predstandardom Eurocode 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij, ki ga je izdal Slovenski inštitut za standardizacijo (2001). Slovenski predstandard EC8, karta in Tolmač skupaj dopolnjujejo predpise o potresno odporni gradnji v Sloveniji. Geodetska osnova karte je pregledna karta Slovenije v merilu 1 : 500.000.

Slovenija leži na stičišču med Afriško in Evropsko (Evrazijsko) ploščo. Premikanje plošč ustvarja napetostno polje, ki se sprošča vzdolž prelomov, in tako povzroča potrese. Prelomi imajo v Sloveniji več značilnih smeri. Potresno dejavni so prelomi dinarske (severozahod-jugovzhod) in prečnodinarske smeri (severovzhod-jugozahod), pa tudi narivi, ki potekajo približno v smeri vzhod zahod (Poljak in sod. 2000).

Prelomi na širšem območju Ljubljane imajo v glavnem smer SZ JV ter SV JZ. Najizrazitejši regionalni prelom je Žužemberški prelom (Poljak 2000).

Najmočnejši znan potres v okolici Ljubljane je bil veliki ljubljanski potres 14. aprila 1895. Njegovo žarišče je bilo v globini 16 km, magnituda pa je ocenjena na 6,1. Največje učinke, med VIII. in IX. stopnjo po EMS-92, je dosegel na območju mesta Ljubljane in Ljubljanskega barja ter do Vodíc na severu. Potresni sunek so čutili do približno 350 km daleč. Najhujše poškodbe so nastale med Igom in Vodícami, manjše poškodbe pa tudi v oddaljenosti do 50 kilometrov. Potres je v mestu poškodoval približno 10 % zgradb, ki so jih kasneje večinoma porušili.

## 2 METODOLOGIJA

Učinki potresa na izbrani lokaciji so odvisni od naslednjih dejavnikov:

- žariščnih lastnosti potresa (magnituda, globina, oddaljenost, smer preloma in smer premika ob prelomu),

- regionalne geološke zgradbe (hitrost širjenja valovanja, dušenje), ki vpliva na potresnega valovanja med žariščem in bližino lokacije,
- lokalne geološke zgradbe (mehanske lastnosti, debelina in oblika sedimentacijskega bazena ter relief površja).

V tuji literaturi je vpliv teh dejanikov znan pod imenom *site effects*, slovensko pa ga imenujmo »vpliv lokalnih tal«. Kvantitativno ga upoštevamo s faktorjem tal  $S$  (*soil coefficient*), s katerim pomnožimo vrednosti, ki veljajo za referenčno trdno kamnino (včasih namesto faktorja tal uporabljajo tudi prirastek intenzitete). Vpliv lokalne geološke zgradbe lahko ocenimo z različnimi metodami (npr. z modeliranjem, z meritvami seizmičnega šuma ali s primerjavo zapisov potresov na različnih tleh). Zaradi pomanjkanja podatkov smo se odločili, da bomo uporabili razdelitev in faktorje tal, ki so podani v EC8 (2003), kjer je vpliv lokalnih tal na učinke potresa za nekatere značilne vrste tal predpisan s faktorjem tal. EC8 določa sedem vrst tal: A, B, C, D, E,  $S_1$  in  $S_2$ , ki so opisane s stratigrafskim profilom in tremi parametri: hitrost strižnega valovanja, rezultat standardnega penetracijskega preizkusa in strižna trdnost tal. Za vrste tal A, B, C, D in E je vpliv lokalnih tal na potresne učinke predpisan s faktorjem tal  $S$  glede na tla vrste A. Za posebni vrsti tal  $S_1$  in  $S_2$  faktor tal ni podan in ga je potrebno določiti z raziskavami. Vrsta tal na lokaciji je praviloma določena glede na hitrost strižnega valovanja, če to ni mogoče, pa uporabimo vrednost standardnega penetracijskega preizkusa.

Geološko in litološko zgradbo Mestne občine Ljubljana smo povzeli po Osnovni geološki karti 1 : 100.000 (OGK 100), listi Kranj, Ljubljana, Postojna in Ribnica (Plečničar 1963; Buser 1965; Buser in sod. 1967; Grad in Ferjančič 1968; Buser 1969; Grad in Ferjančič 1974; Premru 1980 in 1982). Območje občine je geološko precej razgibano: Ljubljansko polje je zapolnjeno s kvartarnimi sedimenti (konglomerat, prod, pesek), Ljubljansko barje v globini s prodom in peskom, na površini pa z jezerskimi sedimenti, obrobno hribovje pa v veliki meri sestavljajo permokarbonski skrilavi glinovci, peščenjaki in konglomerati ter mezozojske karbonatne kamnine. Uporabili smo digitalne geološke karte, ki jih je pripravil Geološki zavod Slovenije.

Pri klasifikaciji tal smo si pomagali z nekaterimi obstoječimi geološkimi, geofizikalnimi in seizmološkimi podatki, ki so bili večinoma pridobljeni za druge namene, ali pa za uporabo drugačne metode izračuna prirastkov intenzitete. Obsežna zbirka podatkov je nastala z raziskavami »Seizmična mikrorajonizacija Ljubljane«, ki so potekale od leta 1960 do 1971 in so zajele ožje območje mesta Ljubljana (manjši del današnje Mestne občine Ljubljana). V okviru te dolgoletne naloge so v poročilih raznih avtorjev zbrani mnogi podatki iz plitvih vrtin, gradbenih razkopov, geofizikalnih meritev (Lapajne 1970) ter hidrogeološki podatki. Podatke o geomehanskih in geofizikalnih lastnostih tal smo povzeli tudi po (Živanović in Stopar 1995). Iz teh raziskav smo pridobili okvirne ocene hitrosti strižnega valovanja.

Ob upoštevanju EC8 smo na podlagi geološke karte OGK 100 klasificirali kamnine, kot je navedeno v preglednici 1. Združevanje oz. klasifikacijo tal smo naredili na digitaliziranih kartah OGK 100, ki jih je izdelal Geološki zavod Slovenije v letih 1997 do 2003.

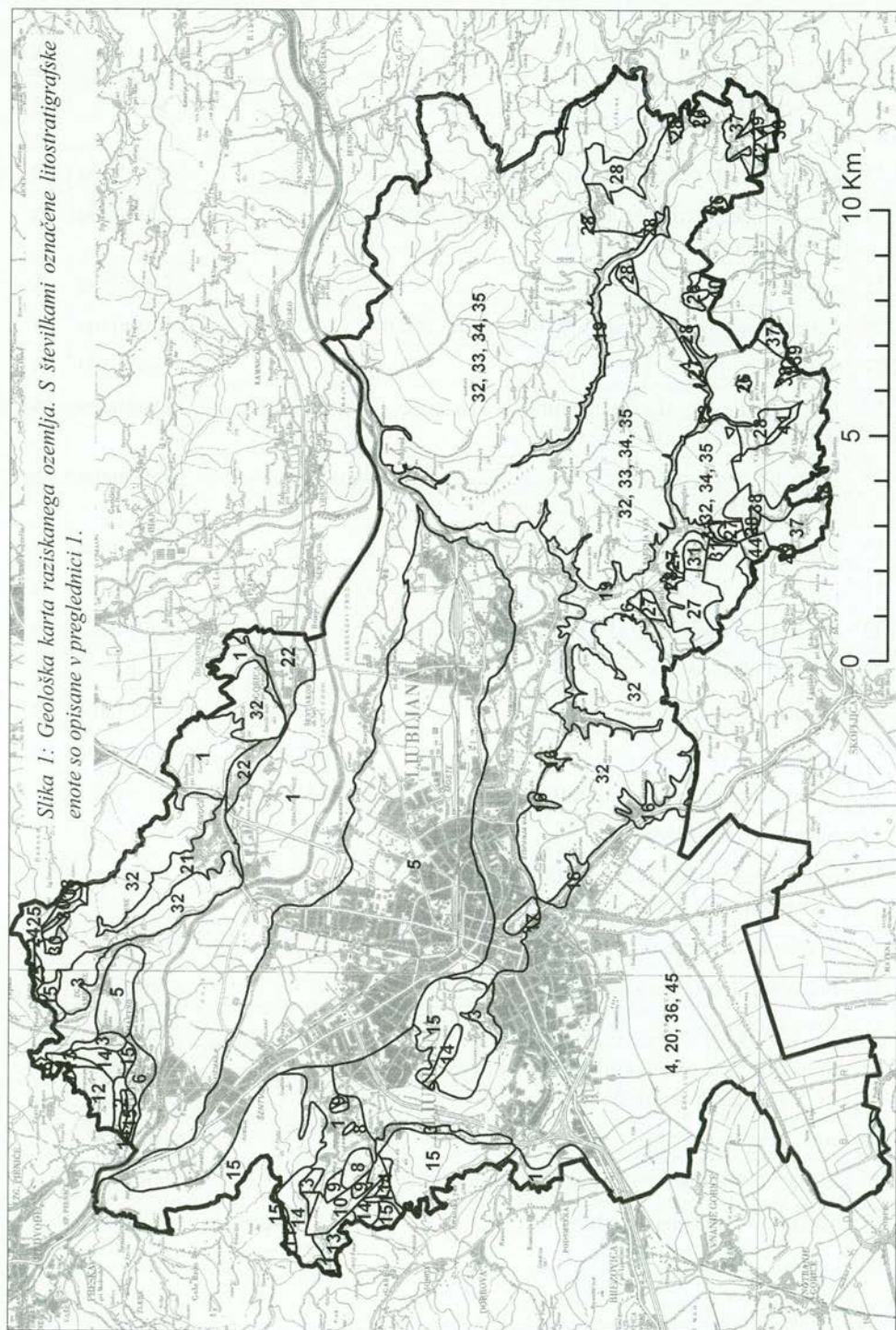


Preglednica 1: Klasifikacija litostratigrafskih enot po EC8.

Št. enote	Litostratigrafska enota	Starost	OGK list	vrsta tal EC8
1	nanosi rek in potokov	Hc	Kranj	C
2	melišča	Hc	Kranj	D
3	deluvij	Hc	Kranj	D
4	jezerski in barjanski sedimenti	pleistocen-Hc	Kranj	S <sub>1</sub> , E
5	prod, pesek – prodni zasip	pleistocen	Kranj	C
6	konglomerat, slabo sprijet prod, glina – konglomeratni zasipi	pleistocen	Kranj	C
7	glinast lapor, plastovit apnenec, apnenčeva breča	K <sub>1,2</sub>	Kranj	A
8	debeloskladovit apnenec, dolomitiziran apnenec, ponekod dolomit	T <sub>3</sub> , J	Kranj	A
9	plastovit in pasovit dolomit, redko apnenec – glavni dolomit	T <sub>3</sub> <sup>2+3</sup>	Kranj	A
10	pisan peščenjak, argilit, tufit, apnenec, ponekod z rožencem	T <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Kranj	A
11	svetlo siv neplastovit apnenec	<sup>2</sup> T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Kranj	A
12	neplastovit dolomit	T <sub>2</sub>	Kranj	A
13	laporni apnenec, dolomit, peščen skrilavec, oolitni apnenec	T <sub>1</sub>	Kranj	A
14	grodenski skladi – rdeč peščenjak, alevrolit, prehodi v skrilavec in konglomerat	P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Kranj	A
15	glinast skrilavec, alevrolit, peščenjak in konglomerat	C, P	Kranj	A
16	aluvij v splošnem	kvartar	Ljubljana	C
17	proluvij – vršaj in spralina s pobočij	kvartar	Ljubljana	C
18	deluvij – ilovica in jerina	kvartar	Ljubljana	D
19	glinast prod, peščena glina in glina	kvartar	Ljubljana	D
20	glina, melj, pesek, prod, šota in grušč	kvartar	Ljubljana	S <sub>1</sub> , E
21	glina in peščena glina	kvartar	Ljubljana	D
22	mlajši prodni zasip	kvartar	Ljubljana	C

Št. enote	Litostratigrafska enota	Starost	OGK list	vrsta tal EC8
23	konglomerat, peščenjak, lapor, glina, apnenec	Ol <sub>2</sub>	Ljubljana	D
24	fliš: glinasti skrilavec, lapor, peščenjak, breča, konglomerat	K <sub>1,2</sub>	Ljubljana	A
25	apnenec	T, J	Ljubljana	A
26	apnenec, dolomit, glinasti skrilavec, oolit in tuf	T <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Ljubljana	A
27	dolomit	T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Ljubljana	A
28	lapor, meljevec, skrilavec, apnenec, roženec, dolomit, tuf in tufit	T <sub>2</sub> <sup>1,2</sup>	Ljubljana	A
29	dolomit, lapor, apnenec, oolit, skrilavec, meljevec in peščenjak	T <sub>1</sub>	Ljubljana	A
30	peščenjak, meljevec, skrilavec	P <sub>2</sub>	Ljubljana	A
31	peščenjak, meljevec, skrilavec z vložki dolomita	P <sub>2</sub>	Ljubljana	A
32	peščenjak, meljevec, skrilavec in konglomerat	C, P	Ljubljana	A
33	glinasti skrilavec	C, P	Ljubljana	A
34	kremenov peščenjak	C, P	Ljubljana	A
35	kremenov konglomerat	C, P	Ljubljana	A
36	jezerski in barjanski sedimenti	Hc	Ribnica	S <sub>1</sub> , E
37	pasast in zrnat dolomit	T <sub>3</sub> <sup>2+3</sup>	Ribnica	A
38	argilit, peščenjak, breča, ooliten boksit, tuf; v zgornjem delu dolomit s plastmi laporja	T <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Ribnica	A
39	svetlo siv apnenec	<sup>2</sup> T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Ribnica	A
40	bel zrnat dolomit z vložki apnenca	<sup>2</sup> T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Ribnica	A
41	belo siv dolomit	T <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Ribnica	A
42	dolomit s plastmi sljudnatega skrilavca; skrilavec in peščenjak z oolitnim apnencem	T <sub>1</sub>	Ribnica	A
43	rdeč peščenjak, argilit in alevrolit	P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Ribnica	A
44	glinast skrilavec, peščenjak in konglomerat	C, P	Ribnica	A
45	jezerski in barjanski sedimenti	pleistocen-Hc	Postojna	S <sub>1</sub> , E



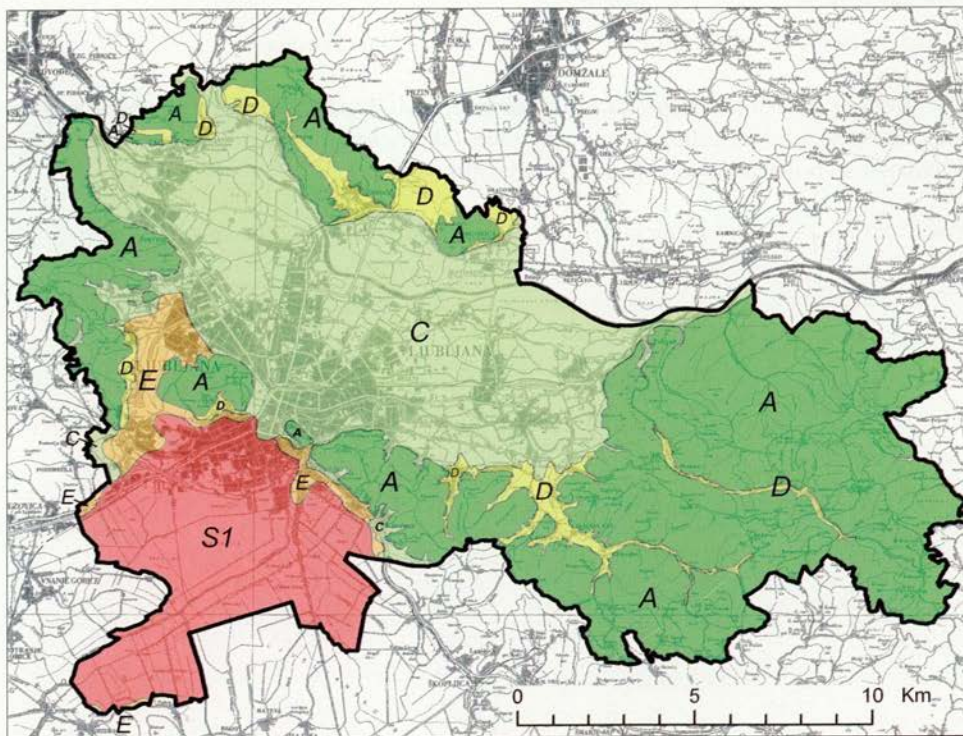




Na območju MOL se pojavlja 45 različnih litostratigrafskih enot (slika 1). Z združenjem smo jih uvrstili v vrste tal A, C, D ali E, jezerske sedimente Ljubljanskega barja pa smo uvrstili v vrsto tal  $S_1$  (slika 2). Faktor tal za vrste A, C, D in E je predpisan v EC8, faktor tal za vrsto  $S_1$  pa smo določili z modeliranjem. Uporabljeni faktorji tal so podani v preglednici 2.

Za izračun pospeškov smo uporabili karto projektnega pospeška tal za povratno dobo 475 let (Lapajne in sod. 2001) (slika 3). Karta projektnega pospeška tal ima na območju MOL tri različne vrednosti. Severozahodni del občine spada v območje, kjer so ocenjeni pospeški do 0,250 g, vzhodnejše pa sta cona s pospeški do 0,225 g in 0,200 g. Pospeški so izračunani za trdna tla, ki so definirana kot skala ali druga geološka formacija z največ 5 metrov mehkejših površinskih sedimentov.

Na končni karti smo upoštevali tudi faktor za različne povratne dobe. V EC8 je priporočena povratna doba 475 let, kar ustreza verjetnosti 90 %, da vrednosti projektnega pospeška tal v 50 letih ne bodo presežene. Privzeto je namreč, da je 50 let predvidena življenjska doba običajnih objektov, medtem ko za objekte posebne pomembnosti (npr. zdravstvene ustanove, šole, vrtci,...) zahtevamo izračun nevarnosti za povratno dobo 10-00 let ali (npr. za jedrske objekte) celo 10.000 let. Povprečno razmerje med projektnim pospeškom tal na karti Slovenije za povratno dobo 1000 (oz. 10.000) let in 475 let je 1,25 (oz. 2,50), kar privzamemo za faktor ustrezne povratne dobe.



Slika 2: Klasificirane litostratigrafske enote po EC8.



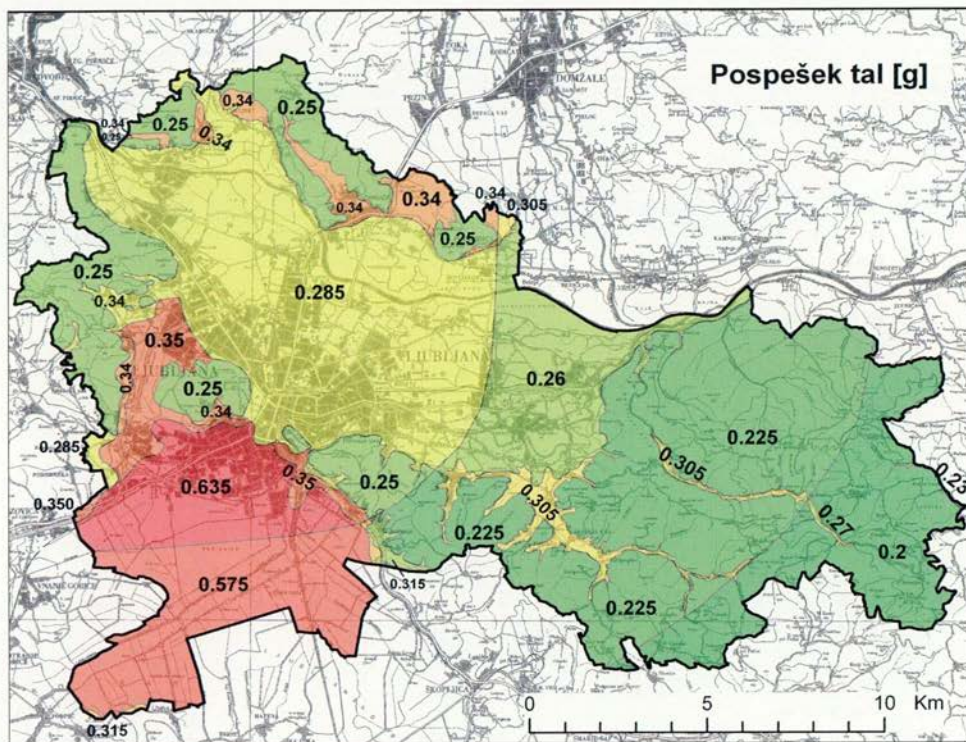


Slika 3: Potresna nevarnost Slovenije za povratno dobo 475 let in trdna tla.

Končne vrednosti pospeška tal na območju MOL so zaokroženi zmnožki projektnega pospeška tal na trdnih tleh z ustreznim faktorjem tal in faktorjem povratne dobe. Vrednosti so prikazane v preglednici 2 in na sliki 4.

Preglednica 2: Faktor tal, faktor povratne dobe in končne vrednosti pospeška tal.

Vrsta tal	Faktor tal	Faktor povratne dobe	Projektni pospešek tal na skali [g]		
			0.25	0.225	0.2
			Pospešek tal [g]		
A	1.00	475 let	0.250	0.225	0.200
C	1.15		0.285	0.260	0.230
D	1.35	1.00	0.340	0.305	0.270
E	1.40		0.350	0.315	0.280
S <sub>1</sub>	2.55		0.635	0.575	0.510
A	1.00	1000 let	0.315	0.280	0.250
C	1.15		0.360	0.325	0.285
D	1.35	1.25	0.420	0.380	0.340
E	1.40		0.440	0.395	0.350
S <sub>1</sub>	2.40		0.750	0.675	0.600
A	1.00	10000 let	0.625	0.565	0.500
C	1.15		0.720	0.645	0.575
D	1.35	2.50	0.845	0.760	0.675
E	1.40		0.875	0.790	0.700
S <sub>1</sub>	2.00		1.250	1.125	1.000



Slika 4: Potresna mikrorajonizacija Mestne občine Ljubljana: pospešek tal za povratno dobo 475 let.

S pomočjo podatkovne zbirke Kataster stavb (Geodetska uprava RS 2004) smo poskušali oceniti, koliko stavb na območju MOL je zelo ogroženih. V kataster je na območju MOL vpisanih 75.600 stavb. Kar 15.476 stavb (dobrih 20 %) leži na območju, kjer smo ocenili pospešek tal nad 0,5 g.

Žal so v katastru vsebinski podatki podani le za 4.945 (6,5 %) stavb na območju MOL. Na tem vzorcu smo stavbe razvrstili v razrede glede na pospešek tal, leto izgradnje in uporabljen material (preglednica 3). Pri letu izgradnje smo zaradi sprememb v zakonodaji o potresno varni gradnji upoštevali mejnika 1964 in 1982. V preglednici smo označili 32 zelo ogroženih stavb, ki so bile grajene pred letom 1964 in ležijo na območju z ocenjenim pospeškom tal nad 0,5 g. S podrobnejšim pregledom katastra smo ugotovili, da je v teh stavbah 50 stanovanjskih in 35 nestanovanjskih enot. Dve stavbi sta 6-etažni, pet stavb je 3-etažnih, druge pa so eno- ali dvoetažne.

Ob privzetku, da je vzorec 4.945 stavb reprezentativen, lahko grobo ocenimo, da je na območju MOL zelo ogroženih okoli 500 stavb, v katerih je 800 stanovanjskih in 500 nestanovanjskih enot.



Preglednica 3: Število stavb po letu izgradnje, materialu ter pospešku tal. Vzorec: 4845 stavb.

Leto izgradnje	Pospešek											Skupaj	
	,200	,225	,250	,259	,287	,304	,315	,338	,350	,574	,637		
ni	železobetonski, betonski					4				1		3	8
podano	mešani material			1		3						2	6
	skupaj			1		7	1			1		5	14
1964 in starejše	opeka	1	6	12	150	611	1		3	30	1	23	838
	železobetonski, betonski			19	6	203			2	5		5	240
	kamen					9							9
	les			1	3								4
	mešani material			3	9	39						2	53
	drugi material			10	2	147			21	4		1	185
	skupaj	1	6	45	170	1009	1		26	39	1	31	1329
1965–1982	opeka	4	9	22	82	875	12		11	93	7	228	1343
	železobetonski, betonski		2	3	26	1135		2	18	62	9	298	1555
	kamen					1						1	2
	les					1						1	2
	mešani material			22	1	61						3	87
	drugi material			3	7	116			1	8		35	170
	skupaj	4	11	50	116	2189	12	2	30	163	16	566	3159
1983 in novejše	opeka			3	21	76	1		1	21	1	26	150
	železobetonski, betonski			1	13	147	3	10	2	9	3	33	221
	les					1							1
	mešani material					36			2			14	52
	drugi material					14				3		2	19
	skupaj			4	34	274	4	10	5	33	4	75	443

### 3 SKLEP

Na podlagi klasifikacije tal, evropskega standarda EC8 ter karte potresne nevarnosti Slovenije smo izdelali karto potresne mikrorajonizacije Mestne občine Ljubljana.

Po EC8 so tla razvrščena glede na geomehanske lastnosti, predvsem glede na hitrost strižnega valovanja v vrhnjih 30 m tal. Ker so neposredni podatki o strižnih hitrostih na območju MOL zelo redki, smo v izračunih uporabili podatke iz nekaterih drugih raziskav in iz njih posredno izračunali zelene parametre. Tla smo klasificirali in združevali s pomočjo digitaliziranih geoloških kart OGK 100.

Faktor tal smo določili po EC8, za območje Ljubljanskega barja pa smo izvedli posebno raziskavo. Tla na območju MOL smo razdelili v pet območij (A, C, D, E, S<sub>1</sub>) z ustreznim faktorjem tal. Upoštevali smo tudi faktor povratne dobe.

Potresno mikrorajonizacijo smo predstavili s karto pospeška tal. Namenjena je za izključno uporabo v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Mikrorajonizacija območja MOL temelji na uporabi obstoječih geoloških, geofizikalnih in seizmoloških podatkov, ki so bili večinoma pridobljeni za druge namene ali pa za uporabo drugačne metode izračuna. Za natančnejšo in boljše mikrorajonizacijo bi potrebovali več meritev hitrosti strižnega valovanja na območju MOL. V zadnjih tridesetih letih so metode potresne rajonizacije zelo napredovale, zato bi bilo koristno uporabiti tudi novejša metoda, kot je npr. metoda spektralnega razmerja seizmičnega nemira.

## VIRI IN LITERATURA

- Buser, S. 1965: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, Tolmač lista Ribnica. Beograd.
- Buser, S. 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, list Ribnica. Beograd.
- Buser, S., Grad, K., Pleničar, M. 1967: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, list Postojna.
- Eurocode 8 2001: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – Del 1–1: Splošna pravila – Potresna obtežba in splošne zahteve za konstrukcije (SIST ENV 1998-1-1) in 5. del: Projektiranje konstrukcij na potresnih področjih: Temelji, oporne konstrukcije in geotehnični vidiki (SIST ENV 1998-5), Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana.
- Eurocode 8 2003: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (Draft No. 6, Version for translation, January 2003).
- Geodetska uprava Republike Slovenije 2004: Kataster stavb.
- Grad, K., Ferjančič, L. 1968: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, Tolmač lista Kranj. Beograd.
- Grad, K., Ferjančič, L. 1974: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, list Kranj. Beograd.
- Lapajne, J. 1970: Seizmična mikrorajonizacija Ljubljane. Geofizikalne raziskave 1969–1970. Tipkano poročilo, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2001: karta Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal in Tolmač. Ljubljana.
- Pleničar, M. 1963: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, Tolmač lista Postojna. Beograd.
- Poljak, M. 2000: Strukturno tektonska karta Slovenije v merilu 1 : 250.000. Ljubljana.
- Premru, U. 1980: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, Tolmač lista Ljubljana. Beograd.
- Premru, U. 1982: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000, list Ljubljana. Beograd.
- Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Gosar, A., Prosen, T. 2003: Karta potresne mikrorajonizacije Mestne občine Ljubljana. Poročilo, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo. Ljubljana.
- Živanović, M., Stopar, R. 1995: Geofizikalne raziskave lokacij monitoringa močnih potresov na območju mesta Ljubljane. Tipkano poročilo, Geoinženiring. Ljubljana.





# INDEKS RAZVITOSTI IN OBSTOJA REČNE MREŽE (IDPR) KOT INDIKATOR POTENCIALNE RANLJIVOSTI PODZEMNIH VODA V SLOVENIJI

Peter Frantar\*

UDK: 556.3:659.2:004(497.4)

## *Izveček*

*Indeks razvitosti in obstoja rečne mreže (IDPR) kot indikator potencialne ranljivosti podzemnih voda v Sloveniji*

Metodologije ocenjevanja ranljivosti podzemnih voda v veliko primerih določevanja uporabljajo geomorfološke značilnosti površja kot zelo pomemben podatek. V modelih določanja ranljivosti (DRASTICS, SINTACS, DISCO,...) se naklon upošteva bodisi direktno z absolutnimi vrednostmi ali indirektno preko različnih kazalcev. Metoda IDPR, razvita v francoskem BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières), upošteva geomorfološke značilnosti površja in rečno mrežo z namenom čimbolj pragmatičnega pristopa za oceno ranljivosti na regionalnem nivoju (manjša od merila 1:100.000). Rezultat metode IDPR (Indice de persistance et développement des réseaux) je »ocena« razlike med naravno in teoretično (generirano) rečno mrežo in opisuje »tip« tal glede na možnost infiltracije oz. formiranja kanalov vodotokov. Faktor IDPR je bil izračunan za celo Slovenijo in regionalno agregiran prek hidrogeoloških in hidrografskih območij.

## **Ključne besede**

GIS, geografski informacijski sistemi, ranljivost, podzemne vode, Slovenija, rečna mreža

## **Abstract**

Geomorphology plays very significant role in many groundwater vulnerability assessment schemes. Land slope is taken into account through its absolute value directly (DRASTICS, SINTACS), or by an indirect factor (DISCO). The IDPR method developed by BRGM, France, uses geomorphology and stream network in pragmatic regional vulnerability analysis. The IDPR highlights the differences observed between a theoretical network of surface water drainage and the natural hydrological network. This is an indicator of the capacity of soils and the underlying rocks to infiltrate or divert water to channels. With IDPR index we analysed all the Slovenia and aggregated the results in functional regions.

## **Keywords**

GIS, geographical information systems, vulnerability, underground waters, Slovenia, river network

---

\* Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, Peter.Frantar@gov.si



## 1 UVOD

Podzemne vode postajajo zaradi uveljavljanja načel trajnostnega razvoja ter kot vir pitne vode vedno pomembnejše. Za ocenjevanje naravne potencialne ranljivosti podzemnih voda so izdelane zapletene metodologije, ki so dolgotrajne, zahtevne in velikokrat subjektivne. Sodelovanje pri izdelavi novega regionalnega pristopa o ranljivostih podzemnih voda na izbranih območjih Slovenije nas je spodbudilo k misli o možnosti izdelave pregledne potencialne ranljivosti tudi za celotno Slovenijo. Pri tej metodi se zavedamo, da je hidrološki cikel sklenjen in nedeljiv, še težje je ločiti tesno povezane podzemne in površinske vode, saj ostre meje med podzemnimi in površinskimi v smislu kvalitete in samočistilnih sposobnosti praktično ni. Kljub temu smo se odločili za ločen pogled na podzemne vode, kar pa je potrebno upoštevati ves čas analize.

## 2 OSNOVE RANLJIVOSTI PODZEMNIH VODA

Definicija ranljivosti podzemnih voda je: »Občutljivost kvalitete podzemne vode na določeno vnešeno obremenitev, ki je odvisna od notranjih značilnosti vodonosnika« (Lobo Ferreira et al. 2003; Van Duijvenbooden et al. 1987). Pomembno je vedeti, da je občutljivost vodonosnika različna glede na različne polutante, zato je ocena splošne ranljivosti zelo specifična.

Splošna ranljivost podzemnih voda je večinoma predstavljena kot potencial površinske vode (deževnice, odtoka), da infiltrira v podzemni medij nasičen z vodo oz. na predpostavki o večji ali manjši stopnji varovalnega površinskega sloja (tip tal) na podzemne vode in na samih značilnostih podzemnega medija (Mardhel 2003).

Za potrebe analiziranja ranljivosti podzemnih voda je bilo v zadnjem času razvitih več metod in pristopov, zlasti z uporabo geografskih informacijskih sistemov. Modeli varirajo od enostavnejših do zelo kompleksnih, ki vključujejo fizikalne, kemijske in biološke procese v nasičeni coni s ponderiranjem različnih kriterijev, ki vplivajo na ranljivost (Gogu et al. 2000). Uporabljane metode ranljivosti obsegajo vse od kombinacije kartografskih metod do simulacijskih modelov in statističnih metod, vse pa večinoma bazirajo na stopnji zaščite (podzemne vode) pred infiltracijo. Indeksne kartografske metode z uteževanjem so danes najbolj uveljavljene metode, ker le-te upoštevajo relativnen pomen vsakega kriterija posebej glede na splošno ranljivost tal (Gogu et al. 2000; Zaporožec et al. 1994).

Glavni modeli, ki jih v svetu uporabljajo za ocenjevanje stopnje ranljivosti podzemnih voda so EPIK, RISKE, DISCO, DRASTIC, SINTACS, GOD,... Modeli delujejo na osnovi GIS orodij in imajo naslednji skupni značilnosti:

- naklon reliefa upoštevajo direktno (neposredno) prek absolutnih vrednosti (DRASTICS, SINTACS), ali pa
- naklon reliefa upoštevajo indirektno prek različnih kazalcev (EPIK, RISKE, DISCO), v večini prek gostote rečne mreže.

Poleg upoštevanja naklona pa je eden glavnih kriterijev izračunavanja ranljivosti tudi tip tal nad vodonosniki. Osnova ranljivosti je infiltracija, ki hitrejša ko je, večja je

potencialna ranljivost. Hitrejši ko je odtok, manjši je pritisk na podzemne vode oz. manjša je njihova potencialna ranljivost (Lobo Ferreira 1997; Kimura 1997).

### 3 METODA IDPR

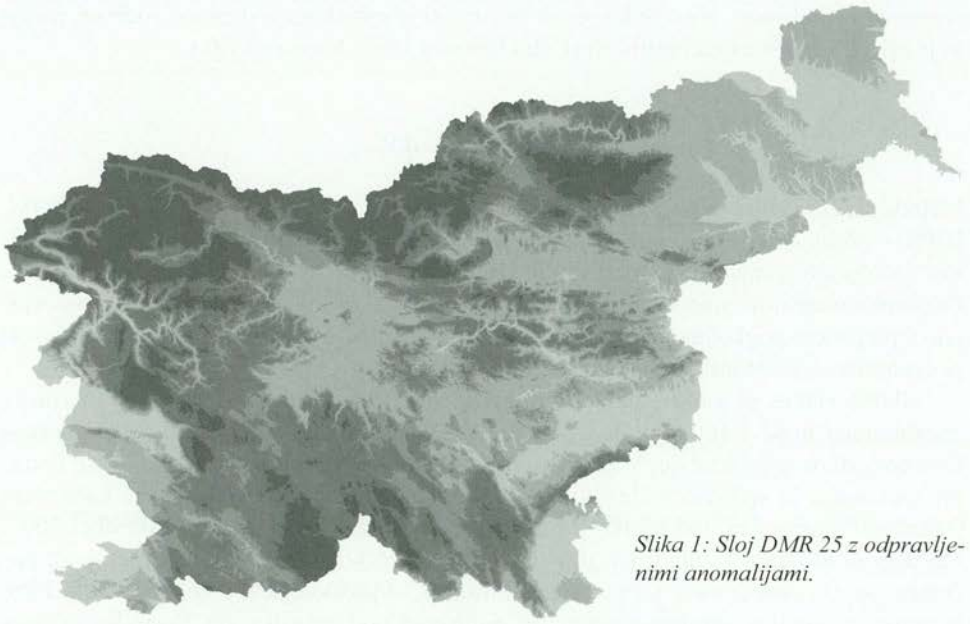
Metoda IDPR je bila razvita na francoskem inštitutu za rudarstvo in geologijo BRGM. IDPR – »*Indice de persistance et développement des réseaux*« – pomeni Indeks razvitosti in obstoja rečne mreže. Mišljena je razvitost naravne rečne mreže oz. njeno stanje. Osnovni namen nove metode je združiti in poenostaviti osnovne pristope, ki jih zagovarjajo v prejšnjem poglavju omenjeni modeli, da bi omogočili regionalne analize ranljivosti podzemnih voda (Mardhel 2003).

IDPR indeks se lahko uporablja kot indikator ranljivosti v regionalnem merilu, v merilih manjših od 1:100.000. Za izdelavo kakršnekoli karte ranljivosti je nujna uporaba koncepta stopnje infiltracije. V obstoječih raziskavah je zelo težko opredeliti vse notranje parametre, ki vplivajo na infiltracijo, torej prepustnost, transmisivnost in kapaciteto (retinenco, hranjenje). Indeks IDPR zajema vse te koncepte indirektno (Mardhel 2003, Mardhel et al. 2004). Zaradi enostavnega pristopa in »majhne« količine potrebnih podatkov, ki jih obdelamo v GIS sistemu (hitrejše, objektivnejše), omogoča dokaj hitro in preprosto analizo »grobe« potencialne ranljivosti podzemnih voda. Posreden pristop, ki ga izvedemo z izračunom IDPR indeksa, definira stopnjo ranljivosti v odvisnosti od fizičnogeografskih značilnosti naravnega okolja (geomorfologije, rečne mreže). Pomanjkljivosti indirektna metode nam odpravi strokovna presoja rezultatov analize (Andjelov et al. 2003; Mardhel et al. 2004). Indeks IDPR osvetli prostorske razlike med teoretično rečno mrežo ter realno (naravno) mrežo vodotokov. Osvetljeno s strokovne plati pa izračunani indeks opiše značilnost odtoka vode na izbrani specifični točki na površju: bodisi da voda odteče po površju, ali pa da infiltrira v podzemlje.

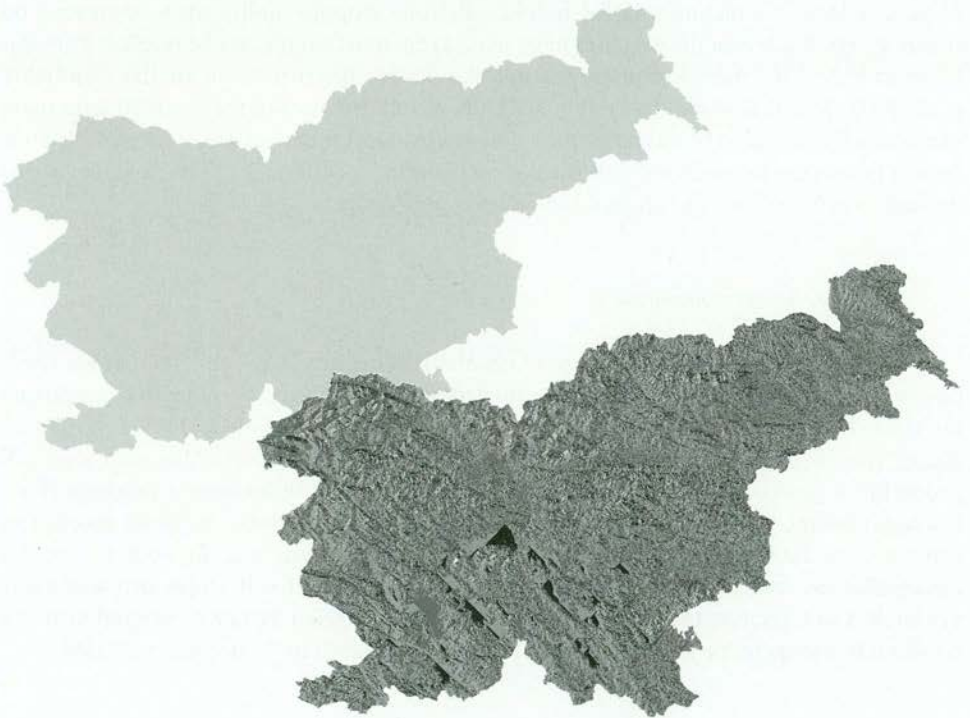
#### 3.1 Teoretična rečna mreža

Teoretična rečna mreža temelji na GIS analizi talvegov. Uporabljena metoda predpostavlja homogeno prostorsko distribucijo padavin, ki padejo na homogeno nepropustno površje. »Umetno« površje je izdelano na podlagi digitalnega reliefa – DMV 25 (slika 1). Zaradi specifičnega GIS pristopa smo morali originalni sloj popraviti, da smo zapolnili anomalije v geomorfoloških oblikah. S tem smo omogočili odtok tudi z zaprtega (konkavnega) terena. Uporabili smo postopek »correct DEM« in nastali rezultati procesa so osnova za začetek izdelave teoretične rečne mreže. Nadalje izdelana sloj »odtoka« in sloj »akumulacije« vode sta potrebna (slika 2), da na bazi dveh rastrskih slojev ustvarimo nov vektorski sloj t. i. talvegov – sloj teoretične rečne mreže (slika 3). Osnovne predpostavke o načinu tvorjenja rečne mreže so enake kot so jih uporabili na francoskem BRGM.

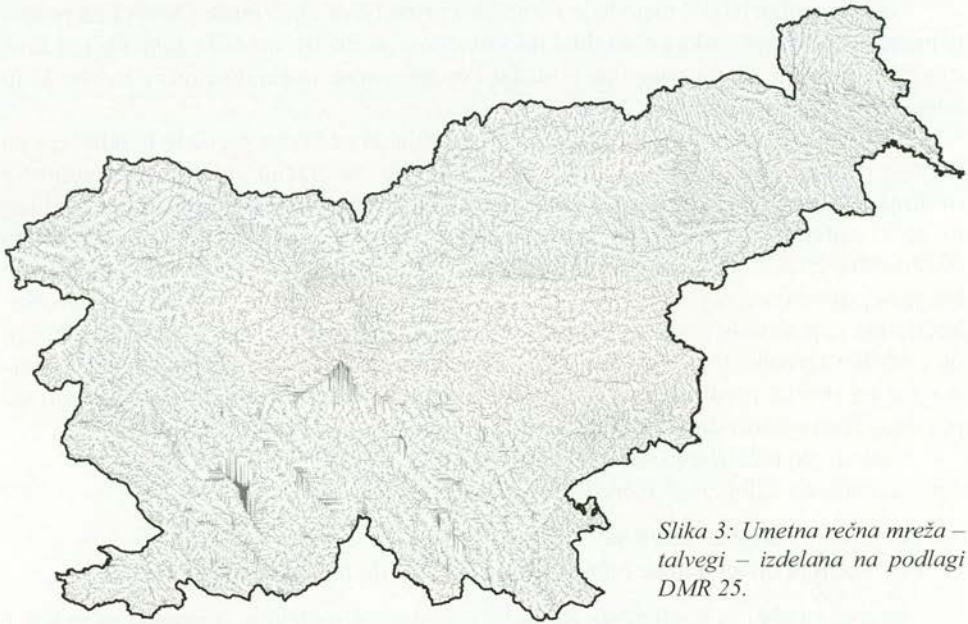




*Slika 1: Sloj DMR 25 z odpravljenimi anomalijami.*



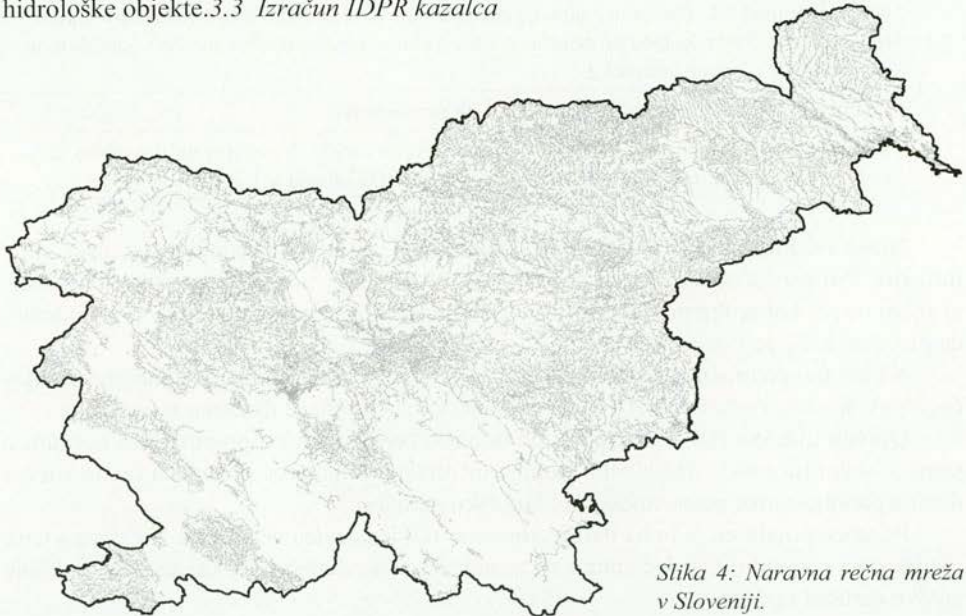
*Slika 2: Rastra z informacijo o akumulaciji in odtoku padavinske vode glede na DMR 25.*



*Slika 3: Umetna rečna mreža – talvegi – izdelana na podlagi DMR 25.*

### *3.2 Naravna rečna mreža*

Za naravno rečno mrežo smo uporabili vektorizirane linije vodotokov s kart v merilu 1:25.000 (slika 4). Upoštevali smo stalne in nestalne vodotoke, izločili pa smo umetne hidrološke objekte.3.3 *Izračun IDPR kazalca*



*Slika 4: Naravna rečna mreža v Sloveniji.*



Najpomembnejši del metode je neodvisna primerjava obeh mrež. Osnova za proces je prazen raster, kjer vsaka celica dobi informacijo o najmanjši razdalji. Tako sta izdelana dva rastrska sloja z informacijama o razdalji do teoretične in naravne rečne mreže, ki ju lahko med seboj primerjamo.

Odziv oz. učinek geomorfoloških oblik površja na padavine je, da le-te odtečejo po površju oz. poniknejo v zemljo. IDPR kazalec omogoča izračun indirektno »vrednosti« infiltracije oz. površinskega odtoka, kar je v sorazmerni odvisnosti od razdalje med naravno in teoretično rečno mrežo. Vrednost IDPR posredno »določa« notranjo kapaciteto oz. značilnost tal o odtoku in infiltraciji, posredno omogoča tudi oceno prepustnosti tal, kar je zelo pozitivno, saj je pridobitev podatka o prepustnosti tal na drug način zelo težka. Večinoma je podatkov premalo oz. niso popolni, ker je ta parameter v glavnem odvisen od litološke zgradbe določene formacije, zato je prepustnost za posamezno geološko formacijo zelo težko predstaviti na homogen in reprezentativen način, ki bo veljal za vso površino. Prepustnost določene celice v prostoru je torej rezultat primerjave med:

- razdaljo do najbližjega naravnega vodotoka in
- razdaljo do najbližjega teoretičnega vodotoka – talvega.

Formula za izračun IDPR je:

$$I = \text{razdalja do teoretične rečne mreže} / \text{razdalja do naravne rečne mreže}$$

Izračun razdalj in koeficienta za vsako celico pove naslednje: Vrednost nižja kot 1 pomeni prevladujočo infiltracijo vode. Obratno pa izračun na območjih, kjer je realna rečna mreža gostejša od teoretične rečne mreže, pokaže vrednosti nad 1, kar pomeni, da večina vode odteče po površini (preglednica 1).

Preglednica 1: IDPR pomen indeksa.

< 1	Podobnost med loki (linijami) naravne rečne mreže in teoretično ustvarjene rečne mreže je zelo nizka. Voda, ki teče po reliefu se steče večinoma v teoretično mrežo vodotokov in se ne steka v naravne vodotoke.
= 1	Podobnost obeh mrež je velika, praktično sta mreži enaki.
> 1	Voda s teh prostorskih celic se steka v naravno rečno mrežo. V tem primeru kaže na večjo gostoto naravnih strug vodotokov kot teoretična mreža talvegov.

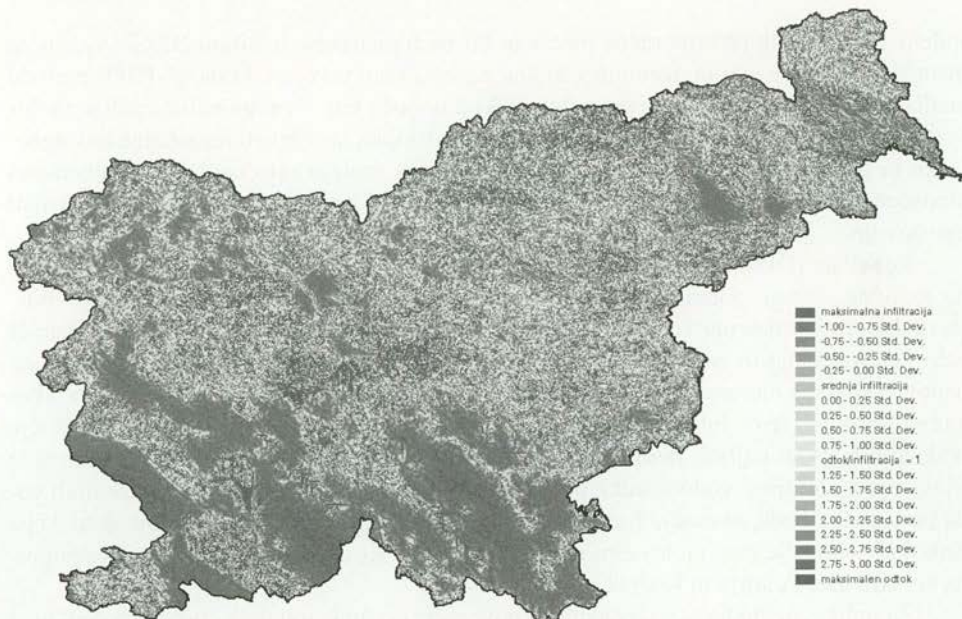
Nizke vrednosti kazalca IDPR (< < 1) pomenijo, da površje večino padavinske vode infiltrira. Prostorska celica s tako vrednostjo IDPR je bližje računalniško ustvarjeni umetni rečni mreži kot realnemu naravnemu vodotočnemu sistemu, zato lahko privzamemo, da gre v tej točki za cono infiltracije.

Nasprotno pa močna vrednost IDPR nad 1 (> > 1) odraža *a priori* cono prevladujočega površinskega odtoka, kjer večina padavinske vode odteče direktno v vodotoke.

Izračun indeksa IDPR omogoča, da dobimo pregled tako o prepustnosti kot tudi o sami osnovni litološki značilnosti. Stopnja infiltracije je namreč povezana ravno s tema dvema parametroma: prepustnostjo in litološko zgradbo.

Poseben poudarek je treba dati vrednostim IDPR kazalca večjim od 2. Celice s temi vrednostmi pomenijo namreč stalno ali trenutno zadrževanje vode, kar pa nas napeljuje na dve različni razlagi.

1. V prostorskih situacijah s plitvo (tanko) plastjo z vodo nenasičene cone voda večinoma ne infiltrira (ne more), saj se tla s takimi značilnostmi hitro zasičijo. Taka so področja ob rečnih obrežjih in mokrišča oz. barja.
2. Druga razlaga predpostavlja, da gre v teh primerih primarno za »mokre medije«. Mokri mediji so integralni del vodnih sistemov, s katerimi so povezani. Bodisi da gre za povezavo z podzemno vodo (podtalnico), da so del rek oz. obrežne podaljšave rek, ali pa da so obalni predeli jezer. S hidrološkega stališča zaradi integriranosti delov sistema »mokrih medijev« ni možno ločiti (izolirati) od nadrejenega hidrološkega sistema, s katerim so le-ti povezani.



Slika 5: IDPR indeks za Slovenijo.

Indeks IDPR smo izračunali za vse območje Slovenije. Preskusili smo več različnih variant razvoja umetne rečne mreže in drugih spremenljivk. Rezultate variant smo primerjali ter izbrali najprimernejšega: raster na osnovi 100 m celic. Rastrski sloj IDPR Slovenija je bil izračunan in pretvorjen v obliko, ki podaja grobo oceno ranljivosti podzemnih voda (slika 5).

#### 4 FUNKCIONALNE ENOTE

Zaradi boljše preglednosti rezultatov in lažjega ter bolj praktičnega ocenjevanja rezultatov IDPR analize smo rastrski sloj »sintetizirali« v tematsko bolj funkcionalne enote – v poligone. Funkcionalne enote smo izbrali na podlagi storkovne presoje, saj je infiltracija v pretežni meri odvisna od hidrogeologije in hidrografije območja. Izdelali smo



presek poligonov med hidrogeološko karto Slovenije (na osnovi klasifikacije LAWA), ki jo je izdelal Geološki zavod RS, ter hidrografska karto Slovenije na osnovi 4 hierarhične stopnje po geografski podatkovni bazi iz Eurowaterneta Slovenija. Funkcionalne enote omogočajo bolj pragmatičen in efektiven pregled analize, v katere smo sumirali povprečno vrednost IDPR rastrskih vrednosti v poligonu. Rezultat prekrivanja slojev je tematska karta povprečne vrednosti IDPR po funkcionalnih enotah.

## 5 PREGLED REZULTATOV V SLOVENIJI

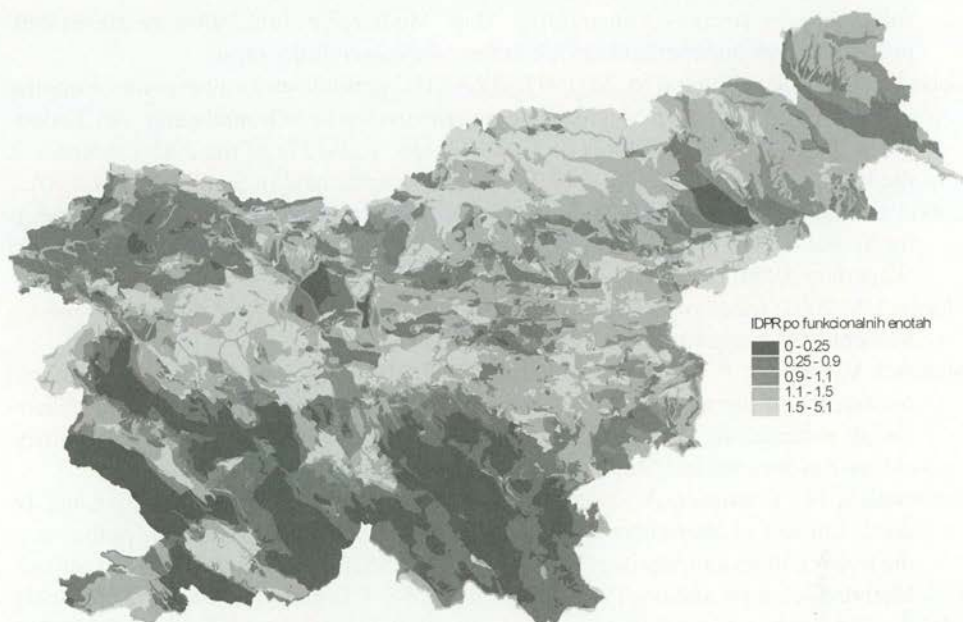
Indeks razvitosti in obstoja rečne mreže je bil na francoskem inštitutu BRGM razvit za ocenjevanje ranljivosti podzemnih voda na regionalnem nivoju v Franciji. IDPR metoda analize prostora je poenostavljen postopek, ki omogoča hitrejše regionalne analize ranljivosti, pri rezultatu pa moramo zaradi abstrakcij postopka upoštevati regionalne hidrogeološke in geografske značilnosti. Sintezne ugotovitve morajo zato upoštevati namenoma izpuščene kriterije, ki jih drugi (kompleksnejši in bolj komplicirani) modeli ranljivosti upoštevajo.

Rezultati IDPR analize nam v dveh kartah, rastrski in poligonski (slika 6), kaže na različne stopnje potenciala »precejanja«  
padavin v podzemne ali površinske vode. Rastrska slika prikazuje kazalec infiltracije za vsako prostorsko celico posebej. Zaradi zelo heterogenega in pestrega slovenskega ozemlja obstajajo območja, kjer na podlagi osnovne slike ne moremo z gotovostjo trditi, ali prevladujejo območja ponikanja ali odtekanja. Navkljub temu lahko že hitro opazimo, kje so najmanj in najbolj ranljiva območja podzemnih voda: najbolj ranljiva območja voda so kraški predeli ter aluvialne ravnine Slovenije z globljimi vodonosniki, potencialno najmanj ranljiva območja podzemnih voda pa Goriška Brda, območje Ratitovca in Mohorja, jugozahodni predeli Polhograjskega hribovja, območje med Golovcem in Litijo, območje Konjiške gore, Smrekovško pogorje, severni deli Pohorja in Kozjak.

Za boljšo preglednost so izračunana povprečja po funkcionalnih enotah (preseki med hidrogeološkimi in hidrografskimi enotami). Rezultate lahko opravičimo z ekspertnim regionalnim hidrogeološkim vedenjem.

Največja ranljivost po »funkcionalnih«  
enotah, je razvidna v naslednjih Slovenskih regijah: Kras, Trnovski gozd, Hrušica, Nanos, Javniki, Notranjski Snežnik, Podgrajsko podolje in Čičarija, Menišija, Suha krajina, Kočevski rog, Radoha, najvišji predeli Julijskih Alp ter na globokih vodonosnikih Dravskega in Kranjskega polja. Poleg teh regij najdemo visoko infiltracijo (vendar manjšo) tudi na območjih, ki obkrožajo najbolj ranljiva območja, predvsem na karbonatnih Alpah, aluvialnih ravninah ter drugih pretežno kraških (funkcionalnih) regijah. Ker ima skoraj 40 % slovenskega površja kraške značilnosti, je razlika med »kraškimi«  
in »nekraškimi«  
regijami zelo očitna.

Najmanjša ranljivost podzemnih voda je zato v največji meri posledica nekraških geoloških formacij, ki so neprepustne in voda z njih (pretežno) površinsko odteka. Nizke vrednosti IDPR povprečja v poligonih so tako v predalpskih regijah (Polhograjsko, Idrijsko, Cerkljansko, Škofjeloško, Posavsko hribovje), flišnih regijah (Brda, Vipavska dolina, območje Notranjske Reke, Primorje), Karavankah, na Pohorju in v regijah s terciarnim gričevjem (Slovenske gorice, Goričko).



Slika 6: Vrednosti povprečja IDPR po funkcionalnih enotah.

Pri interpretaciji rezultatov pa moramo upoštevati tudi »izpuščene« kriterije. Pri analizi IDPR nismo namreč upoštevali gladin podzemnih voda na aluvialnih vodonosnikih. Že sam opis metodologije IDPR omenja namreč problematične vrednosti IDPR (preizka ranljivost podzemnih voda) na plitvih vodnih telesih. Taka so pri nas Prekmursko polje, Barje in Krško-Brežiško polje. Gre v bistvu za vodna telesa z obema karakterjema – tako podzemnih kot površinskih voda.

Sklenemo lahko, da je ekspertna interpretacija potenciala ranljivosti, izdelanega s pomočjo metode IDPR, dobra osnova za oceno grobe regionalne potencialne ranljivosti podzemnih voda v Sloveniji.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Andjelov, M., Frantar, P., Uhan, J. 2003: Interno poročilo o modelu IDPR za Slovenijo. Agencija RS za okolje, Ljubljana.
- ARSO – Agencija RS za okolje 2003a: Digitalna baza vodotokov1:25.000. Ljubljana.
- GeoZRS – Geološki zavod Republike Slovenije 2003: Digitalna hidrogeološka karta Slovenije z LAWA klasifikacijo. Ljubljana.
- Gogu, R. C., Dasargues, A. 2000: Sensitivity analysis for the EPIK method of vulnerability assessment in a small karstic aquifer, southern Belgium. Hydrogeological Journal., 8, 3 337–345.
- Kimura, Y. 1997: Evaluating migration potential of contaminants through unsaturated



- subsurface in Texas – Vulnerability Map. Medmrežje: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/tmpaper/spring97/kimuray/gis/vulnerability.html>.
- Lobo Ferreira, J. P., Oliveira, M. M. 1997: DRASTIC groundwater vulnerability mapping of Portugal. Laboratorio nacional de engenharia civil. »Groundwater: An Endangered Resource«, Proceedings of Theme C (pp. 132–137) of the 27th Congress of the International Association for Hydraulic Research, held in San Francisco, USA.
- Lobo Ferreira, J. P., Oliveira, M. M. 2003: On the Experience of Groundwater Vulnerability Assessment in Portugal. Aquifer Vulnerability and Risk Salamanca, International Workshop AVR03, Mexico.
- Mardhel, V. 2003: Index of development and persistence of the river networks. Report on Slovenia Twinning Light Project. Ljubljana.
- Mardhel, V., Frantar, P., Uhan, J., Andjelov, M. 2004: IDPR, Index of development and persistence of the river networks as a regional information on groundwater vulnerability potential in Slovenia. International Conference on »Groundwater« Vulnerability Assessment and Mapping«, Poster presentation, Ustroń, Poljska.
- Schnebelen, N., Couturier, A., Bourrenane, H., Nicoullaud, B., Bruand, A., King, D. 2002: Impacts of alternative agricultural practices on reduction of nitric pollution in the Beauce limestone aquifer (France). 17th WCSS, 14 – 21 August 2002, Thailand. Medmrežje: [www.sfst.org/Proceedings/17WCSS\\_CD/papers/1229.pdf](http://www.sfst.org/Proceedings/17WCSS_CD/papers/1229.pdf) (15/2/2004)
- GURS – Geodetska uprava Republike Slovenije 1999: Digitalni model reliefa (DMR 25). Ljubljana.
- Van Duijvenbooden, W., Van Waegeningh, H G. 1987: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in The Netherlands, in 1987, TNO. Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.
- Vrba, J., Zaporozec, A. 1994: Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Association of Hydrogeologists. Vol. 16, 131 pp.
- VGI – Vodnogospodarski inštitut 2001: Vzpostavitev Eurowaterneta v Sloveniji, I. faza. Ljubljana.

# RASTRSKI PRISTOP DVOSTOPENJSKEGA MODELIRANJA DOSTOPNOSTI V GIS-U

Samo Drobne\*, Dejan Paliska\*\* in Daša Fabjan\*\*\*

UDK: 656:659.2:004

## *Izvleček*

### **Rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u**

Opredelevitev in modeliranje dostopnosti sta pomembna problema razvojne in planske politike, ki se ukvarjata s pravično in boljšo porazdelitvijo prebivalstva ter dejavnosti v prostoru. Pojem dostopnost opredeljuje poleg transportnih povezav med izvorom in ponorom ter sposobnostjo potovanja ciljnih skupin tudi značilnosti ponora in namen potovanja. V ta namen so bili razviti različni pristopi modeliranja dostopnosti: od sestavljenih in primerjalnih pristopov do pristopov modeliranja (časovnih) razdalj. Pri obravnavi posameznikove dostopnosti se je kot najbolj učinkovit pokazal ravno zadnji pristop, tj. pristop modeliranja časovnih razdalj. V prispevku obravnavamo metodo dvostopenjskega modeliranja časovnih razdalj v rastrskem GIS-u.

## **Ključne besede**

dostopnost, modeliranje, raster

## **Abstract**

### **Two-stage modelling of accessibility using raster-based approach in GIS**

Defining and modelling the accessibility are rather important issues of development and planning policies that deal with fair and better allocation of population and activities in space. The meaning of accessibility determines not only the transport links between origins and destinations as well as the residents' ability to travel but also the characteristics of destination and the motive of travel. Thus, different methodologies were developed to model the accessibility; from complex and comparative approaches to modelling cost distances approaches. Analyzing the accessibility for an individual the most effective resulted to be the approach for cost distances modelling. In this article a two-stage modelling method based on raster approach in GIS is introduced and analyzed.

## **Keywords**

accessibility, modelling, raster

## 1 UVOD

Pojem dostopnosti ima za transportne študije enak pomen kot črna snov za astronomijo. V astronomiji je črna snov nevidna masa, ki nosi v sebi številne ključne za kozmične uganke. Podobno lahko ustrezna kvantifikacija dostopnosti v transportnih študijah kvalitetno

\* mag., UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, samo.drobne@fgg.uni-lj.si

\*\* mag., UL, Fakulteta za pomorstvo in transport, Pot pomorščakov 4, 6000 Koper, dejan.paliska@fpp.edu

\*\*\* UL, Fakulteta za pomorstvo in transport, Pot pomorščakov 4, 6000 Koper, dasa.fabjan@fpp.edu



reši marsikateri problem planiranja, razvoja in upravljanja infrastrukture ter razmestitve dejavnosti v prostoru (Kulkarni et al. 2000).

Na splošno lahko opredelimo dostopnost kot »sposobnost doseganja priložnosti«. Bolj natančna opredelitev tega pojma pa je mnogo težja, saj želimo v pojmu dostopnosti opredeliti poleg transportnih povezav med izvori in ponori ter sposobnostjo potovanj ciljnih skupin tudi značilnosti ponorov ter namene potovanj. Težavnost natančne opredelitve pojma dostopnosti pa se še posebej kaže v številnih (različnih) poskusih kvantifikacije tega problema: dostopnost lahko merimo s (a) sestavljenimi merami, (b) primerjalnimi merami ali pa s (c) časovnimi razdaljami. Prva dva pristopa merjenja dostopnosti sta primerna za merjenje agregatne dostopnosti: »Za koliko oseb je storitev S na lokaciji L dostopna ter kakšna je kvaliteta dostopa?« Pristop kvantifikacije dostopnosti s časovnimi razdaljami pa je uporaben predvsem v študijah, kjer obravnavamo dostopnost iz vidika posameznikov: »Ali je storitev S za osebo, ki živi v kraju K, dostopna z načinom prevoza P?« (de Jong in van Eck 1997).

Pojem dostopnosti je mogoče obravnavati v raznolikih primerih prostorske alokacije; npr. razmestitev storitev, bolnišnic, šol v prostoru... Analize, ki jih izvajamo v takšnih študijah in ki temelje na dostopnosti, je zato smiselno izvesti v geografskem informacijskem sistemu (GIS), katerega pomembnejša prednost je v sposobnosti povezovanja najrazličnejših (vhodnih) zbirk podatkov. Tako smo analizirali vpliv dostopnosti do avtobusnih postajališč na odločitev potnikov o transportnem sredstvu v Sloveniji (Paliska et al. 2000), modelirali časovno dostopnost do občinskih središč ter izvedli »pravično« alokacijo prostora Slovenije z občinami RS glede na časovno dostopnost do občinskega središča (Drobne 2003) ter na praktičnem primeru predstavili in komentirali različne vektorske pristope analiziranja prostorske dostopnosti do kontaktnih točk v transportni mreži (Paliska et al. 2004).

V tem prispevku opisujemo rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u; primerjaj z Julião (1999). Model smo preizkusili na primeru izračuna dostopnosti do regijskih središč v Sloveniji. Izračunane časovne razdalje do regijskih središč pa smo primerjali z razporeditvijo prebivalstva v prostoru.

## 2 IZRAČUN DOSTOPNOSTI V GIS-U

Izračun dostopnosti v GIS-u izvedemo s pomočjo različnih algoritmov, imenovanih tudi algoritmov najkrajše poti, ki temelje na teoriji grafov; glej tudi Palisko s sodelavci (2004). Mreža transportnih povezav je v tem primeru opredeljena kot graf, izvori in ponori pa so vozlišča v grafu. Algoritmi najkrajše poti so zato izvedeni predvsem v vektorskih GIS-orodjih, čeprav obstajajo tudi tovrstne rešitve v rastrskem pristopu modeliranja dostopnosti.

Donnay in Ledent (1995) sta prepoznala dve pomembnejši omejitvi izračuna dostopnosti v vektorskem GIS-u. Prvič: dostopnost je izračunana samo za vozlišča v grafu. Izračun dostopnosti za poljubno točko na povezavi med dvema vozliščema je mogoče izvesti z interpolacijo vrednosti, kar pa velja samo za povezave, ki leže radialno iz izvora. In drugič: v vektorskem pristopu je nemogoče izvesti izračun dostopnosti za lokacije izven mreže povezav (grafa). Zato lahko upravičeno dvomimo o izračunu izolinij dostopnosti na nekem obravnavanem območju v vektorskem GIS-u.

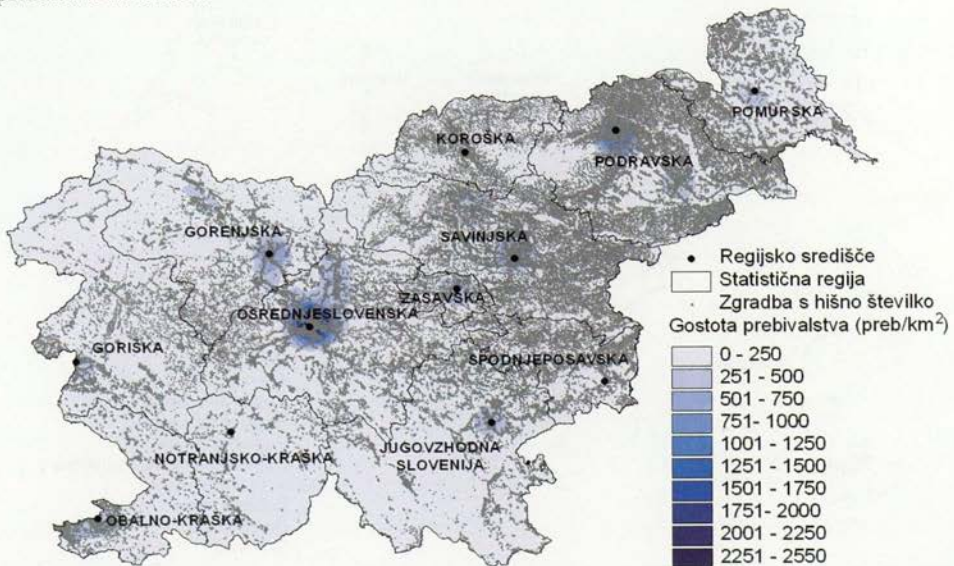
Dostopnost pa lahko obravnavamo kot prostorsko zvezno spremenljivko v rastrskem pristopu. V tem primeru, in ko merimo/računamo dostopnost v merah (časovne) oddaljenosti, lahko izračunamo dostopnost za poljubno točko na obravnavanem območju. Podobno kot vektorski ima tudi rastrski pristop izračuna dostopnosti nekatere omejitve, ki se kažejo predvsem v vhodnih podatkih (npr. definiranje povezanosti v vozliščih, definiranje smeri tokov...). V nadaljevanju pa rastrski pristop nudi številne druge možnosti analitičnega modeliranja (najrazličnejših) ploskev.

### 3 RASTRSKI PRISTOP MODELIRANJA DOSTOPNOSTI

V nadaljevanju je opisan rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u. Enostavni model smo preizkusili na primeru izračuna dostopnosti do regijskih središč v Sloveniji. Pri tem smo upoštevali mrežo državnih javnih cest ter nekaterih drugih pomembnejših lokalnih in ostalih cest. Izračunane časovne razdalje do regijskih središč pa smo primerjali z razporeditvijo prebivalstva v prostoru. Kartografsko modeliranje je potekalo v treh pomembnejših fazah: zajem in priprava podatkov, modeliranje stroškovnih ploskev ter analiza dostopnosti.

#### 3.1 Zajem in priprava podatkov

Površina Slovenije je 20.273 km<sup>2</sup>. V nekaj več kot 463.000 stambah s stanovanji živi nekaj več kot 1.964.000 prebivalcev (medmrežje 2). Povprečna gostota prebivalstva v Sloveniji je 97 prebivalcev na km<sup>2</sup>. Slovenija je razdeljena na 12 statističnih regij, ki so prikazane na sliki 1.



Slika 1: Gostota prebivalstva, statistične regije, regijska središča in zgradbe s hišno številko v Sloveniji leta 2003.



Javne ceste v Republiki Sloveniji delimo v državne ceste, ki so v lasti Republike Slovenije, in v občinske ceste, ki so v lasti občin. Razdelitev temelji na pomenu javnih cest za povezovanje in odvijanje prometa v določenem prostoru. Skupna dolžina javnega cestnega omrežja Slovenije meri več kot 38.000 km. Kategorizacija javnih cest je bila narejena na podlagi uredbe o merilih za kategorizacijo javnih cest (Uradni list RS 49/97), ki določa, katere javne ceste so državne ceste, kakšna je njihova kategorija in katerim vrstam cestnega prometa so namenjene. Temeljno načelo kategorizacije javnih cest opredeljuje, da se javna cesta določene kategorije ne sme priključevati na cesto nižje kategorije, ampak le na cesto sebi enake ali višje kategorije. Kategorije javnih cest so naslednje (medmrežje 1): AC – avtoceste so državne ceste, namenjene daljinskemu prometu tovornih vozil in so sestavni del avtocestnih povezav s sosednjimi državami; HC – hitre ceste so državne ceste, rezervirane za promet motornih vozil, ki s svojimi prometno-tehničnimi elementi omogočajo hitro odvijanje daljinskega prometa med najpomembnejšimi središči regionalnega pomena, navezujejo pa se na avtoceste v državi in na cestni sistem sosednjih držav; G1 – glavne ceste I. reda so državne ceste, namenjene prometnemu povezovanju med najpomembnejšimi središči regionalnega pomena; navezujejo se na ceste enake ali višje kategorije v državi in na cestni sistem sosednjih držav; G2 – glavne ceste II. reda so državne ceste, namenjene prometnemu povezovanju med središči regionalnega pomena in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije; R1 – regionalne ceste I. reda so državne ceste, namenjene prometnemu povezovanju pomembnejših središč lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije; R2 – regionalne ceste II. reda so državne ceste, namenjene prometnemu povezovanju središč lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije;



Slika 2: Javne ter ostale ceste, priključki na avtocesto oz. hitro cesto ter središča statističnih regij v Sloveniji leta 2003.

*R3* – regionalne ceste III. reda so državne ceste, namenjene prometnemu povezovanju središč lokalnih skupnosti, za državo pomembnih turističnih (turistične ceste) in obmejnih območij ter mejnih prehodov z državnimi cestami enake ali višje kategorije, kadar po predpisanih merilih za kategorizacijo ne dosežejo višje kategorije; *LC* – lokalne ceste so občinske ceste, namenjene povezovanju naselij v občini z naselji v sosednjih občinah ali povezovanju naselij in delov naselja v sami občini ter je pomembna za navezovanje prometa na javne ceste enake ali višje kategorije.

Slika 2 prikazuje v analizi uporabljene javne ter nekatere druge ceste, priključke na avtocesto oz. hitro cesto ter središča statističnih regij v Sloveniji leta 2003.

V rastrskem pristopu modeliranja dostopnosti smo uporabili naslednje podatkovne sloje: podatke o državnih cestah (Družba RS za ceste), podatke o lokalnih in pomembnejših ostalih cestah (Omega Consult d.o.o.), podatke o lokacijah priključkov na avtocesto ali hitro cesto (UL, FGG, Prometno tehniški inštitut), podatke o regijskih središčih (Geodetska uprava RS) ter podatke o zgradbah s hišno številko ter številu prebivalcev s stalnim prebivališčem v njih (Geodetska uprava RS in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS). Vsi vhodni podatki so bili v vektorski obliki.

Za potrebe rastrskega modeliranja dostopnosti smo vhodne vektorske podatke pretvorili v rastrski zapis. Točnost izračuna dostopnosti je pogojena z ločljivostjo vhodnih rastrskih podatkov. V našem primeru, ko smo računali dostopnost do regijskih središč, smo izbrali ločljivost 100 x 100 m. Območje Slovenije je bilo tako opredeljeno s 4.141.500 slikovnimi elementi (1650 vrstic in 2510 stolpcev).

### 3.2 Modeliranje stroškovnih ploskev

Ključni problem pri modeliranju dostopnosti je opredelitev stroškovne ploskve. Stroškovna ploskev je definiran s stroškovnimi (običajno časovnimi) razdaljami od izvorov (obravnavanih objektov). Izračun stroškovne ploskve temelji na ploskvi trenja, ki je definirana z relativnimi stroški premika čez rastrsko celico. V našem primeru je bil ta strošek opredeljen kot potovalni čas potreben za prehod rastrske celice z osebnim vozilom. Pri tem smo predhodno opredelili povprečno potovalno hitrost za vsako kategorijo ceste kot tudi za območje izven mreže cest. Povprečne potovalne hitrosti so izpisane v preglednici 1. Vrednosti ploskve trenja so izračunane po enostavnem modelu potrebnega časa za prehod ene rastrske celice z osebnim vozilom:

$$CCT = \frac{PS \cdot 60}{TS \cdot 1000} \quad (1)$$

kjer je *CCT* – čas potreben za prehod rastrske celice (angl. Cell Crossing Time) v minutah; *PS* ločljivost rastrske podobe (velikost rastrske celice v naravi, angl. Pixel Size) v metrih; *TS* povprečna potovalna hitrost (angl. Travel Speed) v kilometrih na uro.

Npr., če je ločljivost vhodnih rastrskih podatkov 100 m, potrebuje osebni avto, ki vozi po glavni cesti I. reda, kjer je definirana povprečna potovalna hitrost 70 km/h, za prehod ene rastrske celice:



$$CCT_{GC1} = \frac{PS \cdot 60}{TS \cdot 1000} = \frac{100 \cdot 60}{70 \cdot 1000} = \frac{6}{70} = 0,0857 \text{ minute}$$

Predpostavimo, da potnik v osebnem vozilu vozi po dovoznih poteh in ulicah, ki niso prikazani v mreži cest na sliki 1, s povprečno hitrostjo 15 km/h, torej je čas potreben za prehod celice 0,4 minute. Ostale vrednosti ploskve trenja so predstavljene v preglednici 1.

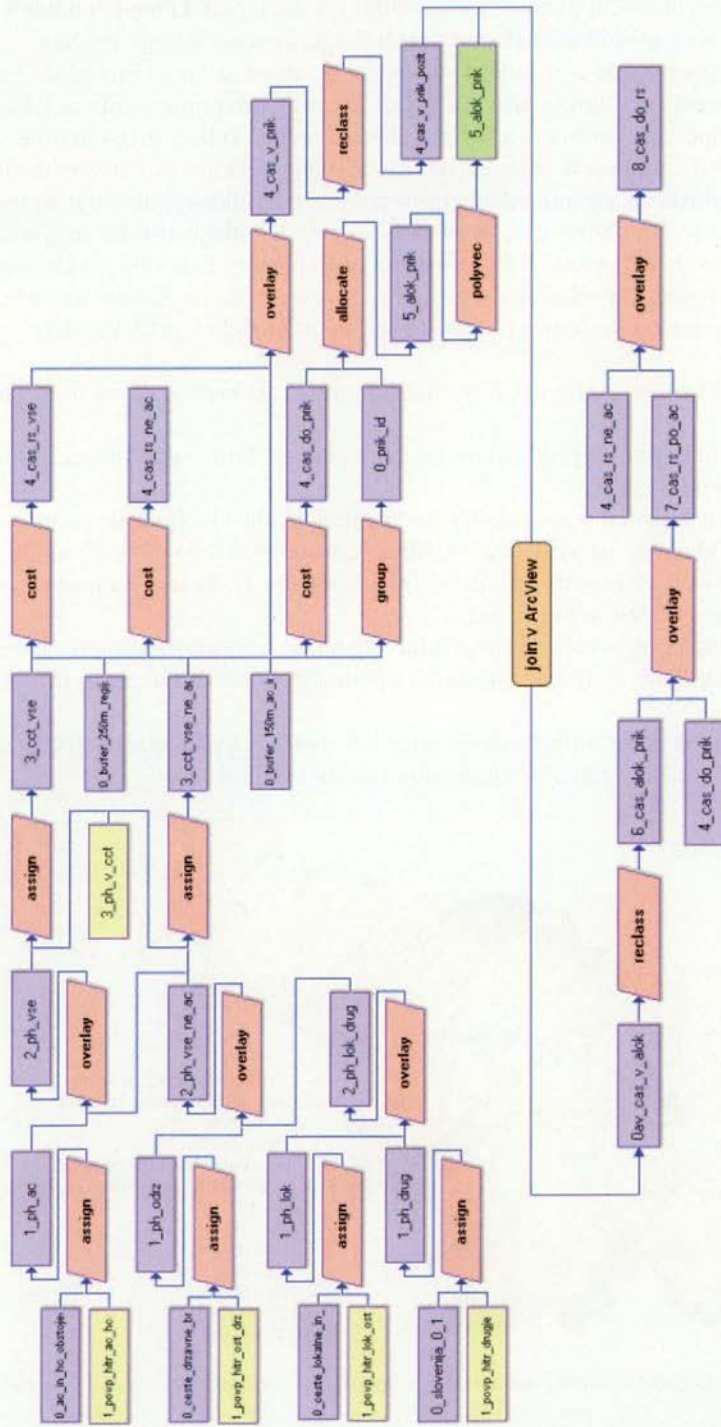
*Preglednica 1: Povprečna hitrost in čas potreben za prehod celice po vrstah cest.*

Vrsta ceste	Povprečna hitrost [km/h]	Čas potreben za prehod celice – CCT [min]
Avtocesta (AC)	130	0,0461
Hitra cesta (HC)	110	0,0545
Glavna cesta I (GC1)	70	0,0857
Glavna cesta II (GC2)	65	0,0923
Regionalna cesta I (RC1)	60	0,1000
Regionalna cesta II (RC2)	45	0,1333
Regionalna cesta III (RC3)	35	0,1714
Regionalna cesta III – turistična c. (RT)	35	0,1714
Lokalna cesta (LC)	35	0,1714
Druge ceste (DC)	30	0,2000

Pri analiziranju dostopnosti na mezo in mikro ravni (raven občin ali celo naselij) se lahko v številnih primerih izognemo dvostopenjskemu modeliranju dostopnosti do obravnavanih lokacij (objektov): pri tem predpostavimo, da potniki izbirajo predvsem poti izven avtocest in hitrih cest; glej tudi Drobne (2003). Ko računamo dostopnost na makro ravni (raven države ali regij), pa je potrebno v model vključiti dve ploskvi časovnih razdalj: prvič, po avtocestah in hitrih cestah, in, drugič, po vseh ostalih cestah.

Modeliranje časovnih ploskev in analizo dostopnosti smo pretežno izvedli v rastrskem GIS-orodju Idrisi; združitev časov dostopnosti v priključkih avtocest in hitrih cest z alociranimi območji na priključke pa smo izvedli v vektorskem GIS-orodju ArcView. Pri tem smo uporabili pristop kartografskega modeliranja, ki omogoča sprotno popravljajenje morebitnih parametrov analize, arhiviranje postopkov analize ter morebitno kasnejšo, ponovno uporabo modela. Na sliki 3 je prikazan kartografski model dvostopenjskega modeliranja dostopnosti.

Pri izvedbi kartografskega modela in analize dostopnosti smo upoštevali osnovni značilnosti v Idrisi vgrajenih algoritmov izračuna stroškovnih ploskev. Algoritem potiskanja stroškov (angl. costpush oz. costbroom algorithm) je sicer hitrejši, vendar ni primeren za obdelavo kompleksnih ploskev trenja (Eastman 1989). Na drugi strani pa je mogoče z algoritmom naraščanja stroškov (angl. costgrow) obdelati zelo kompleksne ploskve trenja. Te lahko vključujejo tudi podatke o relativnem trenju oz. podatke o raznih



Slika 3: Kartografski model dvostopenjskega modeliranja dostopnosti.

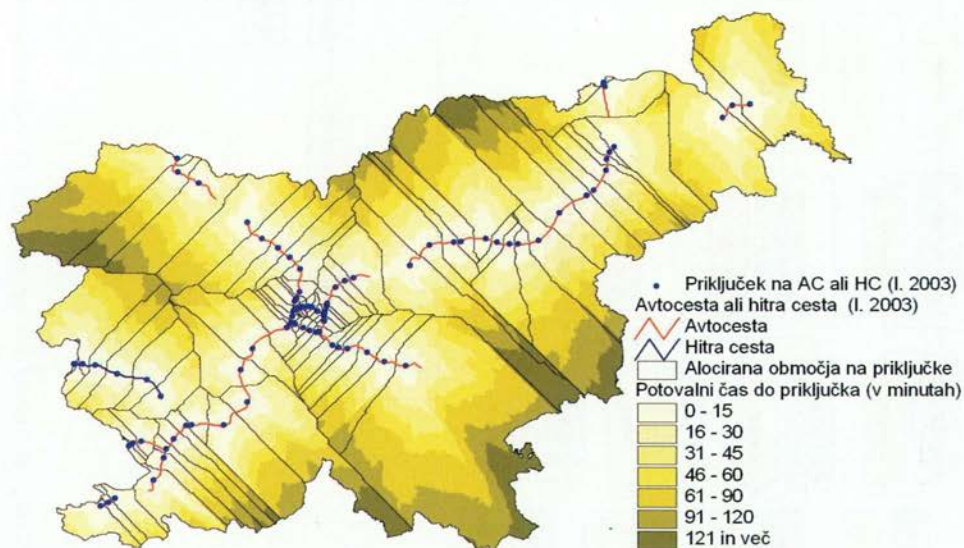


ovirah na obravnavanem območju trenja (Eastman 2001). V kartografski modeli modeliranja dostopnih časov do regijskih središč smo vgradili algoritem naraščanja stroškov.

Vrednost trenja zunaj mreže cest je lahko konstantna, ali pa se spreminja glede na nekatere zunanje spremenljivke, kot so raba tal, naklon itd. V našem primeru smo za lokacije izven mreže cest uporabili konstanten čas potreben za prehod celice, tj. 0,4 minute.

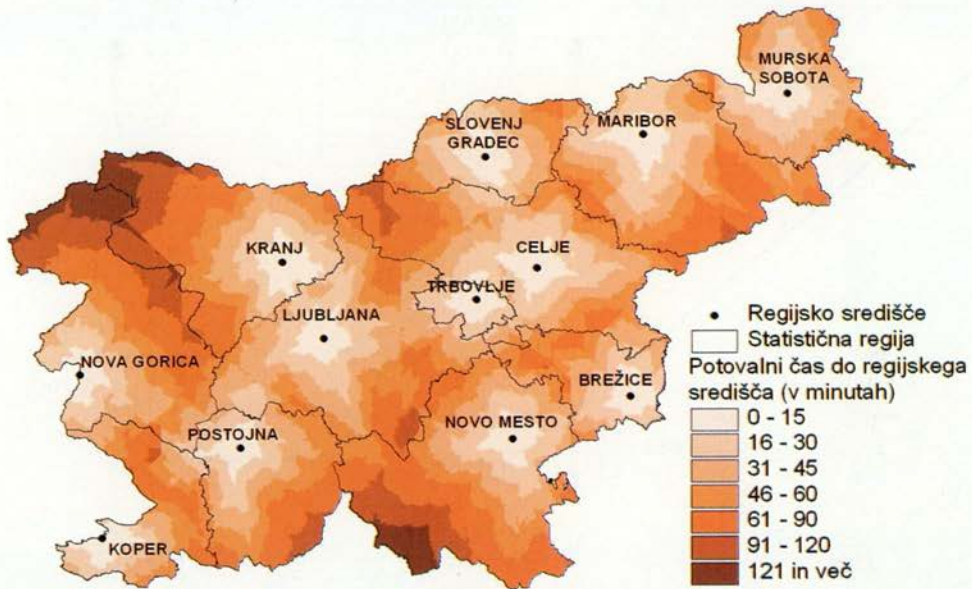
Kot smo že omenili, zahteva dvostopenjsko modeliranje dostopnosti izračun dveh stroškovnih ploskev: ploskev časovnih oddaljenosti posameznih lokacij Slovenije do regijskih središč brez avtocest in hitrih cest ter ploskev časovnih oddaljenosti do regijskih središč po avtocestah oz. hitrih cestah. S prekrivanjem obeh ploskev časovnih razdalj nato poiščemo najmanjšo vrednost – dostopnost posamezne lokacije do regijskega središča. V splošnem pa poteka izračun dostopnosti v dvostopenjskem modelu v petih korakih:

1. Izračun potovalnih časov do regijskih središč po mreži cest brez avtocest in hitrih cest.
2. Izračun potovalnih časov od priključkov na avtocesto oz. hitro cesto do regijskih središč po celotni mreži cest.
3. Izračun potovalnih časov od posameznih lokacij opredeljenih z ločljivostjo rastrskega prikaza do priključkov na avtocesto oz. hitro cesto ter alokacija območij na priključke glede na potovalni čas do priključka (glej tudi sliko 4). Ta izračun izvedemo po mreži cest brez avtocest in hitrih cest.
4. Seštetje potovalnih časov iz točke 3 (iz zaledja do priključkov) s potovalnimi časi iz točke 2 (iz priključka do regijskega središča) s pomočjo alociranih območij na priključke.
5. Določitev minimuma potovalnih časov do regijskih središč za vsako rastrsko celico obravnavanega območja (primerjava potovalnih časov iz točk 1 in 4).



Slika 4: Potovalni časi do priključkov na avtocesto oz. hitro cesto ter alokacija območij na priključke leta 2003.

V zadnji fazi modeliranja dostopnosti do regijskih središč primerjamo vrednosti vsake rastrske celice, ali hitreje prevozimo z osebnim vozilom do regijskega središča po avtocesti oz. hitri cesti ali po kakšni drugi cesti. Rezultat je ploskev časovne dostopnosti do regijskih središč, ki podaja potovalne čase v minutah za poljubno lokacijo v Sloveniji (pogojeno z izbrano ločljivostjo rastrskega prikaza; glej tudi sliko 5).



Slika 5: Potovalni časi do regijskih središč RS leta 2003.

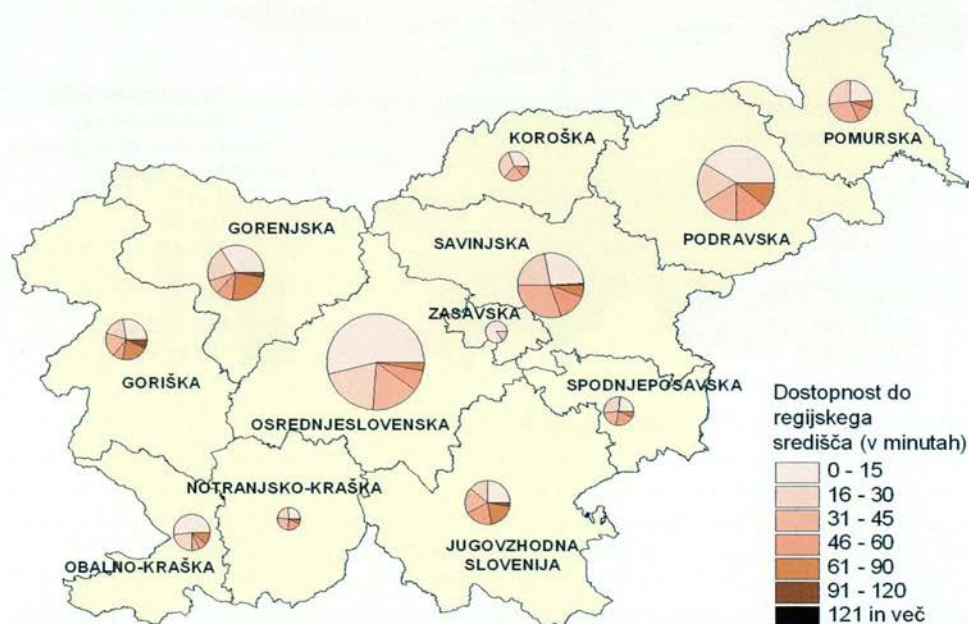
#### 4 ANALIZA DOSTOPNOSTI

Kot primer uporabe podatkov o časovni dostopnosti do regijskih središč smo primerjali le-te s poselitvijo prebivalstva v Sloveniji leta 2003. Rezultati analize dostopnosti kažejo, da je leta 2003 skoraj 39 % prebivalcev Slovenije lahko dostopalo z osebnim vozilom do regijskega središča v 15-tih minutah ali manj. Hkrati pa je skoraj 11 % prebivalcev bilo prijavljenih na naslovih, katerih časovna dostopnost do regijskega središča je zanašala več kot eno uro. Podroben prikaz števila prebivalcev s stalnim prebivališčem glede na dostopni čas z osebnim vozilom do regijskega središča je prikazan v preglednici 2 oz. po statističnih regijah na sliki 6.



Preglednica 2: Število prebivalcev s stalnim prebivališčem glede na dostopni čas z osebnim vozilom do regijskega središča.

Dostopni čas z osebnim vozilom do regijskega središča [min]	Število prebivalcev s stalnim prebivališčem	Delež prebivalcev s stalnim prebivališčem
0–15	774.985	38,9 %
16–30	413.651	20,8 %
31–45	357.358	17,9 %
46–60	230.571	11,6 %
61–90	188.246	9,5 %
91–120	22.263	1,1 %
121 in več	4288	0,2 %



Slika 6: Potovalni časi do najbližjih regijskih središč po regijah RS leta 2003.

Cilj številnih analiz dostopnosti je tudi alokacija prostora (v našem primeru na regijska središča). Iz slik 4 in 5 lahko ugotovimo, da nekatere lokacije po statističnih regijah ne gravitirajo – glede na časovno dostopnost z osebnim vozilom po mreži cest leta 2003 – na regijsko središče v regiji, v kateri se nahajajo. V primeru enostopenjskega modeliranja dostopnosti, katerega rezultat je zvezna ploskev časovnih oddaljenosti, je alokacijo prostora mogoče izvesti z običajnimi algoritmi alokacije v GIS-orodjih; glej primer za »pravičnejšo« alokacijo prostora z občinami RS (Drobne 2003). V primeru dvostopenjskega modeliranja dostopnosti pa uporaba takšnih metod (enostavne primerjave časovnih oddaljenosti) odpove. Zato se kot predlog za nadaljnje raziskave kaže razvijanje metode

alokacije prostora definirane z nezveznimi ploskvami časovnih oddaljenosti – oz. razvijanje metode alokacije prostora pri dvostopenjskem modeliranju dostopnosti.

## 5 SKLEP

V prispevku smo predstavili rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u. Model smo preizkusili na primeru izračuna časovnih razdalj do regijskih središč statističnih regij v Sloveniji.

Podobno kot vektorski ima tudi rastrski pristop izračuna dostopnosti nekatere omejitve, ki se kažejo predvsem v vhodnih podatkih (npr. definiranje povezanosti v vozliščih, definiranje smeri tokov...). Poleg teh ima v prispevku opisan model še nekaj drugih omejitev, katere bi bilo smiselno odpraviti. Tako smo, npr., definirali časovne oddaljenosti s posplošenimi povprečnimi potovalnimi hitrostmi, ki so bile opredeljene zgolj z vrsto ceste. Za bolj kompleksno analizo dostopnosti bi v postopku modeliranja dostopnosti morali upoštevati tudi podatke o gostoti prometa, prometnih omejitvah na cestnih odsekih, podatke o naklonih cestišča itd. Prav tako smo za lokacije izven mreže cest posplošeno predvideli povprečno potovalno hitrost 15 km/h. V tem segmentu se kaže izpopolnitev modela že z upoštevanjem naklona terena, po katerem se giblje voznik osebnega vozila. V model bi bilo smotno vključiti tudi faktor vijuganja ostalih cest, ki trenutno še niso vključene v model (metodološki pristop ter izračun faktorja vijuganja slovenskih cest sta pojasnjena v (Drobne in Paliska 1998).

Kot smo že ugotovili zgoraj, je v prispevku predstavljen rastrski pristop modeliranja časovnih dostopnosti omejen predvsem z vhodnimi podatki. Pri tem se kaže kot ena največjih in najpomembnejših omejitev rastrskega pristopa prav nezmožnost opredelitve povezanosti v vozliščih, medtem ko je smeri prometnih tokov že mogoče modelirati s ploskvami vektorjev oz. smermi gibanja. Za potrebe zapletenih analiz dostopnosti na mikro nivoju pa bi bilo potrebno rastrski pristop modeliranja časovne dostopnosti temeljito nadgraditi. V takšnem primeru je analizo časovne dostopnosti trenutno bolje izvesti z različnimi metodami vektorskega pristopa modeliranja dostopnosti, kot je opisano v (Paliska et al. 2004).

## VIRI IN LITERATURA:

- Donnay, J. P., Ledent Ph. 1995: Modelling of Accessibility Fields. Proceedings JEC-GI '95, Vol. I, str. 489–494. Nizozemska.
- Drobne, S., Paliska, D. 1998: Winding factor of road: Estimation of distances between Slovenian settlements in non-GIS applications using GIS approach's results. V GIS planet '98: CD-ROM proceedings. Lisboa, 6 str.
- Drobne, S. 2003: Modelling Accessibility Fields in Slovene Municipalities. SOR '03 proceedings. Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research, str. 89–96.
- Eastman, J. R. 1989: Pushbroom Algorithms for Calculating Distances in Raster Grids. Proceedings AUTOCARTO 9, str. 288–297.



- Eastman, J. R. 2001: Costdistances and least-cost pathways. Idrisi32 Tutorial, str. 71–76. ZDA.
- de Jong, T., Ritseman van Eck J. R. 1997: Location Profile-Based Measures as an Improvement on Accessibility Modelling in GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 20/3, str. 181–190. ZDA.
- Julião, R. P. 1999: Measuring Accessibility Using GIS. *GeoComputation Proceedings*. Medmrežje: [http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/010/gc\\_010.htm](http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/010/gc_010.htm) (18.4.2003).
- Kulkarni, R. G., Stough, R. R., Haynes, K. E. 2000: Towards a Percolation model of Accessibility: An Exploratory Step. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24(2000), str. 421–434. ZDA
- Omega Consult, d.o.o. 1996: Analiza dostopnosti naselij do cestne in železniške mreže v Sloveniji. Omega Consult. Slovenija
- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. 2000: Vpliv dostopnosti do avtobusnih postajališč na odločitev potnikov o transportnem sredstvu v RS. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000*, str. 233–241. Slovenija.
- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. 2004: Uporaba GIS-a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004*, tu. Slovenija.
- Medmrežje 1: <http://www.sigov.si/mpz/4pod/2/1c.html> (27. 4. 2004).
- Medmrežje 2: <http://www.stat.si/> (27. 4.2004).

# ANALIZA VRZELI OPAŽANJ NETOPIRJEV Z ULTRAZVOČNIM DETEKTORJI KOT OSNOVA ZA NAČRTOVANJE TERENSKIH RAZISKAV

Primož Presetnik\*, Vesna Grobelnik\*

UDK: 599.4(497.4)

## *Izleček*

*Analiza vrzeli opažanj netopirjev z ultrazvočnim detektorji kot osnova za načrtovanje terenskih raziskav*

Metoda prepoznavne netopirjev z ultrazvočnimi detektorji je v Sloveniji uveljavljena zadnjih 5 let. Mesta raziskovanj so bila zgolj naključna in ustvarjajo videz relativno enakomerne geografske pokritosti Slovenije. Postavlja pa se vprašanje ali smo s takšnim vzorčenjem enakomerno pokrili tudi različna območja glede morfologije in pokritosti tal. Podatki so bili analizirani glede na različne prostorske plasti. Relativno najbolje so z ultrazvočnimi detektorji raziskani nižinski in urbanizirani predeli ter obvodni habitati, slabo pa višje ležeči in gozd-nati predeli. Z analizo vrzeli (gap analizo) je bil izdelana Karta raziskanosti netopirske favne z ultrazvočnimi detektorji v Sloveniji.

## *Ključne besede*

*netopirji, ultrazvočni detektorji, analiza vrzeli*

## *Abstract*

*Gap analysis of bats observations with ultrasound detectors as an aid for planning further field research.*

Recognition of flying bats with ultrasound detectors has been used in Slovenia for the past 5 years. Sampling of localities was random and gives a picture of relatively uniform coverage of Slovenia. The question was raised whether such sampling adequately covers different morphological and land cover areas in Slovenia. The data were therefore analysed with GIS using different layers. Results show that bat observations with ultrasound detectors cover relatively well only lowlands, urbanised areas and riparian habitats. Mountainous and forest areas are partly covered. The map of bat ultrasound detector observations coverage in Slovenia was produced combining different geographical layers and gap analysis.

## *Keywords*

*bats (Chiroptera), ultrasound detector, gap analysis*

## 1 UVOD

Netopirji (Chiroptera) so nočno aktivni sesalci (Mammalia), ki aktivno letajo. Mali netopirji (Microchiroptera) se pri tem orientirajo z ehelokacijo na podlagi odbojev svojih ultrazvočnih klicev. Let in ehelokacija sta netopirjem omogočila zavzemanje različnih

\* Center za kartografijo favne in flore, Antoličičeva 1, 2204 Miklavž na Dravskem polju, primoz.presetnik@ckff.si, vesna.grobelnik@ckff.si



življenjskih niš in s tem speciacijo. Na svetu je znanih več kot 1000 vrst malih netopirjev, v Sloveniji pa z 29 zabeleženimi vrstami (Kryštufek et al. 2003, str. 18) netopirji predstavljajo približno eno tretjino prostoživečih vrst sesalcev. Do pred kratkim (Kryštufek 1991) je bilo znanje o razširjenosti netopirjev pri nas precej skopo predvsem zaradi metodoloških težav. Netopirji so namreč i) nočne živali, ii) za zatočišča si izbirajo skrite prostore in iii) njihovi ehokacijski klici (20–110 kHz) so ljudem neslišni.

Leta 1999 smo začeli v Sloveniji za raziskovanje razširjenosti netopirskih vrst uporabljati ultrazvočne detektorje, ki omogočajo prepoznavo tudi letajočih netopirjev. Prepoznavna vrst netopirjev temelji ali na heterodinem načinu uporabe ultrazvočnega detektorja, ki pretvori ultrazvočne klice netopirjev v človeku slišno območje, ali pa se z načinom 10x upočasnitve časa klice netopirjev posname in analizira s pomočjo ustrezne programske opreme (npr. Ahlén 1990, Barataud 1996). Zaradi podobnosti ehokacijskih klicev različnih vrst netopirjev, slabih opazovalnih pogojev ali prekratkega časa poslušanja, ni mogoče vedno natančno določiti vrste letajočega netopirja. Kljub temu pa je mogoče z ultrazvočnimi detektorji v Sloveniji v ugodnih pogojih dobro razlikovati najmanj 10 vrst netopirjev, od katerih jih mnogo z ostalimi metodami le težko odkrijemo. Na ta način smo našli novo vrsto za Slovenijo, drobnega netopirja *Pipistrellus pygmaeus* (Presetnik et al. 2001). Terensko delo ponavadi poteka v času ko je netopirska aktivnost najvišja – od večera do polnoči, včasih tudi v urah pred sončnim vzhodom. Večina raziskovalnega časa je namenjena pregledom tistih okolij, kjer pričakujemo večjo gostoto netopirjev in s tem vrstno pestrost (npr. v bližini vod) oz. iščemo točno določene vrste, npr. tiste ki se prehranjujejo okoli cestnih luči.

Poznavanje prehranjevalnih habitatov netopirjev je tako nabor različnih raziskav usmerjenih na ožja (Koselj et al. 2000, Presetnik 2001) ali širša območja (Koselj & Aupič 2001) ter ostalih bolj ali manj naključno pregledanih lokalitet. Po petih letih raziskovanja z ultrazvočnimi detektorji se postavlja vprašanje, kako dobro tak nesistematični način zbiranja podatkov prostorsko pokriva Slovenijo in kje so vrzeli, ki jih moramo odpraviti z nadaljnimi raziskavami.

## 2 METODE

Iz podatkovne zbirke Centra za kartografijo favne in flore (stanje na dan 7.2.2004) smo izbrali vse lokalitete (351), na katerih so bile vrste netopirjev v prehranjevalnih habitatih določene s pomočjo ultrazvočnih detektorjev. Zaradi izredne mobilnosti netopirjev smo točkovnim lokalitetam pripisali površino s polmerom 300 m. Pri analizi nas je zanimala le prostorska komponenta podatkov, zato lokalitete niso bile utežene glede na število obiskov oz. količino vložene časa raziskovanja na posamezni lokaliteti ali na število odkritih vrst.

Pri delu smo uporabili program ArcView 3.1 in njegovo razširitev Spatial Analyst.

Podatke o opažanjih netopirjev smo analizirali z različnimi sloji: fitogeografski-mi območji (Wraber 1969), DMR 100 ter pokrovnostjo tal – Corine Land Cover 2000 (CLC2000). CLC 2000 je razdeljen na 5, 15 oz. 44 kategorij. Za analizo smo uporabili razdelitev na 5 kategorij in prilagojeno razdelitev na 15 kategorij, kjer smo območje Škocjanskega zatoka, ki ga CLC2000 klasificira kot morje dodali k obalnimi močvirjem,

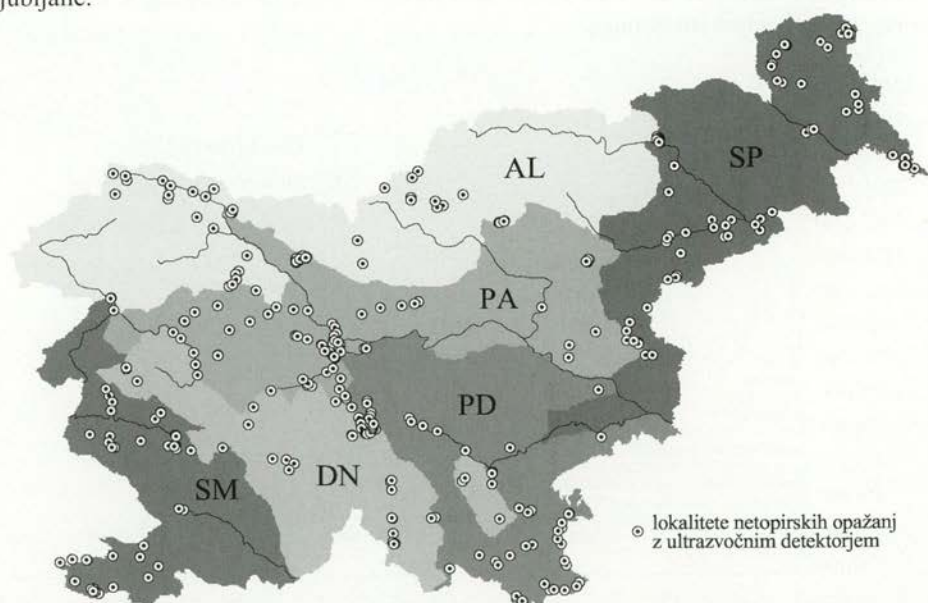
kar ustreza biološkim značilnostim tega območja, ter tako dobili razdelitev na 14 kategorij. Pri DMR 100 smo oblikovali 28 kategorij – po stometrskih višinskih pasovih.

Vektorske podatkovne sloje smo pretvorili v raster z enako velikostjo in številom celic (velikost celice 100 x 100 m). Za vsak posamezen sloj smo tako dobili odstotek pokritosti posameznega atributa z netopirskimi lokalitetami.

Za končno analizo vrzeli smo prekrili sloja DMR 100 (28 kategorij) in CLC2000 (14 kategorij), s čemer smo dobili nov sloj (DMR 100/CLC2000). Od 392 možnih kategorij z atributi nadmorske višine in pokrovnosti tal smo ugotovili 174 dejanskih kategorij. Sloj DMR 100/CLC2000 smo preverili glede pokritosti z netopirskimi lokalitetami, ter rezultate predstavili v Karti raziskanosti netopirske favne Slovenije z ultrazvočnimi detektorji.

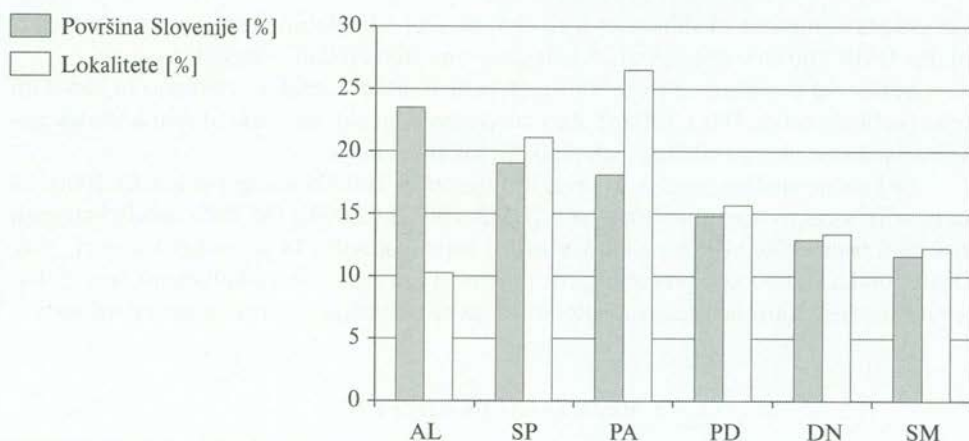
### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Na 351 lokalitetah smo netopirje v prehranjevalnih habitatih opazovali z ultrazvočnim detektorjem (slika 1). Podatki so na prvi pogled dokaj enakomerno porazdeljeni po fitogeografskih regijah Slovenije (Wraber 1969) (slika 1 in slika 2), ki se v biologiji pogosto uporabljajo tudi za prikazovanje in interpretacijo razširjenosti živalskih vrst v Sloveniji (npr. Kryštufek & Červeny 1997). Pri primerjavi odstotkov površine Slovenije in števila opažanj netopirjev z ultrazvočnim detektorjem glede na fitogeografske regije se je izkazalo, da je bila glede števila opažanj relativno slabše pokrita alpska regija (slika 2), višji pa je odstotek lokalitet v predalpski regiji, predvsem zaradi zgostitve lokalitet v okolici Ljubljane.



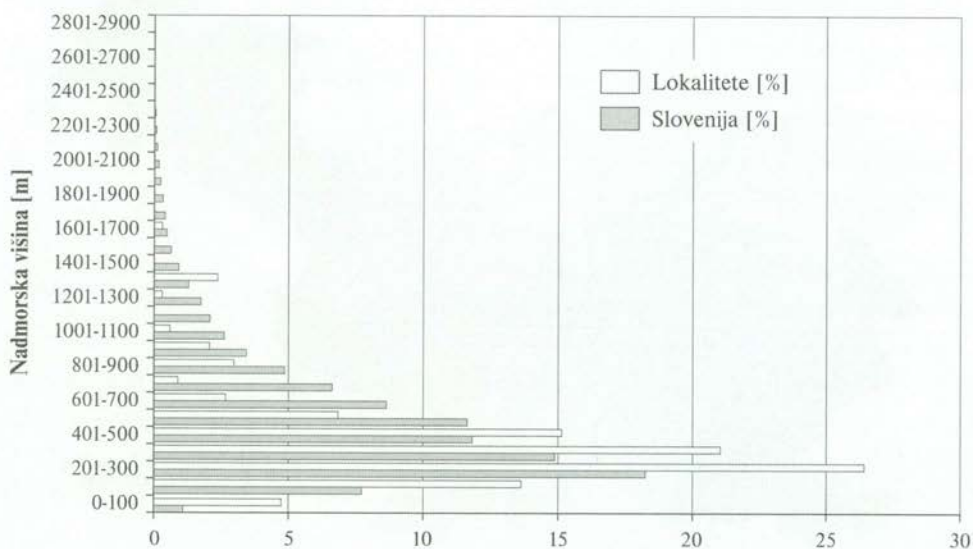
Slika 1: Lokalitete opažanj netopirjev z ultrazvočnim detektorjem in njihova razporejenost glede na fitogeografske regije Slovenije. (AP – alpska, PA – predalpska, DN – dinarska, PD – predinarska, SM – submediteranska, SP – subpanonska).





Slika 2: Deleži površine Slovenije in delež lokalitet opažanj netopirjev z ultrazvočnim detektorjem glede na fitogeografske regije. (AP – alpska, PA – predalpska, DN – dinarska, PD – predinarska, SM – submediteranska, SP – subpanonska)

Primerjava razporeditve nadmorskih višin opažanj netopirjev z razporeditvijo nadmorskih višin celotnega ozemlja Slovenije (slika 3) kaže na to, da smo terensko delo opravljali po nižjih predelih, precej redkeje pa smo pregledovali nad 500 m. Izjema je višinski pas od 1300 do 1400 m, kjer je bila izvedena inventarizacija netopirjev na rastiščih divjega petelina (Koselj et. al. 2000), ki je na sliki 4 viden kot izstopajoč marmoriran vzorec po vsem alpskem območju.



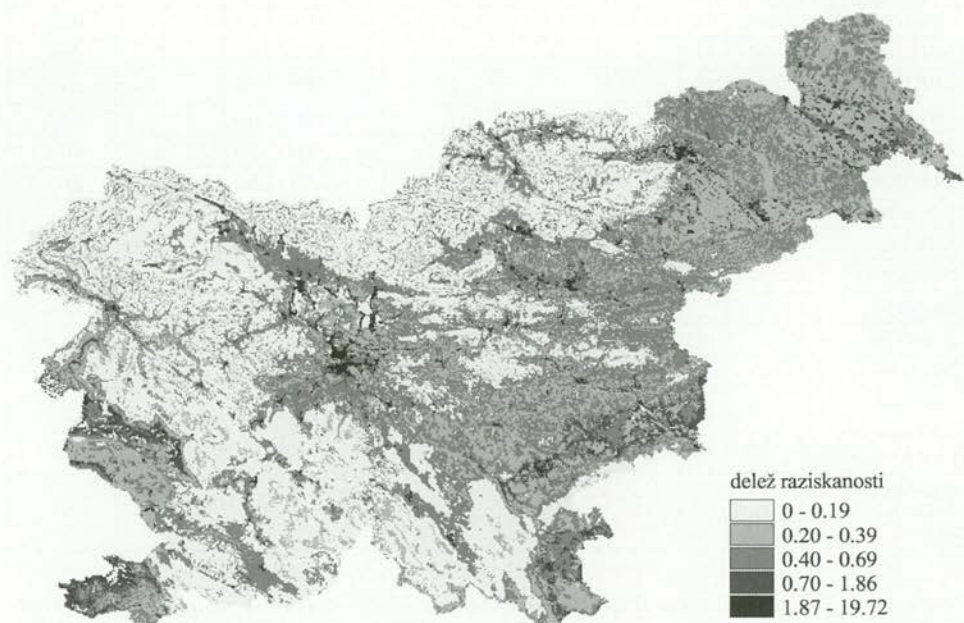
Slika 3: Frekvenčna porazdelitev nadmorskih višin v Sloveniji in opažanj netopirjev z ultrazvočnim detektorjem.

Rezultati primerjave podatkov o netopirjih z nizom pokrovnosti tal so predstavljeni v preglednici 1. Višje odstotke pregledanosti z ultrazvočnimi detektorji imajo območja umetno ozelenjenih nekmetijskih zemljišč (mestnih parkov) in celinskih voda, ki jim kot vrstno pestrim in lahko dostopnim območjem namenjamo pri delu več pozornosti. Od tipov pokrovnosti tal, ki zavzemajo več kot 1 % površine Slovenije, po številu lokalitet izstopajo urbane površine, še posebno, če jim pridružimo še zemljišča z industrijo, trgovino oz. transportom, ki so ravno tako lahko dostopna. Izredno zapostavljen pri raziskavah z ultrazvočnimi detektorji je gozd, ki je sicer primarno bivališče in prehranjevalni habitat večine naših netopirjev.

Za kvalitetno načrtovanje nadaljnjega terenskega dela, je potrebno netopirska opažanja prostorsko natančno opredeliti in to s takšnimi opisi, ki omogočajo lahko prepoznavo oz. lokacijo na terenu. Kot takšne smo ocenili sloja nadmorskih višin in pokrovnosti tal.

Za vsako od 174 kategorij sloja DMR 100/CLC2000 smo izračunali delež celic raziskanih z ultrazvočnimi opažanji netopirjev. Deleži raziskanosti posameznih kategorij se gibljejo od 0 do ca. 20 % (preglednica 1).

Kot terenske biologe nas predvsem zanima kje v Sloveniji so kategorije s slabšo raziskanostjo z ultrazvočnim detektorjem. Slika 4 predstavlja deleže raziskanosti posameznih kategorij sloja DMR 100/CLC2000, razdeljenih v 5 razredov po metodi »natural break«. Svetlejšje barve pomenijo nižjo raziskanost kategorij, glede na nadmorsko višino in tip pokrovnosti, ter so cilj usmerjanja dela v prihodnje.



Slika 4: Karta raziskanosti netopirske favne Slovenije z ultrazvočnimi detektorji glede na pokrovnost tal (Corine Land Cover 2000) in nadmorsko višino.



Nadmorska višina [m]	Tip pokrovnosti tal/ Corine Land Cover												
	Gozd <sup>1</sup>		Mešane kmetijske površine <sup>2</sup>		Pasniki <sup>3</sup>		Njivske površine <sup>4</sup>		in/ali zeljšeno rastlinje <sup>5</sup>		Ormovno površine <sup>6</sup>		Neporastle površine z malo ali brez vegetacije <sup>7</sup>
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
0–100	4791	0,7	10158	0,8	81	0,0	1428	0,0	508	4,7	1697	5,1	2
101–200	42765	0,6	40475	0,9	7312	1,0	46968	0,3	3439	1,2	7278	2,8	191
201–300	117489	0,3	140870	0,7	18414	0,6	53727	0,3	6768	0,3	14471	3,0	187
301–400	147824	0,3	100302	0,6	16980	0,7	12152	0,0	5416	0,4	9720	3,1	387
401–500	147791	0,5	56734	0,5	19340	0,7	1255	0,0	6815	0,1	4396	3,0	79
501–600	160216	0,2	41100	0,6	20665	0,3	587	0,0	6393	0,1	2947	2,3	141
601–700	134419	0,1	20876	0,2	13319	0,2	156	0,0	5044	0,0	457	9,2	219
701–800	102324	0,1	13073	0,1	12119	0,2	117	0,0	5953	0,0	158	0,0	194
801–900	80365	0,2	6571	0,6	6429	0,4	136	0,0	4664	0,3	110	10,0	224
901–1000	58784	0,2	2686	0,2	3771	1,1	91	0,0	3840	0,0	2	0,0	339
1001–1100	46795	0,2	955	0,2	1628	0,1	27	0,0	3138	0,0	-	-	478
1101–1200	38219	0,1	294	0,0	642	0,0	10	0,0	2588	0,1	-	-	569
1201–1300	31535	0,2	190	0,0	274	0,0	4	0,0	2866	0,3	-	-	615
1301–1400	21372	0,4	78	0,0	73	0,0	-	-	3690	0,9	-	-	867
1401–1500	12158	0,2	40	0,0	19	0,0	-	-	5171	0,3	-	-	1217
1501–1600	5193	0,0	8	0,0	7	0,0	-	-	5846	0,1	-	-	1673
1601–1700	2034	0,0	-	-	-	-	-	-	5283	0,0	-	-	2286
1701–1800	846	0,0	-	-	-	-	-	-	3797	0,0	-	-	3491
1801–1900	334	0,0	-	-	-	-	-	-	2103	0,0	-	-	3917
1901–2000	76	0,0	-	-	-	-	-	-	905	0,0	-	-	3676
2001–2100	3	0,0	-	-	-	-	-	-	377	0,0	-	-	2899
2101–2200	-	-	-	-	-	-	-	-	172	0,0	-	-	2045
2201–2300	-	-	-	-	-	-	-	-	93	0,0	-	-	1431
2301–2400	-	-	-	-	-	-	-	-	49	0,0	-	-	977
2401–2500	-	-	-	-	-	-	-	-	18	0,0	-	-	408
2501–2600	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0,0	-	-	129
2601–2700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
2701–2864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Pokrovnost tal/ Land coverage [%]	57,0		21,4		6,0		5,8		4,2		2,0		1,4
Pregledana površina/ Surveyed area [%]	0,2		0,6		0,5		0,3		0,2		3,0		0,1

Preglednica 1: Kategorije sloja DMR 100/CLC2000 in deleži raziskanost netopirjev z ultrazvočnim detektorjem v posamezni kategoriji ter zbirni deleži glede na zbirni tip pokrovnost in nadmorske višine.

[Ha] – število celic posamezne kategorije tipa pokrovnosti tal in nadmorske višine, [%] delež raziskano-  
sti; ležeče so natisnjeni deleži večji kot 1%, »-« kategorija ne obstaja.





#### 4 SKLEP

Uporaba ultrazvočnih detektorjev za razločevanje različnih vrst netopirjev je v Sloveniji na začetnih stopnjah, na kar kaže relativno majhno število tovrstnih opažanj. Verjetno je to tudi razlog, da so najboljše raziskani nižinski in urbanizirani predeli ter obvodni habitati, ki so najlažje dostopni in kjer se pričakuje največja raznolikost netopirskih vrst. Mnogo slabša je raziskanost predvsem višje ležečih gozdnih predelov.

Tako bo ob rednem delu na celotnem ozemlju Slovenije, potrebno več pozornosti nameniti raziskavam dinarskih in alpskih gozdov.

#### 5 ZAHVALA

Večino podatkov so prispevali člani Slovenskega društva za proučevanje in varstvo netopirjev: Primož Presetnik, Klemen Koselj, Maja Zagmajster, Nataša Aupič, Uroš Žibrat, Katerina Jazbec in Andrej Hudoklin.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Ahlén, I. 1990: Identification of bats in flight. Swedish Society for Conservation of Nature, Stockholm.
- Barataud, M. 1996: The World of Bats. Sittelle Publishers.
- Koselj, K., Aupič, N. 2001: Prispevek k poznavanju favne netopirjev vzhodne Slovenije. *Natura Sloveniae* 3(2): 41–62.
- Koselj, K., Presetnik, P., Zagmajster, M., Miloš, Č., Čas, M. 2000: Netopirji (Chiroptera) na rastiščih divjega petelina. V: Čas M. (ur.): Ohranjanje habitatov ogroženih vrst gozdne favne v gozdnih ekosistemih in krajinah Slovenije, gozdne kure – divji petelin v obdobju 1998 – 2000. Neobjavljeno poročilo. CRP – Gozd V4 0175, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana: 81–87
- Kryštufek, B. 1991: Sesalci Slovenije. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana: 59–111.
- Kryštufek, B., Červený, J. 1997: New and noteworthy records of bats in Slovenia. *Myotis* 35: 89–93.
- Kryštufek, B., Presetnik, P., Šalamun, A. 2003: Strokovne osnove za vzpostavljanje omrežja Natura 2000: Netopirji (Chiroptera) (končno poročilo). Naročnik: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO, Ljubljana. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana.
- Presetnik, P. 2001: Popis netopirjev v okolici Turjaka. *Natura Sloveniae* 3(1): 5–18.
- Presetnik, P., Koselj, K., Zagmajster, M. 2001: First records of *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825) in Slovenia. *Myotis* 39: 31–34.
- DMR 100. Geodetska uprava Republike Slovenije 2001.
- Wraber, M. 1969: Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. *Vegetatio* 16: 176–199.

# PERCEPCIJA SLOVENSKE PLANINSKE TRANSVERZALE

Nika Zavadlav\* in Krištof Oštir\*\*

UDK: 528:796.52(497.4)

## **Izvleček**

**Percepcija Slovenske planinske transverzale**  
Na podlagi teorij za vizualno estetsko vrednotenje krajine je bil izdelan model ocenjevanja kakovosti krajine vidne s Slovenske planinske transverzale. Z uporabo podatkov o rabi tal in DMV je v orodjih Modeler Maker in Viewshed Analysis programa Erdas opravljena analiza vidnosti in percepcije krajine z izbranih točk transverzale. Metoda predstavlja orodje za določitev vizualno estetske kakovosti krajine na osnovi enakih kriterijev.

## **Ključne besede**

vizualno estetsko vrednotenje, percepcija krajine, DMV, raba tal

## **Abstract**

**Perception of Slovenian Alpine Transverzal**  
Based on visual aesthetics evaluation of landscape theories an appraisal of landscape quality has been made. Visibility analysis and landscape perception from selected points on transverzal has been performed in Erdas Modeler Maker and Viewshed Analysis by using DEM and land use data. The methodology represents a visual quality determination instrument based on the same criteria.

## **Keywords**

visual resource management, landscape perception, DEM, land usage data

## 1 UVOD

Zaradi nenačrtovanih in grobih posegov v prostor v preteklem obdobju, postaja dandanes vse pomembnejše smotrno načrtovanje posegov. Osnovna težnja planerjev je, da so posegi skladni z naravnim okoljem in da ne kvarijo vizualno estetskega izgleda krajine, kljub temu, da so nekateri posegi »nujni« in ne morejo biti skladni z naravnim okoljem. Za slednje, t. i. kvarne posege, praviloma izbiramo območja, ki imajo nizko vizualno estetsko vrednost.

Določanje »vrednosti« pokrajine je zahtevno in v veliki meri subjektivno opravilo. V članku je predstavljena metoda določitve vrednosti percepcije krajine Slovenske planinske transverzale. Slednja s svojim vidnim območjem zajema velik del države, od Ankarana do Maribora, in zajema različne pokrajinske tipe. Uporabljena metoda predstavlja

\* Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, nika.zavadlav@fgg.uni-lj.si

\*\* dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, kristof@zrc-sazu.si



karseda\_nepriustransko oceno za določitev najlepših točk transverzale kot tudi morebitno orodje pri odločanju o posegih v okolje.

Metoda temelji na sistemu vrednotenja percepcije krajine in razvrstitev posameznih krajin v različne kakovostne razrede, ki ga uporablja BLM – Bureau of Land Management iz ZDA (medmrežje 1). Posamezna zemljišča so na podlagi natančno določenega sistema vrednotenja vizualnih kakovosti krajine razvrščena v štiri kakovostne razrede. Metoda BLM poleg pejsažnih kakovosti in cone oddaljenosti, upošteva tudi stopnjo občutljivosti, ki se nanaša na zaskrbljenost javnosti ob morebitnih spremembah krajine. Na podlagi razvrstitve v posamezen razred so podane omejitve in smernice za bodoče gospodarjenje s krajino.

V okviru opisane študije je bila metoda BLM nadgrajena in dopolnjena. Bistveno pri sestavi modela vrednotenja kakovosti krajine je, da določimo lastnosti, ki jih ta mora imeti, da jo opazovalec zazna kot »lepo«. Poleg tega je pomembno ugotoviti do katere oddaljenosti je opazovalec še sposoben zaznati določeno lastnost krajine zaradi česar je ta razvrščena v višji ali nižji kakovostni razred.

Predstavljen je model za oceno percepcije krajine, vidne s posameznih točk transverzale. Uporabljen je pojem percepcija, ki se nanaša na dožemanje estetske kakovosti krajine s strani opazovalca, če jo ta zazna samo z vidom kot glavnim virom informacij o prostoru. Tehnika skuša kar se da nepristransko, zanesljivo pa homogeno, oceniti dele transverzale in poiskati najbolj oz. najmanj zanimive. Večina turističnih vodičev, zgibank in drugega propagandnega gradiva podaja subjektivno oceno krajine. Zato je uporaba geodetskih podatkov na tem področju nov pristop k ugotavljanju percepcije krajine.

## 2 PERCEPCIJA SLOVENSKE PLANINSKE TRANSVERZALE

Uporabljeni model percepcije najprej definira kriterije, ki jih mora krajina izpolnjevati, da jo opazovalec zazna kot »lepo«. Izhodišče za izbiro predstavljata Koblerjev (2001) model estetskega vrednotenja in metoda, ki jo uporablja BLM (medmrežje 1). Osnovna težava, ki vedno nastane pri prevzemanju modelov, je, da je vsak izdelan za določen namen. BLM (medmrežje 1), denimo, uporablja metodo za določitev vizualne kakovosti krajine za ugotavljanje vpliva posegov v prostor na estetski izgled krajine. Kobler je sestavil model za ocenjevanje vpliva zaraščanja gozdov v Sloveniji na estetski izgled krajine. V njegovem modelu je gozd zelo pomemben za končno oceno, medtem ko je pri določevanju percepcije transverzale njegov vpliv manjši.

Zato ni bilo mogoče v celoti prevzeti prvega ali drugega modela, ampak je bilo potrebno določiti lastnega, primernega za določitev estetske vrednosti točk transverzale. V modelu ni upoštevan estetski potencial krajine, tj. odvisnost lepote krajine od stanja krajinskega prizorišča in stanja opazovalca (Marušič 1998), ker je nepredvidljiv in ga z razpoložljivimi podatki in metodo dela ne bi bilo mogoče oceniti. Pri izbiri kriterijev za oceno estetskega izgleda izbranih točk transverzale so bila upoštevana naslednja dejstva:

- večinoma gre za poglede iz hribov v dolino,
- transverzala poteka po štirih krajinskih makroregijah (alpsko, predalpsko, kraško, mediteransko) in
- namen modela je groba ocena najlepših točk Slovenske planinske transverzale.

Model vključuje naslednje kriterije, ki vplivajo na estetski videz krajine:

- relief,
- kompozicijo,
- vodne površine,
- izjemnost krajine ter
- kulturne in naravne spomenike.

*Relief* upošteva vpliv oblike zemeljskega površja, tj. število vidnih grebenov, naklon in vidno površino reliefa glede na estetsko vrednost krajine. Te tri lastnosti reliefa najbolj vplivajo na estetsko oceno pogledov iz hribovitega sveta. Opazovalcu je pogled iz točke transverzale tem lepši, čim manj je reliefnih ovir, ki mu zastirajo pogled, torej čim večja je vidna površina površja. Naklon površja je mera zanimivosti pokrajine, vidni grebeni pa so mera za oceno skrivnostnosti krajine. Grebeni predstavljajo vodilo (Pogačnik 1987), ki usmerja pogled opazovalca in ga navdaja s pričakovanjem, da se na koncu grebena nekaj skriva.

*Kompozicija* se nanaša na ocenjevanje likovnokompozicijskih značilnosti krajine, kot so vidni poudarki, dominante, jasnost in kontrastnost kontur, izrazita kompozicija, ipd. (Pogačnik, 1987). Ocena kompozicije je lahko zelo problematična, saj se ta zelo razlikuje v odvisnosti od smeri pogleda in stanja prostora. Zato smo bili prisiljeni, da v oceno kompozicije vključimo samo dva kriterija: razgibanost reliefa in pestrost rabe tal (Kobler 2001). S kriterijem razgibanosti pridobimo oceno dinamičnosti, s kriterijem pestrosti pa oceno raznolikosti pokrajine. Zanima nas, če je krajina razgibana in sestavljena iz več različnih sklopov, ki skupaj ustvarjajo kompozicijo. Dobra kompozicija v modelu pomeni krajino z razgibanim površjem in pestrostjo vegetacijskih oblik.

Kriterij *vodne površine* vključuje vpliv vidnosti rek in jezer na estetsko vrednost krajine. Voda je eden od petih osnovnih elementov, ki tako simbolizira življenje ter navadno dominira v krajini. Poleg dominantnosti vnaša prisotnost reke ali jezera v krajino spremenljivost in dinamičnost.

*Izjemnost krajine* upošteva vpliv izjemne in redke pokrajine. Območja izjemno zanimivih in redkih pojavov v krajini so zavarovana. Pri ugotavljanju izjemnosti krajine predpostavljamo, da so vsa območja, ki so izjemna, zavarovana kot narodni, regijski ali krajinski park. Na državni ravni so zavarovani kot narodni ali regijski parki, na lokalni ravni pa kot krajinski park.

Kriterij *kulturni ali naravni spomenik* se nanaša na vpliv simbolnega pomena naravnih in kulturnih prvin na estetsko vrednost krajine. V modelu so upoštevani vsi kulturni spomeniki, ki so bili z odlokom sprejeti kot kulturni spomenik državnega pomena (medmrežje 2).

Poleg kriterijev za določitev pejsažne kakovosti je bila upoštevana tudi oddaljenost območja do opazovalca, in sicer glede na tri območja oddaljenosti (medmrežje 1):

- 1. območje: do 5 km,
- 2. območje: od 5 do 24 km ter
- 3. območje: nad 24 km.



### 3 MODELIRANJE

Za izračun vpliva kriterijev reliefa, kompozicije in vodnih površin na estetsko vrednost transverzale so bili uporabljeni podatki o rabi tal Slovenije (Oštir et al. 2000), DMV InSAR DMV 25 (Oštir et al. 2000), podatki o naravnih parkih (Krušič 2002) ter podatki o kulturnih in naravnih spomenikih v Sloveniji (medmrežje 2). Podatki rabe tal so bili pridobljeni s klasifikacijo satelitskih posnetkov Landsat in dopolnjeni z vektorskimi podatki o hidrografiji DTK25 ter imajo enako ločljivost kot uporabljeni DMV.

Izračun vplivov kriterijev vodnih površin, kompozicije in reliefa na percepcijo transverzale je bil izveden z modelirnikom (Modeler Maker) v programskem orodju Erdas Imagine.

Pri ocenjevanju posameznih elementov kakovosti krajine smo se poslužili sistema ocenjevanja, ki ga je uporabil Kobler (2001) pri ocenjevanju vpliva zaraščenosti na vizualno estetsko kakovost krajine. Koblerjev model smo po lastni presoji prilagodili ocenjevanju goratih območij, skozi katerega večinoma poteka transverzala. Poudariti je potrebno, da ocene in uteži posameznih kriterijev kakovosti krajine v tem modelu nastopajo kot prvi približek. V nadaljevanju te raziskave bi lahko z izvajanjem anket in empiričnim poizkušanjem preverili ocene in uteži ter s tem pridobili dokaz o pravilno izbranih vrednosti.

Namesto zvezne obravnave percepcije krajine, ki bi bila računsko prezahtevna, je bila transverzala razdeljena na 58 točk. Na poti so bile enakomerno porazdeljene točke, pri katerih lahko pričakujemo potencial kakovostne krajine, to so točke, ki ležijo na grebenih, na vrhovih, v naravnih parkih ter nekaj točk, ki naj tega potenciala ne bi imele, to so točke, ki ležijo v zaprtih dolinah in kotanjah.

#### 3.1 Relief

Vidnost iz posamezne točke je bila določena z aplikacijo Viewshed v programu Erdas Imagine VirtualGIS. Opazovalcu pogled zastirajo reliefne ovire, vegetacija in grajeni objekti. Zaradi poenostavitve je bilo upoštevano, da opazovalcu pogled zastirata samo gozd in reliefne ovire, saj je pozidava na območju transverzale zelo redka. Ker je natančno višino gozda zelo težko določiti, je bila upoštevana konstantna višina gozda, in sicer 20 m. Za to vrednost so bila namreč »dvignjena« območja modela višin, ki jih prekrivajo gozdne površine. V preglednici 1 so podane ocene, ki jih je posamezna točka dobila na osnovi vidnosti.

*Preglednica 1: Sistem ocenjevanja vidne površine.*

Vidna površina [km <sup>2</sup> ]	Ocena
0–2	0,00
3–50	0,33
51–100	0,66
več kot 100	1,00

Naklon je bil za vsak del pokrajine dobljen z upoštevanjem sosednjih točk (slika 1). Glede na absolutno vrednost naklona je bila krajina, ki jo opazovalec zaznava, razdeljena na ravninski, gričevnat in gorat relief. Preglednica 2 navaja ocene, ki so jih omenjeni razredi dobili.

*Preglednica 2: Klasifikacija in sistem ocenjevanja naklona reliefa.*

Tip reliefa	Naklon površja [°]	Ocena
Ravninski	0–5	0,33
Gričevnat	6–30	0,66
Gorat	več kot 30	1,00



*Slika 1: Nakloni površja severozahodne Slovenije. Ravninski relief je prikazan z zeleno, gričevnat s svetlo rjavo in gorat s temno rjavo barvo.*

Število vidnih grebenov je bilo dobljeno z izračunom od točke stojišča do razdalje 24 km na osnovi podatkov modela višin, ločljivosti 100 m. Za izračun percepcije transverzale je potrebno poiskati samo največje in torej najbolj dominantne grebene v prostoru, zato je bil model višin generaliziran z nizkopasovnim filtrom na okolici 700 krat 700 m. Grebeni so bili na tako spremenjenem modelu dobljeni s filtrom za odkrivanje robov. Ker model upošteva najbolj mogočne grebene, so bili iz postopka obdelave odstranjeni vsi, nižji od 1000 m. Prav tako so bili izločeni tudi krajši grebeni. V preglednici 3 je prikazan sistem ocenjevanja glede na število vidnih grebenov.

*Preglednica 3: Sistem ocenjevanja krajine glede na število vidnih grebenov.*

Število vidnih grebenov	Ocena
manj kot 2	0,00
3–5	0,33
6–10	0,66
več kot 10	1,00

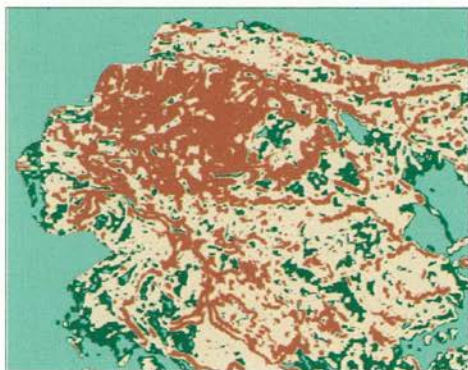


### 3.2 Kompozicija

Razgibanost pokrajine je določena na podlagi standardnega odklona površja terena za vsako točko modela reliefa, z upoštevanjem okna velikosti 1 krat 1 km (slika 2). Območje filtriranja je bilo namenoma izbrano relativno veliko, saj manjši vzorec ne bi dal tako reprezentativnih rezultatov. Velikost območja filtriranja mora biti namreč taka, da se odstranijo lokalne podrobnosti. Z izračunom razgibanosti je bilo ugotovljeno, kolikšna je raznolikost površja na območju vidnosti iz posamezne točke. Rezultati so bili razvrščeni v štiri razrede: nerazgibano, malo razgibano, srednje razgibano in zelo razgibano površje (preglednica 4).

Preglednica 4: Klasifikacija in sistem ocenjevanja razgibanosti reliefa.

Razgibanost reliefa	Standardni odkloni naklona [°]	Ocena
Nerazgiban	manj kot 4	0,00
Srednje razgiban	4–6	0,33
Malo razgiban	6–8	0,66
Zelo razgiban	več kot 8	1,00



Slika 2: Razgibanost površja v severozahodni Sloveniji. S svetlo zeleno je prikazano nerazgibano površje, z zeleno malo razgibano, s svetlo rjavo srednje razgibano in s temno rjavo zelo razgibano površje.

Pestrost krajine je bila določena s prekrivanja slojev vidnosti in rabe tal. Mera pestrosti je število različnih razredov rabe tal, vidnih iz posamezne točke. V preglednici 5 je prikazan način dodelitve ocene glede na število vidnih razredov rabe tal.

Preglednica 5: Sistem ocenjevanja pestrosti krajine.

Število razredov	Ocena
manj kot 2	0,00
2–4	0,33
4–6	0,66
več kot 6	1,00

### 3.3 Vodne površine

Podatki o vodnih površinah, tj. rekah in jezerih, so bili dobljeni iz sloja rabe tal, ki je bil za nadaljnje analize prevzorčen v dva razreda: vode in ostale površine. Ugotovljena je bila velikost vodnih površin, saj imajo površine različnih velikosti, različen vpliv na percepcijo krajine. V modelu so bile upoštevane širše reke in večja jezera ter vse ostale vodne površine. Prve je opazovalec sposoben zaznati tudi iz večjih razdalj, medtem ko so druge pomembne le, če se nahajajo blizu opazovalca. Preglednica 6 podaja način ocenjevanja vpliva vodnih površin glede na oddaljenost od opazovalca (Kobler 2001).

Preglednica 6: Sistem ocenjevanja vodnih površin.

Oddaljenost od manjših vodnih površin [m]	Oddaljenost od večjih vodnih površin [m]	Ocena
do 200	do 500	1,00
201–500	501–1000	0,66
501–1000	1001–5000	0,33
več kot 1001	več kot 5001	0,00

### 3.4 Izjemnost krajine in kulturni ter naravni spomeniki

V nalogi smo predpostavili, da so vse izjemne krajine zavarovane kot parki. Izjemnost krajine smo ocenjevali tako, da smo ugotavljali, če točka leži v zavarovanem parku ali ne. V preglednici 7 je prikazan način ocenjevanja izjemnosti krajine.

Preglednica 7: Sistem ocenjevanja izjemnosti krajine.

Izjemnost krajine	Ocena
Točka ne leži v zavarovanem parku	0,00
Točka leži v zavarovanem parku	1,00

Kriterij kulturni in naravni spomeniki smo ocenjevali tako, da smo ugotavljali prisotnost znamenitosti v neposredni bližini opazovalca. Če točka leži v neposredni bližini znamenitosti je ocenjena s točko 1, v nasprotnem primeru pa z 0 točkami.

## 4 KONČNA OCENA PERCEPCIJE KRAJINE

Končna ocena percepcije krajine v posameznih točkah transverzale je dobljena kot utežna vsota posameznih elementov (relief, pestrost, izjemnost, vodne površine in kulturni/naravni spomeniki). Vse ocene so normirane na območje [0, 1], vsak element pa ima določeno utež in s tem vpliv na skupno oceno posameznega kriterija. Tako je, na primer, ocena za kriterij relief izračunana kot:



$$OCENA_{površja} = w_{vp} \cdot VP + w_N \cdot N + w_{greb} \cdot greb,$$

kjer je:

- $w_{vp}$  utež ocene *vidne površine površja* na oceno elementa *površje*,
- $w_n$  utež ocene *naklona površja* na oceno elementa *površje*,
- $w_{greb}$  utež ocene *vidnih grebenov* na oceno elementa *površje*,
- *VP* ocena *vidne površine površja*,
- *N* ocena *naklona površja* in
- *greb* ocena *vidnih grebenov površja*.

Končna ocena percepcije transverzale v posamezni točki je vsota posameznih delnih ocen:

$$KONČNA\_OCENA = W_{površja} \cdot OCENA_{površja} + W_{kompozicije} \cdot OCENA_{kompozicija} + \\ + W_{voda} \cdot OCENA_{voda} + W_{izjemnost} \cdot OCENA_{izjemnost} + \\ + W_{spomenik} \cdot OCENA_{spomenik}.$$

Preglednica 8 navaja vplive posameznih kriterijev na oceno posameznega elementa (utež  $w$ ) ter vplive elementov na končno oceno percepcije krajine v točkah transverzale (utež  $W$ ). Največji vpliv imata kriterija relief in kompozicija, ker sta temeljnega pomena za ocenitev tipa krajine, kjer poteka transverzala. Manjši, a enakovreden vpliv na končno oceno pa imajo kriterij voda, izjemnost ter naravni/kulturni spomenik.

Preglednica 8: Vpliv posameznih elementov na končno oceno percepcije krajine.

Kriterij	$W$	Element vrednotenja	$w$
Relief	0,4	vidna površina	0,5
		naklon terena	0,3
		grebeni	0,2
Kompozicija	0,3	pestrost	0,5
		razgibanost	0,5
Vodne površine	0,1	manjše	0,5
		večje	0,5
Izjemnost	0,1	narodni ali regijski ali krajinski park	1,0
Naravni ali kulturni spomenik	0,1	naravni ali kulturni spomenik	1,0

## 5 PREGLED REZULTATOV

Model je dodelil slabo oceno tistim točkam transverzale, ki bodisi nudijo skromen razgled, ali pa pogled na nezanimivo, nerazgibano, nepestro pokrajino, brez prisotnosti vodnih površin ali naravnih in kulturnih znamenitosti. Tako lahko med tremi najslabše ocenjenimi točkami najdemo vsa mesta ali kraje, ki se nahajajo v dolini in so manj zanimiva od krajine, ki jo zaznavamo v hribih. Prav tako spadajo v to skupino tudi višinska področja kot Korošica, ki je mala planota sredi visokogorja in zato nudi zelo malo razgleda in tudi pokrajina je enolična. Preglednica 9 podaja pet estetsko najmanj kakovostnih točk, skupaj z njihovimi ocenami.

*Preglednica 9: Pet najslabše ocenjenih točk.*

TOČKA	OCENA
Petrovo Brdo	0,21
Korošica	0,26
Pivka	0,28
Kastelec	0,29
Velika Kopa	0,31

Na podlagi uporabljenega modela imajo največjo estetsko vrednost točke transverzale, ki omogočajo opazovalcu pogled na odprto krajino, z razgibanim terenom, pestro rabo tal, izjemnimi naravnimi pojavi in antropogenimi objekti ter vodnimi površinami. V Preglednici 10 so podane točke, katerim je model dodelil največjo estetsko vrednost.

*Preglednica 10: Pet najboljše ocenjenih točk.*

TOČKA	OCENA
Triglav	0,80
Vogel	0,69
Jalovec	0,67
Luknja	0,65
Planina Lepoča	0,64

Rezultati modeliranja se ujemajo z izkušnjami planincev, ki jih lahko preverimo s primerjavo panoramske slike različno ocenjenih točk. Na sliki 3 sta prikazana panoramska pogleda iz Triglava (ene izmed najboljše ocenjenih točk; zgoraj) in iz Velike Kope (ene najslabše ocenjenih točk; spodaj). Glede na poznavanje pokrajine, po kateri poteka slovenska planinska transverzala in glede na mnenja drugih ljubiteljev gora lahko ocenimo, da rezultati pridobljeni z modelom ustrezajo subjektivnim ocenam posameznikov. Glede na dobljene rezultate lahko sklepamo, da so v modelu določene ocene in uteži posameznih kriterijev realno določene. Z namenom pridobitve boljše ocene natančnosti bi bilo potrebno izvesti anketo na podlagi fotografij pogledov iz posamezne točke ter za anketirance izbrati populacijo s čimbolj raznoliko interesno strukturo. Ankete nismo izvajali, ker je ta presegala obseg raziskave.

*Slika 3: Panoramski pogled s Triglava (zgoraj) in Velike Kope (spodaj).*



## 6 SKLEP

Opisani model določanja kakovosti krajine upošteva samo objektivni vidik lepote. Subjektivni vidik, oz. trenutno stanje opazovalca in stanje prostora, pri izračunu zanemarimo. Izračun percepcije krajine na osnovi geodetskih podatkov predstavlja nov, a uporaben pristop k ugotavljanju nekega tako psihološkega pojava kot je estetska vrednost krajine za opazovalca. Krajina in opazovalec sta zelo spremenljiva in se v različnih časovnih trenutkih lahko spremeni tako krajina kot tudi percepcija krajine s strani opazovalca. Model izračuna percepcije pa kljub temu predstavlja orodje za določitev kakovosti nespremenljivega dela krajine, v smislu enotnega načina ocenjevanja za vsako točko.

S sprejetjem nove prostorske zakonodaje je bil v Sloveniji narejen velik korak k urejanju področja prostorskega planiranja. Vse bolj pomembno postaja pomembno usklajeno in nadzorovano načrtovanje posegov v prostor, ki morajo biti skladni z naravnim okoljem. Percepcija Slovenske planinske transverzale predstavlja primer sestave modela vrednotenja in izračuna na podlagi podatkov o naravnem okolju. V prihodnje bi lahko tovrstna ocena kakovosti krajine postala ena izmed strokovnih podlag pri prostorskem planiranju.

## VIRI IN LITERATURA:

- Erdas, 1997: Erdas Imagine Tour Guides 8.3, 4. izdaja. ZDA.
- Kobler, A. 2001: Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine. Magistrska naloga, FGG. Ljubljana.
- Krušič, M. 2002: Slovenija: turistični atlas. Mladinska knjiga. Ljubljana.
- Marušič, J. 1998: Metodološke osnove – regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji, MOP. Ljubljana.
- Oštir, K., Stančič, Z., Podobnikar, T., Vehovar, Z. 2000: Pridobivanje in uporaba prostorskih podatkov visoke ločljivosti pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000, ZRC SAZU. Ljubljana.
- Pogačnik, A., Prelovšek A. 1987: Vizualno ambientalna valorizacija prostora za Polhograjsko hribovje, Zasavsko hribovje in Ljubljansko barje, FGG. Ljubljana.
- Zavادلav, N. 2003: Trirazsežna upodobitev in percepcija Slovenske planinske transverzale. Diplomaska naloga, FGG. Ljubljana.
- Medmrežje 1: <http://www.blm.gov/nstc/VRM/vrmsys.html>.
- Medmrežje 2: <http://ius.info/Baze/regi/G/8279.htm>.

# UPORABA STARIH LETALSKIH POSNETKOV PRI UGOTAVLJANJU SPREMEMB RABE TAL

Franci Petek\*, Vasja Bric\*\* in Tadej Rotar\*\*\*

UDK: 711.14:528.7(497.4)

## *Izleček*

### *Uporaba starih letalskih posnetkov pri ugotavljanju sprememb rabe tal*

Stari letalski posnetki so zelo uporaben vir podatkov za preučevanje sprememb rabe tal. Na primeru Podolševa smo pri prikazali uporabnost letalskih posnetkov iz leta 1964. Posnetke smo razpačili v obstoječi koordinatni sistem, tako da so bili primerljivi z najnovejšimi ortofoti. Kategorije rabe tal na ortofotu iz leta 1964 smo vektorizirali po enaki metodologiji, kot je bila uporabljena za interpretacijo rabe tal pri Karti kmetijskih zemljišč v Sloveniji leta 2002. Tako smo lahko neposredno primerjali stanje rabe tal leta 1964 in leta 2000 ter ugotovili dejanske spremembe rabe tal.

## *Ključne besede*

raba tal, spremembe rabe tal, stari letalski posnetki, digitalni ortofoto, Podolševa, Solčavsko, Slovenija.

## *Abstract*

### *Applicability of old air photographs to land use changes researches*

The aim of this paper is to demonstrate the applicability of air photographs from 1964 using the case study of Podolševa the air photographs were georeferenced into a suitable coordinate system in order to be comparable with the newest orthophoto. Land use categories from the 1964 orthophoto were converted into a vector layer performing the same methodology already used for land use interpretation of Map of agricultural land in Slovenia in 2002. We were therefore able to compare land use in 1964 and 2000 directly and to find out actual land use changes.

## *Keywords*

land use, land use changes, old air photographs, digital orthophoto, Podolševa, Solčavsko region, Slovenia

## 1 UVOD

Na gospodarske, politične in socialne spremembe se pokrajina najbolj vidno odzove s spremembami v rabi tal. Zato slovenski geografi veliko pozornost namenjamu njihovemu preučevanju.

Za preučevanje rabe tal so letalski posnetki zelo uporaben vir podatkov, še posebej pretvorjeni v ortofote. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano je v sodelovanju

\* dr., Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, petek@zrc-sazu.si

\*\* mag., Geodetski zavod Slovenije d.d., Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana, vasja.bric@gzs-dd.si

\*\*\* Geodetski zavod Slovenije d.d., Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana, tadej.rotar@gzs-dd.si



z drugimi ustanovami na podlagi letalskih posnetkov (oz. ortofotov) celo izdelala Karto rabe kmetijskih zemljišč (2002) za celotno Slovenijo

Stari letalski posnetki nosijo veliko podatkov o pokrajini v času, ko so posnetki nastali. Zato so za ugotavljanje sprememb rabe tal zelo koristen, a v Sloveniji še ne dovolj izkoriščen vir podatkov. Starejši letalski posnetki, ki so nastali po drugi svetovni vojni, pokrivajo samo posamezna območja Slovenije, po letu 1971 pa se površje Slovenije sistematično aerofotografira vsake tri leta. Na primeru Podolševe smo prikazali uporabo letalskih posnetkov iz leta 1964.

### *1.2 Podolševa – geografski opis vzorčnega območja*

Obravnavali smo 1322,5 hektarov veliko območje Podolševe. V smeri vzhod-zahod območje meri 5750 metrov, v smeri sever-jug pa 2300 metrov. Gre za povirno območje reke Savinje, ki je na jugu omejeno z dnem doline Savinje, na severu pa s pobočjem Olševe. Na podlagi digitalnega modela višin (Podobnikar, Oštir, Stančič 2003) je najvišja nadmorska višine obravnavanega območja 1435 metrov, najnižja 650 metrov, povprečen naklon je 27°, prevladujejo pa jugovzhodne in jugozahodne ekspozicije. Razgibanost površja povečujejo levi pritoki Savinje (Lašek, Jurčef, Klobaša, Robnikova grapa), ki so ločeni s »pečmi« (Strevčeva peč, Huda peč, Goli hrib). Uravnanega površja skoraj ni, kar nam pove tudi velik povprečen naklon območja.

Podolševa je tipično naselje, ki ga sestavljajo samotne kmetije s poljem (zemljiščem) v celku. To pomeni, da imajo kmetije zemljišča zaokrožena v enem kosu. Ob domu se razprostirajo kmetijska zemljišča, celek pa praviloma zaključuje gozd, ki največkrat tudi ločuje kmetije med seboj. Zajetih je 17 delujočih kmetij. Na skrajnem vzhodu obravnavanega območja je cerkev Svetega Duha in kmetija Strevc, na skrajnem zahodu pa kmetiji Osojnik in Robnik. Velikost posesti kmetij je med največjimi v Sloveniji: najmanjša kmetija ima slabih 40 hektarov zemljišč v uporabi, največja pa več kot 170 hektarov (Popis kmetijskih gospodarstev 2000). Domovi kmetij so razporejeni na pobočni polici nad dolino Savinje v nadmorskih višinah med 850 in 1230 metri, ki je od okolice manj nagnjeno; povprečni naklon krčevin (območij domov in kmetijskih zemljišč) je približno 20°.

V območjih samotnih kmetij kmetijstvo kljub tranzicijskim procesom družbe po drugi svetovni vojni in osamosvojitvi Slovenije ni zgubilo gospodarskega pomena, trdnost in preživetje kmetij pa omogoča tudi gozd. V Podolševi je kot dopolnila dejavnost vse bolj prisoten tudi kmečki turizem (Petek 2004).

## 2 OPIS VIROV IN METODOLOGIJA

Spremembe rabe tal smo ugotavljali med letoma 1964 in 2000. Stanje rabe tal za leto 2000 smo povzeli po karti dejanske rabe tal (Karta rabe kmetijskih zemljišč 2002), ki je bila narejena na podlagi digitalnih ortofotov, posnetki pa so iz leta 1999 (Ortofoto – zadnje stanje 2004). Karta dejanske rabe tal loči 21 osnovnih kategorij ali vrst rabe tal (Rotter 2001), ki smo jih primerno združili. V analizi smo upoštevali:

- njive in vrtovi v kategoriji *njive*;
- sadovnjaki;
- intenzivni travniki in ekstenzivni travniki (pašniki) skupaj v kategoriji *travinje*;
- *gozdovi*;
- stanovanjske in gospodarske stavbe, dvorišča in poti skupaj v kategoriji *pozidana zemljišča*;
- skalovje, vode in drugo v kategoriji *ostalo*.

Podlaga za določevanje rabe tal so bili letalski posnetki iz leta 1964 v merilu 1 : 20.000 (GURS 1964) oz. na njihovi osnovi izdelani digitalni ortofoti. Rektifikacija ortofotov s slikovnim elementom 0,5 m in izrisom v merilu 1 : 5000 je bila izvedena na osnovi oslonilnih točk, katerih koordinate so bile prečitane iz topografski načrtov 1 : 10.000 (TTN10) in digitalnega modela višin z gostoto 20 metrov (Podobnikar, Oštir, Stančič 2003). V nadaljevanju besedila smo digitalne ortofote izdelane na podlagi letalskih posnetkov iz leta 1964 imenovali ortofoto-1964. Pozicijsko natančnost izdelanega ortofota-1964 smo preverjali z ortofotom iz leta 2000 (v nadaljevanju ortofoto-2000). Na podlagi pozicij 17 razpršeno izbranih stabilnih točk smo ugotovili, da je bilo povprečno odstopanje pozicije teh točk na ortofotu-1964 v primerjavi z ortofotom-2000 po x koordinati 11,4 metra ter po y koordinati 5,0 metra. Pozicijsko odstopanje smo zmanjšali v fazi že vektorizirane rabe tal v programu Carta Linx (modul resample). Povprečno odstopanje se je zmanjšalo na 3,7 metra po koordinati x ter na 1,3 metra po koordinati y.

Odstopanja pozicij izbranih točk smo prikazali v preglednici 1. Razlog za večja odstopanja (npr. pri točkah 9, 10 in 11) je najverjetneje v načinu odčitavanja pozicij iz topografskih načrtov in ortofotov (natančnost tako določenih koordinat se ne more primerjati z natančnostjo terensko izmerjenih koordinat) ter relativno zelo strmim površjem obravnavanega območja. Zaradi tega že majhen zamik odčitane točke (bodisi na enem ali drugem viru) nanese relativno veliko odstopanje.

Neposredno ugotavljanje sprememb rabe tal omogoča določevanje procesov sprememb rabe tal, njihovo pozicijo in moč (površino). Spremembe rabe tal med letoma 1964 in 2000 so na primeru Podolševe pokazale tri oz. štiri različne procese:

- brez sprememb rabe;
- *ozelenjevanje*, če se je raba spremenila v travinje;
- *ogozdovanje*, če se je raba spremenila v gozd;
- *urbanizacija*, če se raba spremenila v pozidana zemljišča.

Z geografskim informacijskim sistemom Idrisi32 (2002) smo opravili naslednje prostorske analize:

- ugotavljanje sprememb rabe tal,
  - povezanost sprememb procesov sprememb rabe tal s prvinami reliefa ter
  - oddaljenostjo od najbližjih hiš.
- Velikost kvadratkov v rastrski sliki je bila dva krat dva metra (2x2 metra).



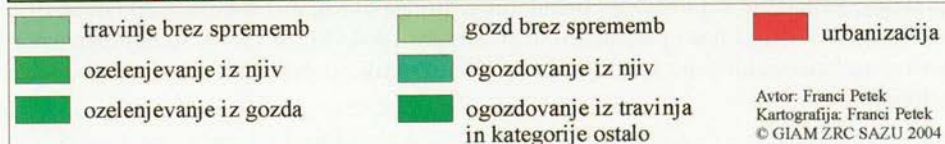
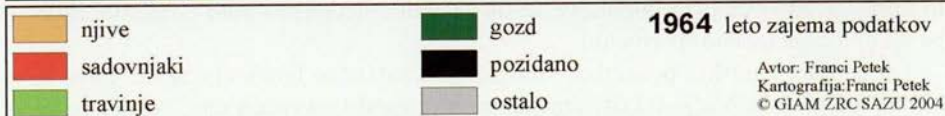
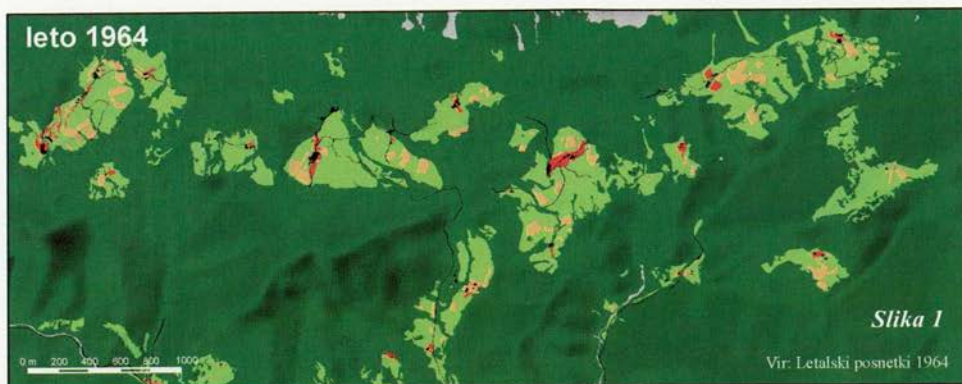
Preglednica 1: Pozicije izbranih kontrolnih točk na ortofotu-1964 in na ortofotu-2000 ter njihova odstopanja v metrih.

Točka	Prvotna pozicija na DOF5-1964		Pozicija na DOF5-2000		Razlika: prvotna DOF5-1964 – DOF5-2000		Popravljen pozicija na DOF5-1964		Razlika: popravljen DOF5-1964 – DOF5-2000	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	473522,2	142049,0	473551,0	142051,2	28,8	2,2	473550,7	142050,0	-0,3	-1,2
2	474256,3	143524,9	474274,7	143520,6	18,4	-4,3	474274,9	143520,3	0,2	-0,3
3	475201,8	143521,2	475200,0	143518,5	-1,8	-2,7	475200,0	143518,3	0,0	-0,2
4	474873,6	142007,0	474878,7	142009,2	5,1	2,2	474873,5	142011,6	-5,2	2,4
5	474530,3	143931,7	474545,9	143924,3	15,6	-7,4	474544,4	143925,8	-1,5	1,5
6	475491,9	143476,3	475482,7	143472,7	-9,2	-3,6	475482,9	143472,2	0,2	-0,5
7	477333,4	143388,2	477334,8	143385,1	1,4	-3,1	477334,8	143385,0	0,0	-0,1
8	476821,1	142618,6	476807,9	142617,7	-13,2	-0,9	476807,9	142617,6	0,0	-0,1
9	476679,6	143721,8	476668,7	143714,9	-10,9	-6,9	476681,7	143717,7	13,0	2,8
10	476331,3	142178,5	476330,8	142189,5	-0,5	11,0	476308,6	142178,8	-22,2	-10,7
11	475861,6	143396,5	475841,4	143392,0	-20,2	-4,5	475853,6	143393,1	12,2	1,1
12	477729,6	143321,2	477723,8	143311,9	-5,8	-9,4	477724,0	143311,4	0,2	-0,5
13	479007,9	144111,1	478994,6	144104,9	-13,3	-6,2	478994,9	144104,8	0,3	-0,1
14	478833,8	142798,0	478825,8	142794,8	-8,0	-3,2	478825,8	142794,8	0,0	0,0
15	477957,0	142663,1	477946,9	142656,8	-10,1	-6,3	477952,7	142656,6	5,8	-0,2
16	479276,0	143313,7	479257,6	143309,2	-18,4	-4,5	479264,6	143310,8	7,0	1,6
17	478038,9	143480,6	478025,6	143474,0	-13,3	-6,6	478031,6	143472,2	6,0	-1,8
<b>skupaj</b>					194,0	85,0			62,1	21,5
<b>povprečje</b>					11,4	5,0			3,7	1,3

### 3 SPREMEMBE RABE TAL MED LETOMA 1964 IN 2000

Primerjava stanja rabe tal iz leta 1964 in 2000 na pogled kaže, da so izkrčeni deli celkov ohranili zelo podoben obseg (glej sliki 1 in 2). Bistvena sprememba pa je, da so izginile njive. Še leta 1964 je bilo na tem območju 17 hektarov njiv, kar je predstavljalo 9 % od 190 hektarov vseh izkrčenih zemljišč na opazovanem območju.

Vseeno pa se je obseg izkrčenih delov celkov predvsem na travniško-gozdnem stiku zmanjšal. To kažeta tudi slika 3 in preglednica 2. Leta 1964 so njive in travinje skupaj





predstavljali 13,5 % celotnega območja, leta 2000 pa tri odstotne točke ali petino manj. Na drugi strani se je delež pozidanega površja (sem spadajo tudi ceste) relativno močno povečal predvsem na račun novih cest pa tudi stavb v okolici domov (Podolševa je bila med drugo svetovno vojno požgana). Delež gozda se je sicer povečal za 1,5 %, vendar to predstavlja le dvo odstotno povečanje.

*Preglednica 2: Podolševa – deleži osnovnih zemljiških kategorij rabe tal leta 1964 in 2000 (Letalski posnetki 1964; Karta rabe kmetijskih zemljišč 2002).*

Leto	Njive [%]	Sadovnjaki [%]	Travinje [%]	Gozd [%]	Pozidano [%]	Ostalo [%]
1964	1.3	0.4	12.2	85.0	0.5	0.6
2000	/	0.1	10.6	86.5	1.9	0.8

Pri ugotavljanju procesov smo upoštevali samo tiste, ki so se zgodili znotraj izkrčenih delov celkov ali na gozdnem robu teh delov. Med procesi sprememb rabe tal prevladuje ogozdovanje, ki je med letoma 1964 in 2000 zasedlo 4 % površine območja, ozelečenje je zasedlo 2,5 % ter urbanizacija 0,9 %, skupaj se je raba tal spremenila na 7,4 % površja (preglednica 3). Površina vseh sprememb je npr. v primerjavi s spremembami na območju celotnih Savinjskih Alp majhna. V Savinjskih Alpah se je med letoma 1900 in 2000 raba spremenila na 27 % površine (Petek 2004). Majhno površino vseh sprememb lahko povežemo z značilnostjo obravnavanega območja in predvsem z dejstvom, da je bilo obravnavano območje Podolševe že ob začetnem letu 1964 zelo gozdno. Zato se raba tal ni mogla močno spremeniti.

Ob uporabi letalskih posnetkov smo povsem natančno lahko opredelili, kako se je raba tal spremenila. Večji del ozelečenja se je zgodil na račun njiv, vendar pa se je tudi 14 hektarov gozdov spremenilo v travinje. Na sliki 3 vidimo, da se je gozd umaknil travinju npr. na sredini izkrčenega dela celka, v enem primeru so s krčenjem gozda povežali dva celka. Gozd je napredoval predvsem na račun travnikov, nekaj tudi na račun njiv. Najbolj značilni sta dve obliki ogozdomanja: na meji med travniško-gozdnim stikom ali ogozdomanje celotne krčevine. Meze (1980) med kmetijami v Podolševi leta 1980 ne navaja kmetije Strgar, pred letom 1963 pa je ne navaja med opuščeni kmetijami. Torej se je ta kmetija opustila med tema dvema letoma. Posledice opustitve Strgarjeve kmetije se lepo kažejo tudi v spremembah rabe tal: izkrčeni del celka se je skoraj v celoti zarasel, do danes je ostal le travnik v okolici doma, ki je večinoma v ruševinah. S primerjavo starejših in novih posnetkov npr. lahko sledimo tudi spremembi lokacije Majdačevega doma, o kateri govori Meze (1963), ter posledicam spremembe lokacije v spremembi rabe tal. Okoli starega doma so se travniške površine zmanjšale. Urbanizacija na sliki 3 v glavnem prikazuje le povečanje pozidanih zemljišč okrog starih domov. Ob obnovitvi kmetij, ki je v veliki meri potekala tudi še po letu 1964 (Meze 1963), so domove prilagajali potrebam sodobnega kmetovanja in zato zgradili predvsem dodatna gospodarska poslopja.

*Preglednica 3: Podolševa – procesi sprememb rabe tal med letoma 1964 in 2000, njihov povprečni naklon, povprečna oddaljenost od najbližje hiše ter hektari in deleži površine s spremenjeno rabo.*

Procesi	Povprečen naklon v stopinjah	Povprečna oddaljenost od najbližje hiše v metrih	Površina v hektarih [ha]	Delež celotne površine območja [%]
travinje brez sprememb	20,4	123,2	111,0	8,4
gozd brez sprememb	28,7	354,5	1113,3	84,2
ozelenjevanje iz njiv in sadovnjakov	20,0	95,0	19,3	1,5
ozelenjevanje iz gozda	20,0	153,2	13,9	1,1
ogozdovanje iz njiv in sadovnjakov	21,3	176,0	3,5	0,3
ogozdovanje iz travinja	24,0	225,2	49,8	3,8
urbanizacija iz njiv	14,1	38,5	1,2	0,1
urbanizacija iz travinja	18,3	61,1	8,2	0,6
urbanizacija iz sadovnjakov	17,3	17,0	2,3	0,2

Prikazan način ugotavljanja sprememb rabe tal omogoča tudi določevanje nekaterih dejavnikov, ki vplivajo na spremembe rabe tal. Ugotovili smo, da je na ogozdovanje bolj kot naklon površja verjetno vplivala oddaljenost zemljišč od najbližjega doma, še bolj verjetno pa kombinacija obeh dejavnikov. V preglednici 3 so navedeni povprečni nakloni površja, na katerem se pojavlja posamezen proces sprememb rabe tal. Povprečen naklon znotraj krčevine brez sprememb rabe tal je manjši od povprečnega naklona ogozdovanja iz travinja, vendar le za 4 naklonske stopinje ali 20 %. Povprečna oddaljenost od najbližje hiše pri ogozdovanju iz travinja je 225 metrov, kar je za približno 100 metrov ali 80 % več, kot je povprečna razdalja znotraj krčevine, kjer ni bilo sprememb.

Na podoben način bi lahko ugotavljali še nekatere druge dejavnike, ki so vplivali na spremembe rabe tal. Zanimivo bi bilo ugotavljati povezave med spremembami rabe tal in lastniki: njihova starost, zaposlitveni status, velikost posesti in druge. Iz neposrednega ugotavljanja dejanskih sprememb rabe tal pa se pokažejo tudi nekatere odvisnosti, ki niso ne sledljive ne izmerljive. Dober primer je popolna zaraščenost dveh nekdanjih celkov. Vzrok: požgana domačija med drugo svetovno vojno. Ali pa spremembe rabe tal zaradi naravnih nesreč, kot je Macesnikov plaz. Njegova pot se jasno vidi tudi na sliki 2.

#### VIRI IN LITERATURA:

- CartaLinx 1998. Računalniški GIS program. Clark Labs. Worcester, ZDA.  
 Idrisi32 2002. Računalniški GIS program. Clark Labs. Worcester, ZDA.



- Karta rabe kmetijskih zemljišč 2002. Republika Slovenija Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana.
- Letalski posnetki 1964. Letalski posnetki št. 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270; sekcija posnetka: Koroška; številka snemalnega pasu: 160a; številka filma 2018; leto snemanja 1964. Geodetska oprava Socialistične Republike Slovenije – Aerofotodokumentacija. Ljubljana.
- Meze, D. 1963: Hribovske kmetije v Gornji Savinjski dolini po letu 1967. Geografski zbornik 19. Ljubljana, str. 5-97.
- Meze, D. 1980: Samotne kmetije na Solčavskem. Geografski zbornik 8. Ljubljana, str. 223–280.
- Petek, F. 2004: Spremembe rabe tal v 19. in 20. stol. v slovenskem alpskem svetu, doktorsko delo. Ljubljana, 342 str.
- Podobnikar, T., Oštir, K., Stančič, Z. 2003: INSAR 25, digitalni model višin. Ljubljana.
- Popis kmetijskih gospodarstev 2000. Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana.
- Rotter, A. 2001: Zajem rabe kmetijskih zemljišč v okviru Projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin. Uporaba informacij o pokrovnosti in rabi prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju. Zbornik referatov. Gozd Martuljek.

# PORAVNAVA DALJINSKO ZAZNANIH PODOB: PREGLED IN OVREDNOTENJE SAMODEJNIH REGISTRACIJSKIH TEHNIK

Tatjana Veljanovski\* in Krištof Oštir\*\*

UDK: 528.8:629.783

## **Izvleček**

*Poravnava daljinsko zaznanih podob: pregled in ovrednotenje samodejnih registracijskih tehnik*

*Kadar pridobivamo informacije o površju Zemlje z več satelitskih posnetkov, je te treba georeferencirati in/ali natančno poravnati (registrirati). Uporaba satelitskih posnetkov je za širši krog uporabnikov smiselna, če zagotovimo hiter in učinkovit (samodejni) sistem za ugotavljanje in odpravljanje geometričnih in radiometričnih neskladnosti, ki so pač posledica številnih okoliščin zajema. V prispevku je prikazana sistematizacija obstoječih postopkov samodejne registracije. S študijo na primeru nato opazujemo obnašanje treh izbranih samodejnih registracijskih tehnik, njihovo natančnost, učinkovitost in domet pa tudi praktično ovrednotimo.*

## **Ključne besede**

*registracija satelitskih podob, koregistracija, poravnava podob, samodejna registracija, samodejno georeferenciranje podob*

## **Abstract**

*Satellite image registration: overview and evaluation of automated registration techniques*

*Acquiring long-term information about Earth surface characteristics require performing analyses on more satellite images, which have to be well georeferenced and/or registered. Essential to the user of satellite data is a support to facilitate large amounts of data processing. The use of satellite data would become even more reasonable if fast and effective (automated) system for detecting and removing geometric and radiometric image distortions, which are due to various measurement circumstances, is available assured. This contribution aims at presenting automated registration techniques used in remote sensing. Through case study examples, effectiveness and attainment of three such techniques are then evaluated.*

## **Keywords**

*satellite image registration, image co-registration, automated registration, automated image georeferencing*

\* Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tatjana.v@zrc-sazu.si,

\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, krištof@zrc-sazu.si



## 1 UVOD

Poravnava podob označuje postopek umestitve »nove« podobe v izbran koordinatni sistem preko primerjave in uskladitve z že umeščeno podobo. Koordinatni sistem referenčne podobe je lahko katerakoli kombinacija projekcije in datuma, vključno z lokalnim sistemom pikslov. Kombinacij poravnave je zaradi številnih okoliščin zajema (različni satelitski sistemi, različni senzorji, različen čas zajema) mnogo. Najpogosteje gre za *več-senzorsko*, *večspektralno* in *veččasovno* registracijo.

Kakovostno poravnana podoba omogoča meritve in primerjalne analize več podob, postane pa tudi primerljiva z drugimi prostorskimi podatki (digitalni načrti, karte). Če se nameravamo ukvarjati z manjšim številom podob, lahko te poravnavamo ročno. V primeru večjega števila poravnav, je zaradi večje hitrosti in boljše natančnosti smiselna in modra odločitev samodejna registracija. V zadnjem desetletju se je veliko raziskav na področju daljinskega zaznavanja usmerjalo prav v razvoj sistemov za samodejno poravnavo podob.

Pestrost podatkov, tako z vidika senzorskih lastnosti sistemov za zajem kot razlik zaradi časovne komponente zajema, je tolikšna, da je nemogoče pričakovati, da bo eno samo tehniko mogoče zadovoljivo uporabiti v vseh situacijah in za različne namene uporab. Vpogled v tehnike za poravnavo je zato pomemben v luči uporabnikove izbire ustreznega algoritma, ki v dani kombinaciji senzorjev in specifičnih lastnosti podob daje najboljše rezultate za določen namen.

## 2 ODPRAVLJANJE POPAČENJ, VLOGA IN POSTOPEK REGISTRACIJE

Vsaka podoba daljinskega zaznavanja vsebuje geometrične napake. Do motenj in nečnosti prihaja zaradi tehnologije in načina zajema, saj gre za situacijo, ko ni mogoče zagotoviti teoretično optimalnih pogojev. Ne glede na način (sistem) zajema pri daljinsko zaznanih podobah opazimo določena, prepoznavna geometrijska popačenja (Oštir 2004). Tista, ki so posledica optike senzorjev, gibanja snemalnega sistema ter nestabilnosti in usmerjenosti platforme, dovolj dobro poznamo, zato lahko njihov vpliv zadovoljivo zmanjšamo v postopku *rektifikacije (poprave) podob*.

Gre za takšno predelavo podobe, da bo prej surova podoba vzpostavljena v merilu (odpravimo razpotegnjenost ali stisnjenost, ukrivljenost) in bo praviloma grobo umeščena v izbran koordinatni sistem. Ob zahtevi, da naj podobe čim bolj ustrezajo razmeram iz geografske stvarnosti, med postopke rektifikacije spadajo tudi: radiometrični popravki, odpravljanje razlik v osvetlitvi in geometriji gledanja, atmosferska korekcija, odpravljanje šuma ter določanje ustrezne energije odboja ali sevanja površine. Vse naštete motnje so praviloma sistematične.

Druge nepravilnosti so naključne in jih z modeliranjem v fazi poprave podob ne moremo zadovoljivo odstraniti. Poleg teh moramo poskrbeti tudi za popačenja, ki so posledica preslikave trirazsežne stvarnosti v ravninski prikaz. Gre za odpravljanje razmeroma zapletenih in pogosto po podobi neenakomerno in nelinearno razporejenih popačenj, ki so posledica kota in časa snemanja ter vpliva oblike reliefa. Za tovrstna neskladja uporabljamo postopek *poravnave* ali *registracije podob*.

Registracija podob v ožjem pomenu je postopek, katerega cilj je, da dve satelitski podobi natančno preložimo eno čez drugo. Pri tem dosežemo, da istim strukturam oz. območjem na zemeljskem površju, ki so jih zaznali senzorji na obeh podobah, ustrezajo iste koordinate oz. lege.

Glede na referenčni vir ločimo:

- registracijo podobe na karto (georegistracija) in
- registracijo podobe na podobo (poravnavanje podob).

Postopek je v obeh primerih enak in zajema štiri osnovne korake:

- prepoznavanje značilnih struktur, objektov, oblik,
- kontrola ujemanja struktur – iskanje ustreznih parov točk,
- opredelitev ustrezne prostorske transformacije ter
- prevzorčenje poravnavane podobe.

Razprava pri samodejnih postopkih je največja v prvem koraku, tretji in četrti korak sta razmeroma neproblematična. Zaradi omejitve prostora njihovo vlogo zgolj kratko opišemo.

Samodejno *prepoznavanje in izločevanje značilnih predmetov* je postopek v katerem algoritem identificira primerne objekte ali strukture, ki po testu ustreznosti postanejo kontrolne točke (v nadaljevanju KT) za registracijo. Postopki so kompleksni, izhajajo iz znanj na področju digitalne obdelave podob ter računalniškega vida (Gonzales in Woods 2002), tehnike pa ob tem različno učinkovito obvladujejo na podobah prisoten šum in modalnost. Algoritmi lahko delujejo ali v prostorski ali v frekvenčni domeni (Fourierjeva transformacija). Pri registraciji satelitskih podob srečamo naslednje skupine algoritmov za samodejno:

- zaznavanje robov in prehodov, linijskih struktur, preskokov,
- prepoznavanje homogenih vzorcev, likov, območij,
- določanje smeri intenzitete, svetlostnih gradientov.

V fazi *ujemanja predmetov* se izvaja kontrola pravilnosti in kakovosti povezav značilnih predmetov med referenčno in poravnavano podobo. Izbira mere podobnosti lahko usodno vpliva na rezultate poravnave, saj je tesno povezana z lastnostmi podob in prepoznavnostjo njihove vsebine. Večina kriterijev za kontrolo ujemanja predmetov izhaja iz statističnih ocen – različnih mer podobnosti ter korelacije.

*Prostorska transformacija* določa funkcijo preslikave s katero na osnovi KT izračunamo parametre transformacije. Težavno je izbrati vrsto transformacije, ki pri danih pogojih (lastnosti obeh podob) ustvari najboljši rezultat (položajna natančnost za celo podobo). V posameznih primerih se je modro držati načela Occamove britve.

V zadnjem koraku gre za *prevzorčenje poravnavane podobe* z uporabo ustrezne matematične funkcije, z namenom, da bo poravnavana podoba fizično napeta preko referenčne. Obe podobi sta običajno obravnavani kot diskretni in položaj točk se po opravljeni transformaciji ne ujema povsem. Potrebna je interpolacija podob s prevzorčenjem. Za potrebe registracije je primerna bilinearna interpolacija.

*Lastnosti* registracijskega postopka določa izbira in dopustne možnosti kombiniranja med vsemi navedenimi koraki.



### 3 PREGLED REGISTRACIJSKIH TEHNIK

Registracijske tehnike (v nadaljevanju RT) se razlikujejo po algoritmih prepoznavanja predmetov, uporabljenih transformacijah ter načinu združevanja postopkov – strategiji. Pomembno je, da pri vsaki registraciji upoštevamo naslednje lastnosti vhodnih podatkov:

- podobe so ustvarjene z različnimi senzorji – lahko imajo različno prostorsko ločljivost,
- podobe imajo različne spektralne lastnosti – informacije o posameznih predmetih (strukturah) se razlikujejo,
- radarske podobe so zrnate – kar ima velik vpliv na prepoznavanje in izločevanje značilnih predmetov, in navsezadnje,
- podobe so zajete ob različnih časih (leto, sezona, ura) ali pri različnih pogojih – njihova vsebina je zato lahko tudi *de facto* različna.

Omenjeno izhodišče povečuje težavnost postopka registracije. V nadaljevanju registracijske pristope in tehnike zgolj kratko opišemo ter povzemamo grobo shemo sistematizacije RT v daljinskem zaznavanju (podrobneje v Brown 1992, Fonseca in Manjunath 1996, Veljanovski 2003).

#### 3.1 Delitev glede na lastnosti registracijske metode

Pri registracijskih metodah razlikujemo štiri komponente, registracijske strategije, ki določajo *lastnosti* registracijskega postopka (Brown 1992):

- prostor značilnih predmetov,
- mera podobnosti,
- iskalni prostor ter
- iskalna strategija.

Izbira prostora značilnih predmetov, ki jih nameravamo uporabiti za registracijo, pove in določi »na čem« bo potekal postopek ujemanja. Določitev kriterija za ugotavljanje podobnosti med značilnimi predmeti je s prvim korakom v tesni zvezi, kar pomeni, da obstajajo smiselne kombinacije obeh izbir. Tak kriterij izloča optimalna ujemanja in zavrže slaba. Pri tem dobra kombinacija poskrbi tudi za pravilno in učinkovito obravnavanje vplivov šuma in/ali modalnosti. V splošnem gre za statistično oceno ustreznosti, ki mora biti podrejena lastnostim problema, ki ga rešujemo.

Podobno kot je nemogoče ločiti delovanje RT v prostoru značilnih predmetov in v prostoru mer podobnosti, je težko ločeno obravnavati atributa iskalni prostor in iskalna strategija. Iskalni prostor je skupina vseh možnih transformacij, izmed katerih želimo izbrati tisto, ki bo v danem primeru najbolje poravnala podobi. Optimizacija pri ovrednotenju poteka glede na to, kakšen tip deformacij predvidevamo. V osnovi razlikujemo globalni model (globalni iskalni prostor) ter lokalni model (lokalni iskalni prostor).

Iskalna strategija opredeljuje način oz. izvajalni prostor iskalnega modela. Različne arhitekture iskalnih strategij omogočajo optimalno reševanje vrste registracijskih nalog,

poskrbijo za izvedbeno učinkovitost in za kakovost RT. Iskalna strategija mora biti prilagojena podatkovnim strukturam. Pri izbiri strategije velja upoštevati, kako se bo strategija obnašala v primeru manjkajočih ali nezadostnih informacij in ali jih je v dani situaciji mogoče nadzorovano upravljati. Primeri iskalnih strategij, ki se uporabljajo pri registraciji podob, so: sekvenčno odločanje, relaksacija, dinamično programiranje, hierarhične tehnike, uporaba dreves in ujemanja grafov ter podobno.

### 3.2 Splošna delitev

Splošna delitev se nanaša na glavne pristope (idejno ogrodje reševanja problemov poravnave), ki se uporabljajo pri registraciji. Delimo jih v štiri skupine (Fonseca et al. 1996, Brown 1992):

- korelacijske metode,
- Fourierjeve metode,
- metode s preslikavo točk in
- metode elastičnega vpenjanja.

*Korelacijske metode registracije* so metode, pri katerih je princip korelacije glavno metodološko orodje za določanje ustreznosti KT, vendar korelacija ne poskrbi tudi za poravnavo. Ločimo »območno« in »predmetno« registracijo, glede na to se uporabljajo tudi različne korelacijske mere za ugotavljanje podobnosti in ustreznosti KT. Zaradi preobčutljivosti na sivinske lastnosti podob so te metode neprimerne za večspektralno in večsenzorsko registracijo (Li et al. 1995a). Registracija na osnovi korelacijskih metod je uspešna, če poravnavamo dve po lastnostih (in zajemu) precej podobni si podobi, z majhnimi geometrijskimi popačenji (v premiku, rotaciji, merilu). Razvite so tako v prostorski kot frekvenčni domeni.

Druga skupina pristopov, *Fourierjeve metode*, optimalno ujemanje iščejo glede na informacije v frekvenčni domeni. S tem, ko dejansko delujejo v frekvenčni domeni, dosegajo odlično robustnost nasproti pomanjkljivostim korelacijskih metod ter frekvenčno odvisnemu šumu. Tudi te so primerne le za manjše premike, rotacije in spremembe merila. Zaradi posebnih lastnosti Fourierjevih transformacij so ustrezne zlasti za poravnavo podob z nizkofrekvenčnim in frekvenčno odvisnim šumom (tj. podob, ki so nastale pod različnimi pogoji osvetlitve pri snemanju), pa tudi za poravnavo podob zajetih z različnimi senzorji, ne pa za zapletena popačenja. Osnovna metoda v tej zvrsti je fazna korelacija.

V primerjavi s korelacijskimi metodami so Fourierjeve metode poravnave v splošnem bolj natančne in računsko manj zahtevne. Ne ene, ne druge pa niso učinkovite za odpravljanje lokalnih popačenj.

Tretjo skupino pristopov, *metode s preslikavo točk*, štejemo med prioritete pristope za poravnavo v situacijah, ko popačenj ni mogoče enostavno razpoznavati. Ker opisane metode izhajajo iz identificiranja KT, je njihova točnost močno odvisna od števila, razporejenosti in kakovosti ujemanja KT. Glede na izvedbo preslikave, to skupino razčlenjujemo na globalne metode (s povratno preslikavo točk, afino, perspektivno, projektivno ter polinomsko preslikavo) ter lokalne (različne preslikave z zlepkami). Med kombinirane



metode preslikave, ko rešujemo tako globalna kot lokalna popačenja, štejemo optimizacijske metode. Te uporabljajo princip hierarhičnosti – podobi najprej grobo poravnamo globalno, nato pa sledi izboljšava z eno od lokalnih preslikav.

Značilnost četrte skupine, *metod elastične poravnave*, je, da izhajajo iz oponašanja fizikalnih lastnosti materialov (npr. mehanike trdnih teles, viskoznosti). Pomembno vlogo pri razvoju elastične poravnave je odigrala časovna zahtevnost algoritmov, saj je ta (tudi v primerjavi z doslej opisanimi primeri registracijskih računov) najbolj kritična (Rogelj 2001). Razlike med tehnikami nastopijo kot neposredna posledica izbire in določitve modela deformacij in stopnje dopustne elastičnosti ter načina numeričnega izračuna. Skupno vsem pa je, da so učinkovite za odpravljanje lokalnih nesoglasij primerjanega para podob in ne za odpravljanje grobih neskladij.

### 3.3 Delitev glede na doseženo natančnost

Številni avtorji so v zadnjem desetletju prikazali nove tehnike za registracijo podob ter njihove izboljšave. Te so praviloma usmerjene v samodejne rešitve, a se pokaže, da splošna in večnamenska rešitev problema še ni dosežena, in sicer z vidika položajne kakovosti poravnave. Glede na doseženo položajno kakovost ločimo:

- registracijske algoritme, ki dosegajo pikselo natančnost ter
- registracijske algoritme, ki dosegajo pod-pikselo natančnost.

Izredno natančna poravnava je pri nalogah daljinskega zaznavanja, kot so združevanje podatkov in zaznava sprememb, zelo pomembna. Townshend (1992) denimo navaja, da poravnava, ki je nenatančna za velikost 1 piksla, lahko povzroči tudi 50 % napako pri analizah sprememb vegetacijskega indeksa NDVI.

Pod-pikselkim metodam je lastno dvoje. Večinoma obravnavajo enostavnejše deformacije, tj. odstranjevanje premika in zasuka. Drugič, primerjani podobi morata biti predhodno že grobo poravnani. Reševanje problema kompleksnejših popačenj tako ostaja izven postopka pod-pikselke registracije.

### 3.4 Sistematizacija registracijskih tehnik v daljinskem zaznavanju

Zaradi raznolikih možnosti registracije satelitskih podob (večsenzorska, večspektralna, veččasovna registracija) so registracijski algoritmi pogosto usmerjeni v reševanje specifičnega registracijskega problema. So npr. prilagojeni za podatke določenega senzorja, drugi spet so bolj odprti za reševanje večjega spektra geometrijskih popačenj in/ali kombinacij podatkov z različnimi lastnostmi (npr. dveh izbranih senzorjev).

Poskus sistematizacije RT je pokazal (preglednica 1), da je razpoložljivih tehnik ogromno, pristope pa lahko vedno delimo glede na srž *predmeta*, kar se v dani situaciji ponuja kot najbolj smiselna poteza sistematizacije (Veljanovski 2003).

Preglednica 1: Sistematizacija registracijskih tehnik v daljinskem zaznavanju.

Razred sistematizacije	Registracijska tehnika [RT]
Glede na <i>namen in problem</i>	→ večsenzorske RT → večspektralne RT → veččasovne RT
Glede na vrsto <i>transformacije</i> , ki jo tehnika uporablja	→ (enostavnejše) globalne RT: - za premik - za rotacijo - afina registracija - polinomska registracija - projekтивna, perspektivna registracija → lokalne RT - metode zlepkov - elastično (gumijasto) napenjanje
Glede na način določanja <i>značilnih predmetov</i>	→ območna registracija: značilni predmet predstavlja okno definirane velikosti ali zaprto območje s sorodnimi lastnostmi → predmetna registracija: značilni predmet se določa na podlagi identifikacije struktur, robov, obrisov, prevojev, kontrastov itn.
Glede na <i>strategijo</i> določitve in ovrednotenja <i>ujemanja kontrolnih točk</i>	→ korelacijske RT → odločitvene RT → hierarhične RT → optimizacijske RT
Glede na doseženo <i>natančnost poravnave</i>	→ RT za grobo poravnavo (največ pikselska poravnava) → RT za fino poravnavo (pod-pikselske RT)

Razumevanje notranjih prijemov registracijskih algoritmov je pogojeno s poznavanjem obdelave signalov, digitalne obdelave podob in sorodnih področij ter možnih virov in lastnosti deformacij na satelitskih podobah. Za uporabnike satelitskih podatkov so tovrstne podrobnosti pomembne, ker le tako lahko razumemo morebitne nestabilnosti in slabosti dane tehnike.

#### 4 OVREDNOTENJE IZBRANIH SAMODEJNIH REGISTRACIJSKIH TEHNIK

Izbrane so bile tri samodejne RT, ki na različne načine poiščejo značilne predmete na podobi. In sicer:

- tehnika »optični tok« – v nadaljevanju označena z »AD«,
- tehnika »obrisi« – v nadaljevanju »CON« ter
- valčna tehnika – z oznako »W«.



Tehnika »optični tok« temelji na principu iskanja vidnih smeri (Fedorov et al. 2002, Fonseca et al. 1999). Kar pomeni, da izhaja iz svetlostnih lastnosti podob, korelacije in geometrijske kontrole. Tehnika samodejnega iskanja obrisov (Li et al. 1995a) najprej izloči izrazitejše robove, obrise, nato pa na njih določi značilne točke. Tehnika valčne transformacije izhaja iz posebnih lastnosti valčnih transformacij, torej deluje v frekvenčni domeni podobe (Fedorov et al. 2002, Li et al. 1995b).

Za opravljanje postopka samodejne registracije je bil uporabljen program Regeemy (Fedorov et al. 2002), za oceno položajne natančnosti lasten program v Matlabu ter za vizualno-metrične primerjave in statistično kontrolo Erdas Imagine.

Študija je imela tri cilje:

- Spoznati obnašanje izbranih tehnik (tolerantnost odziva, stabilnost, robustnost) na različna, umetno ustvarjena popačenja (premik, zasuk, prekrivanje, razteg) in na vpliv okoliščin naravnega prostora (razgibanost terena, urbaniziranost – različne reflektivne lastnosti površja) ter ovrednotiti kakovost in natančnost poravnave ob naštetih pogojih.
- Ovrednotiti kakovost samodejne poravnave velikih podob (celotni posnetki Landsat) ter določiti položajno kakovost ustvarjenih mozaikov.
- Testiranje učinkovitosti in kakovosti samodejnih postopkov registracije na visokoločljivostnih podobah IKONOS in DOF (večsenzorska in vesčespektralna registracija).

#### 4.1 Vpliv vrste in velikosti popačenja ter naravnih okoliščin

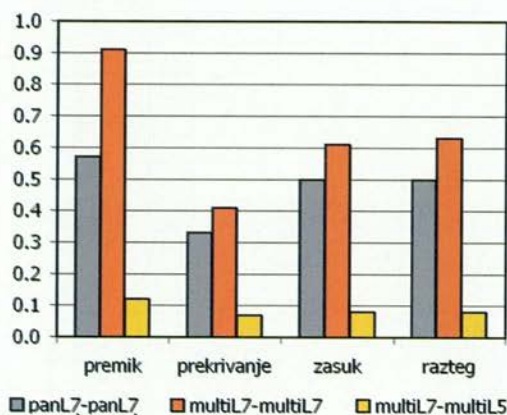
Podatki, ki jih uporabljamo v tem sklopu, so bili nadzorovano »zmoteni« (stopnja in tip popačenja), nato pa smo na njih (4 izseki Landsat7 in Landsat5) opravili teste v kombinacijah z ostalimi opazovanimi parametri (tip podobe, testno območje, predobdelava, tehnika iskanja predmetov; skupaj 208 registracij). Uporabljena transformacija je v vseh primerih afina, saj so predhodne analize pokazale, da edina daje ponovljive in zanesljive rezultate. Valčna tehnika, žal, ni bila učinkovita, zato sistematično ovrednotenje ni bilo mogoče!

Ali in kako dano popačenje in stopnja popačenja vplivata na uspešnost pridobivanja KT kaže slika 1. Iščemo tudi skrajno mejo popačenj, ki jo izbrana RT še prenese, pri tem pa vrne zadostno število uporabnih KT. Ugotovitve, glede na opazovane parametre, povzema preglednica 2. Položajna kakovost poravnanih podob je ocenjena na podlagi primerjave lege vrnjenih KT glede na njihovo teoretično pravilno lego (glede na to, da vemo, kako smo podatke zmotili, simulirali popačenja, je bilo mogoče določiti njihove »odsimulirane« položaje).

*Preglednica 2: Uspešnost in učinkovitost pridobivanja kontrolnih točk ter s tem kakovost poravnave izsekov Landsat podob v odvisnosti od popačenja, obdelave in tipa podob.* →







Slika 1: Povprečne vrednosti deleža vrnjenih KT (tj. srednjih vrednosti čez vse stopnje za izbrano popačenje) glede na tip popačenja. Kombinacije poravnave: panL7-panL7, multiL7-multiL7 in multiL7-multiL5).

#### 4.2 Poravnava velikih podob srednje ločljivosti

Vhodni podatki so zajete scene s 30 m ločljivostjo za zahodni (Landsat tm920818) in osrednji (Landsat tm920827) del Slovenije. Registracija ter združevanje posnetkov v mozaik je bilo opravljeno za večspektralno zloženko 432, za referenčno podobo smo vzeli tm920827. Ker je bila ocenjena kakovost za KT že izhodiščno slaba ( $RMSE > 3$ ), smo slabše KT izločali, tako da smo dosegli postopno zmanjševanje RMSE, vsakič za piksel (v nadaljevanju: auto ( $RMSE > 3$ ), red3 ( $RMSE: 2-3$ ), red2 ( $RMSE: 1-2$ ), red1 ( $RMSE: 0-1$ ), za prečiščene izbore KT pa nato ustvarjali pripadajoče mozaike.

Analiza položajne kakovosti ustvarjenih mozaikov pokaže, da ni dosežen zelen rezultat, tj. največ pikselsko položajno odstopanje. Vse metode testiranja kakovosti (vizualna primerjava, metrično določanje položajnega odstopanja, podobe razlik in statistična metoda z izračunom korelacije) so navedeno potrdile. Primerjava izračuna položajnega odstopanja glede na različne referenčne vire pokaže, da so odstopanja od 1 do 4 pikselska (preglednica 3), podobe razlik pa še, da največ neodstranjenih variacij ostaja v 4. spektralnem pasu, 3. in 2. spektralni pas pa dajeta podobne rezultate.

*Preglednica 3: Kvantitativna ocena povprečnega položajnega odstopanja ustvarjenih mozaikov glede na izbrani referenčni vir: topografsko karto GURS v merilu 1 : 25.000 (stolpec D-TK25), satelitski posnetek, ki tvori levo stran mozaika (D-tm920818), satelitski posnetek, ki tvori desno stran ustvarjenega mozaika in je obenem tudi referenca za poravnavo (D-tm920827) ter njuno povprečje (D-avg-tm). Ocene temeljijo na kontroli 30–40 točk.*

Razmerje odstopanj	D-TK25 [m]	D-tm920818 [m]	D-tm920827 [m]	D-avg-tm [m]
auto	41,47	56,90	29,23	43,45
red3	39,88	71,04	30,70	50,52
red2	46,61	109,31	30,58	69,66
red1	56,25	121,34	31,20	75,67
SKUPAJ	46,06	89,65	30,43	59,82

Upadanje položajne kakovosti ustvarjenih mozaikov je sorazmerno z upadanjem števila KT, ki jih uporabimo za združevanje, nadalje še ugotavljamo, da daje tehnika AD zanesljivejše rezultate.

### 4.3 Poravnava visokoločljivostnih podob

☞ S poravnavo visokoločljivostnih podob smo testirali učinkovitost in kakovost samodejnih registracijskih algoritmov na podobah z visoko stopnjo detajla. Testni podatki so posnetek IKONOS (multi in pan s 4 oz. 1 m ločljivostjo) za območje Ajdovščine ter digitalni ortofoto (DOF, GURS) z 0,5 m ločljivostjo. Analiza je potekala v dveh smereh:

- testiranje poravnave IKONOS multi (4321) na IKONOS pan (večspektralna poravnava),
- testiranje poravnave IKONOS na DOF (večsenzorska poravnava).

Kakovost poravnave smo določali na osnovi analize podobe razlik. Za vse poravnane podobe pa grobo ocenili položajno odstopanje tudi z vizualno-metrično primerjavo poravnane podobe na njen ustrezen referenčni vir, tj. prek razdalje odstopanja.

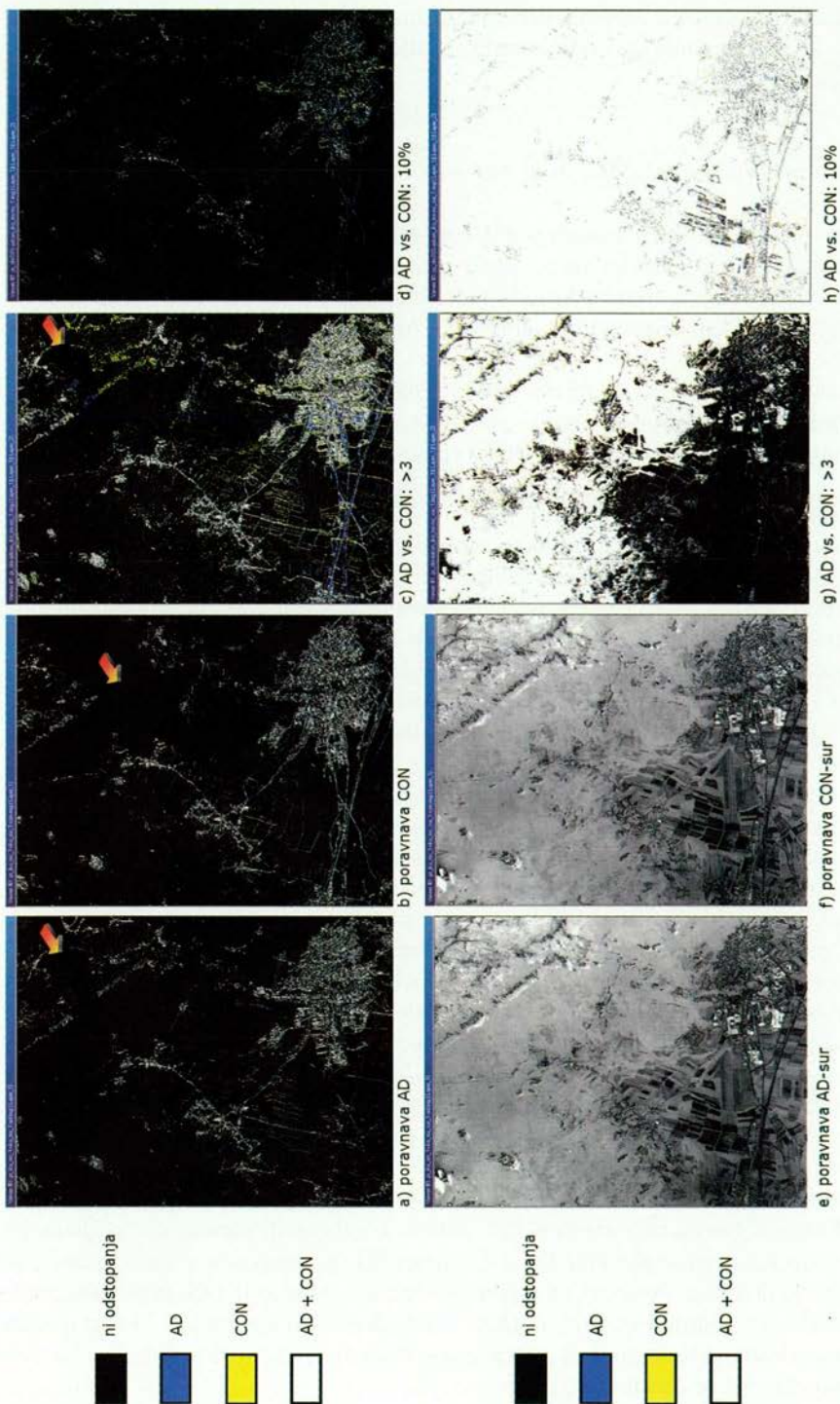
Pokaže se, da je v situacijah parov zelo podobnih si podob (npr. registracija podobe same nase) število vrnjenih KT zagotovljeno (velja tako za multi kot pan). Značilen upad pa je mogoče opaziti pri registracijah surovih različic podob (do 15 KT) in pri poravnavi v kombinaciji multi na pan (do 7 KT). Učinkovitost samodejnih RT na podobah z visoko ločljivostjo je s tem zelo podobna analiziranim situacijam na podobah Landsat s srednjo ločljivostjo.

Tudi te poravnave niso dale zelene podpikselske točnosti. Pri poravnavi podobe same nase (referenčno testiranje) prihaja do, po podobi približno enakomerno razporejenega, odstopanja velikosti 0–2 piksla. Pri poravnava surovih na georeferencirane podobe so odstopanja bistveno večja (od 0 do 30 in celo 60 pikslov), predvsem pa so neenakomerno razporejena po podobi. Kot poglobitvi razlog za nastalo situacijo razporeditve položajnega odstopanja je ugotovljena močna korespondenca z razporeditvijo KT. Praviloma so odstopanja najmanjša v tistih predelih podobe, kjer je bilo vrnjenih več KT ter povsem nepredvidljiva v predelih, kjer je bilo vrnjenih malo KT ali celo nobene.

Žal se tudi pokaže, da je kakovost prostorske transformacije (prevzorčenja), ki se izvede ob samodejnih RT na osnovi vrnjenih KT lahko nekakovostna (glej sliko 2, puščice). Pri večini poravnanih podob namreč obstajajo lise, za katere lahko potrdimo, da se tam prevzorčenje ni pravilno izvedlo, marveč so se zgolj prepisali podatki z referenčne podobe.

Večsenzorska poravnava, poravnava IKONOS (multi in pan) na DOF, ni dala rezultatov (zadostnega števila uporabnih KT) v nobeni kombinaciji parametrov registracije niti za že georeferencirane različice IKONOS posnetka (ne enopasovne niti zložene), še manj za surove različice. Postopek smo ponovili še tako, da smo IKONOS podobe predhodno obdelali. Za podobi IKONOS in DOF je bilo doseženo ujemanje v histogramskih (intenzitetnih) lastnostih, ohranili pa smo prvotno ločljivost IKONOS podob. Vendar tudi s tem nismo prav nič pridobili.





Slika 2: Primerjava podob razlik (a, b), kot rezultat za obe uporabljene samodejni registracijski tehniki AD in CON na primeru iko\_mis\_1 ter primerjave istih podob razlik (c, d) ob uporabi različnih kriterijev za dopustna (tolerancijska) odstopanja. Spodaj (e-h) enako za primer poravnave surove podobe. Svetlejši (beli) toni predstavljajo večje razlike.

## 5 SKLEP

Ob pregledu registracijskih metod se je pokazalo, da področje registracije ni majhno, še manj enostavno. Prav posebnosti podob daljinskega zaznavanja (gibanje opazovalnih sistemov, raznolikost senzorjev, čas zajema in podobno) narekujejo pisanost pristopov k poravnavi podob. Cilj vseh samodejnih registracijskih tehnik je obvladovati lastnosti podobe, znati »prebrati« in »spustiti« moteče šume na podobi ter najti zadostno število dovolj kakovostnih KT. Za vsak opisan korak že obstaja množica rešitev, vendar vsestranska rešitev, ki bi dajala visoko kakovostne rezultate, še ni in verjetno ne bo nikoli dosežena.

Študija učinkovitosti samodejnih algoritmov pokaže, da je multi podobe mogoče lažje in bolj kakovostno registrirati kot pan podobe. Tu ne gre za problem ločljivosti temveč bolj za razlike v lastnostih informativnih vrednosti pan in multi podob za algoritme iskanja KT. Ugotavljamo tudi, da samodejne registracijske tehnike, ki smo jih testirali v študiji, niso učinkovite za reševanje poravnave podob, ki so si po svojih lastnostih (ali po senzorskih, ali po ločljivostnih ali po časovnih značilnostih) različne. Poučna izkušnja je tudi, da moramo biti pri uporabi samodejnih postopkov pozorni na vse, kar je očem skrito, tudi na doslednost prevzorčenja.

Vse kaže, da glavni izvor problema nedoseganja visoke položajne točnosti ostaja v kakovosti postopka. Dejstvo, da je bilo mogoče potrditi določene razlike med izbranimi tehnikami iskanja KT, njihovega obnašanja na različne pogoje, prav tako pa je bilo mogoče opaziti vpliv števila in razporeditve KT na položajno kakovost, ter dejstvo, da teh vendarle ni mogoče povsem sistematično opisati, kaže, da spremenljivost postopka izhaja prav iz faze določanja KT za registracijo. Retrospektivno zato ugotavljamo, da raven dosegljivih samodejnih registracijskih algoritmov še ni na stopnji, ki bi zagotavljala visoko kakovostne položajne rezultate, predvsem zato, ker zaloga, razporejenost in kakovost vrnjenih KT ni zadovoljiva. Varno lahko samodejne postopke uporabljamo le v izbranih kombinacijah in za grobo (nadpiskelsko) poravnavo. Tako lahko dosežemo dobro izhodišče za fino poravnavo, ki pa bo najverjetneje ročna.

## VIRI IN LITERATURA:

- Brown, L. 1992: A Survey of Image Registration Techniques. *ACM Computing Surveys* 24 (4).
- Fedorov, D., Fonseca, L. M. G., Kenney C., Manjunath B. S. 2002: Automatic Registration and Mosaicking System for Remotely Sensed Imagery. 9th International Symposium on Remote Sensing.
- Fonseca, L. M. G. in Manjunath, B. S. 1996: Registration Techniques for Multisensor Remotely Sensed Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 62, No. 9.
- Fonseca, L. M. G., Hewer, G., Kenney, C in Manjunath, B. S. 1999: Registration and Fusion of Multispectral Images Using a New Control Point Assessment Method Derived From Optical Flow Ideas.
- Gonzales, R. C. in Woods, R. E. 2002: *Digital Image Processing*.
- Li, H., Manjunath, B. S. in Mitra, S. K. 1995a: A contour-based Approach to Multisensor



- Image Registration. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 4, No. 3.
- Li, H., Manjunath, B. S. in Mitra, S. K. 1995b: Multisensor Image Fusion Using the Wavelet Transform. CVGIP: Graphical Model and Image Processing 57 (3).
- Oštir, K. 2004: Daljinsko zaznavanje. Skripta. Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Ljubljana.
- Rogelj, P. 2001: Elastična poravnava medicinskih slik različnih modalnosti. Magistrsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana.
- Townshend, J. R. G., Justice, C. O., Gurney, C. in McManus, J. 1992: The Impact of Misregistration on Change Detection. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 30, No. 5.
- Veljanovski, T. 2003: Poravnava daljinsko zaznanih podob: večsenzorske, večspektralne in veččasovne registracijske tehnike. Seminarska naloga. Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Ljubljana.

# UPORABA NAPREDNIH TEHNIK KLASIFIKACIJE SATELITSKIH POSNETKOV NA OBMOČJU KRASA

Žiga Ramšak\* in Krištof Oštir\*\*

UDK: 528.85:629.783(497.4 Kras)

## **Izvleček**

### **Uporaba naprednih tehnik klasifikacije satelitskih posnetkov na območju Krasa**

Kras je ekološko zelo raznolika in občutljiva regija, s katero moramo gospodariti s posebno previdnostjo ter vso razpoložljivo tehnologijo, tudi geografskimi informacijskimi sistemi in daljinskim zaznavanjem. V prispevku so predstavljene metode za pridobitev zanesljive karte pokrovnosti. Kompleksnost območja narekuje kombinacijo različnih virov podatkov, kot so satelitski posnetki Landsat, dopolnjeni z digitalnim modelom višin, ortofoto posnetki in obstoječimi kartami. Kot glavni klasifikacijski algoritem je bila uporabljena metoda največje verjetnosti, natančnost pa je bila še povečana z uporabo mehke klasifikacije, omejevanjem z višino in nagibom ter dodatnimi sloji podatkov.

## **Ključne besede**

daljinsko zaznavanje, pokrovnost, raba tal, klasifikacija, satelitski posnetki, Kras

## **Abstract**

### **Application of advanced satellite image classification in the Kras area**

Kras is a very diverse and sensitive region, which has to be managed with special care and with all available technology, including geographical information systems and remote sensing. Methods to produce reliable land cover are presented in the paper. Complexity of the area requires a combination of various data, such as Landsat satellite images supplemented with digital elevation model, digital orthophotos and existing maps. Maximum likelihood algorithm was used as a main classifier and accuracy of the results were further improved by fuzzy classification, auxiliary data and limitation with elevation and inclination.

## **Keywords**

remote sensing, land cover, land use, classification, satellite imagery, Kras

## 1 UVOD

Kras je obsežna apneniška planota, ki se dobro loči od sosedstva, saj se strmo dviguje na sosednje, pretežno flišne pokrajine. Je izrazito mejna pokrajina, kar se kaže v številnih značilnostih. Leži v bližini morja, vendar jo njegovi blažilni vplivi zaradi strme stopnje

\* Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, ziga.ramsak@guest.arnes.si

\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, kristof@zrc-sazu.si



težko dosegajo. Na severu so blizu visoke kraške planote, zato so močni tudi celinski vplivi. Prehodnost se kaže v veliki prevetrenosti; v zimskem času je pogosta burja. Poglavitna posledica apnenčastega površja je zakraselost in s tem povezani površinski in podzemeljski kraški pojavi, tudi odšotnost površinsko tekočih voda. (Perko in Orožen Adamič (ur) 1999, 234–241)

Zaradi občutljivosti kraške pokrajine je potrebno posebno pozornost posvetiti njenemu upravljanju. Izkoristiti moramo vsa razpoložljiva sredstva za učinkovito gospodarjenje in opazovanje naravnih virov. Še posebej moramo biti pozorni na interakcijo med človekom in okoljem, ki predstavlja največjo grožnjo v občutljivih okoljih kot je Kras. Z vodo oz. enim od vidikov interakcije človek – okolje, se ukvarja evropski projekt Aquadapt, v okviru katerega smo želeli ustvariti natančno karto pokrovnosti. Glavni namen je bil poiskati metodologijo določanja pokrovnosti, ki daje kar se da natančne rezultate in omogoča zgodovinske, nekaj letne ali desetletne, primerjave.

Daljinsko zaznavanje oz. napredna klasifikacija satelitskih posnetkov predstavljata natančno in cenovno ugodno alternativo klasičnim tehnikam kartiranja pokrovnosti. Prispevek opisuje postopek klasifikacije satelitskih posnetkov, od izbire podatkov do analize kakovosti. Posebna pozornost je namenjena naprednim tehnikam klasifikacije, kot je poklasifikacijsko modeliranje.

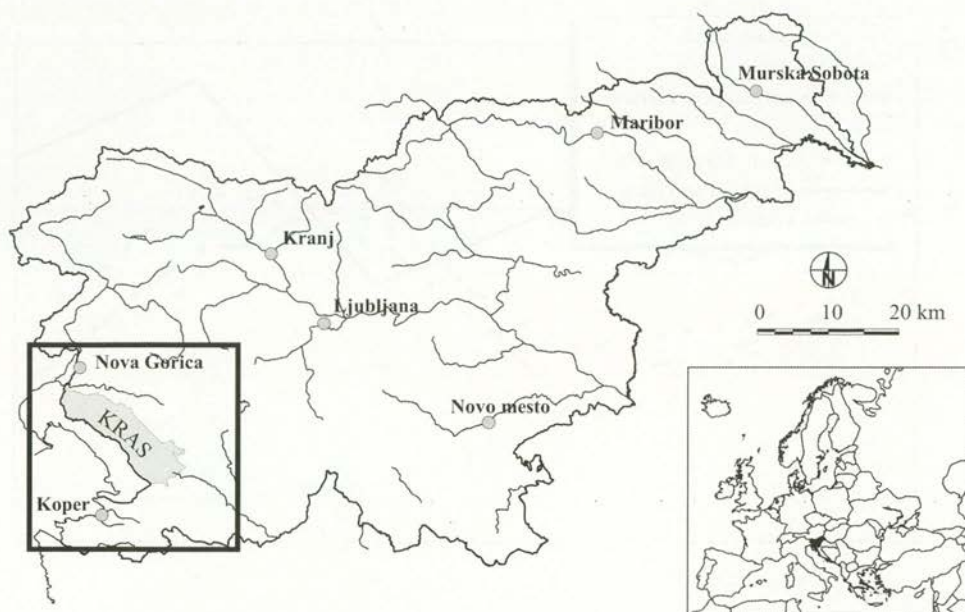
## 2 KLASIFIKACIJA POKROVNOSTI

Glavni namen klasifikacije satelitskih in drugih posnetkov je prepoznavanje predmetov na zemeljski površini in njihovo upodabljanje v obliki tematskih kart. Pri tem skušamo pokrovnost ugotoviti z analizo sivih tonov na posnetkih. Klasifikacija je eden najpomembnejših korakov pri obdelavi daljinsko zaznanih podob in je pomemben vhodni podatek za geografske informacijske sisteme.

Prvi korak pri klasifikaciji je izbira ustreznih podatkov. Zaradi ugodnega razmerja med ceno in kakovostjo, dobrih spektralnih (sedem kanalov od vidne do infrardeče svetlobe) in prostorskih lastnosti (ločljivost 30 krat 30 m) smo se odločili uporabiti večspektralna posnetka satelitov Landsat 5 (18. 8. 1992) in Landsat 7 (15. 9. 1999). Oba sta nad proučevanim območjem brez oblakov, kar omogoča enostavno obdelavo in natančno klasifikacijo. Posnetka sta bila na podlagi kontrolnih točk (86 za posnetek Landsat 5 in 102 za Landsat 7) z večjo gostoto na območju Krasa, vpeta v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem (slika 1). Pri tem je bila dosežena povprečna položajna napaka 32 m, kar je približno enako velikosti piksla.

Posnetka sta bila po georeferenciranju združena v eno samo podobo, pri čemer je bil zaradi manjše prostorske ločljivosti in minimalnega prispevka h kakovosti klasifikacije pri obeh iz nadaljnje analize izločen šesti, torej termalni kanal.

Glede na metodo dela delimo klasifikacijo satelitskih in drugih podob na *nadzorovano* in *nenadzorovano*. Glavna razlika med obema je način, kako ustvarimo spektralne podpise. Pri nadzorovani klasifikaciji jih računalnik izračuna iz manjših območij razpoznavnega tipa pokrovnosti, ki jih določi operater, pri nenadzorovani klasifikaciji pa jih računalnik oblikuje sam, z matematičnim združevanjem podatkov v n-razsežnem spektralnem prostoru.



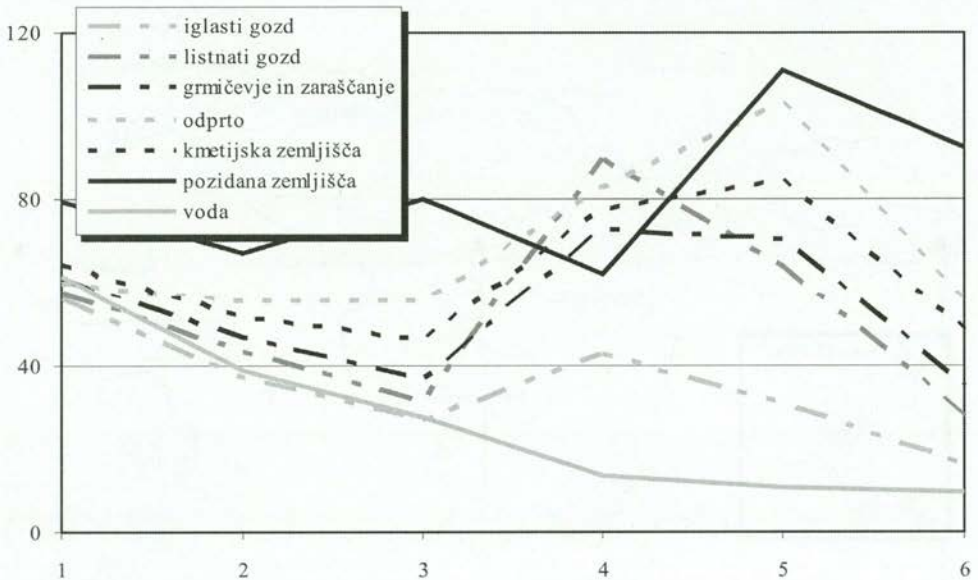
Slika 1: Lega Krasa in širšega območja klasifikacije pokrovnosti.

Odločitev za razrede pokrovnosti, ki so bili uporabljeni že pri predhodni klasifikaciji za celotno Slovenijo (Oštir et al. 2002), je omogočila primerjavo in analizo razlik klasifikacij. Glede na predhodno klasifikacijo so bili v razred pozidana zemljišča združeni prvotni trije razredi (urbano, gosto in redko pozidano). Uporabljene so bile naslednje kategorije:

- *iglasti gozd*,
- *listnati gozd*,
- *mešani gozd* – gozd, v katerem je razmerje iglastih in listnatih dreves približno enako,
- *grmičevje in zaraščanje* – grmičevje, prehod iz gozda v travnik, zaraščajoči travniki, nizki (predvsem kraški) gozd,
- *odprto* – travniki in pašniki,
- *kmetijska zemljišča* – njive z različnimi kulturami, vrtovi, vinogradi, sadovnjaki,
- *pozidana zemljišča* – mesta, vasi, industrijske površine, širše prometnice in parkirišča, gradbišča,
- *voda* – morje, reke, jezera, zaježitve, soline.

Prvi in najpomembnejši korak pri nadzorovani klasifikaciji je izbira učnih vzorcev. Operater praviloma na računalniškem zaslonu označi območja, kjer ve, da se nahaja določen tip pokrovnosti. Program za obdelavo posnetkov tako izračuna spektralni podpis tipa pokrovnosti. Postopek navadno poteka iterativno, saj moramo kakovost vzorcev ves čas preverjati in jih po potrebi izboljšati ali celo zavreči (slika 2).





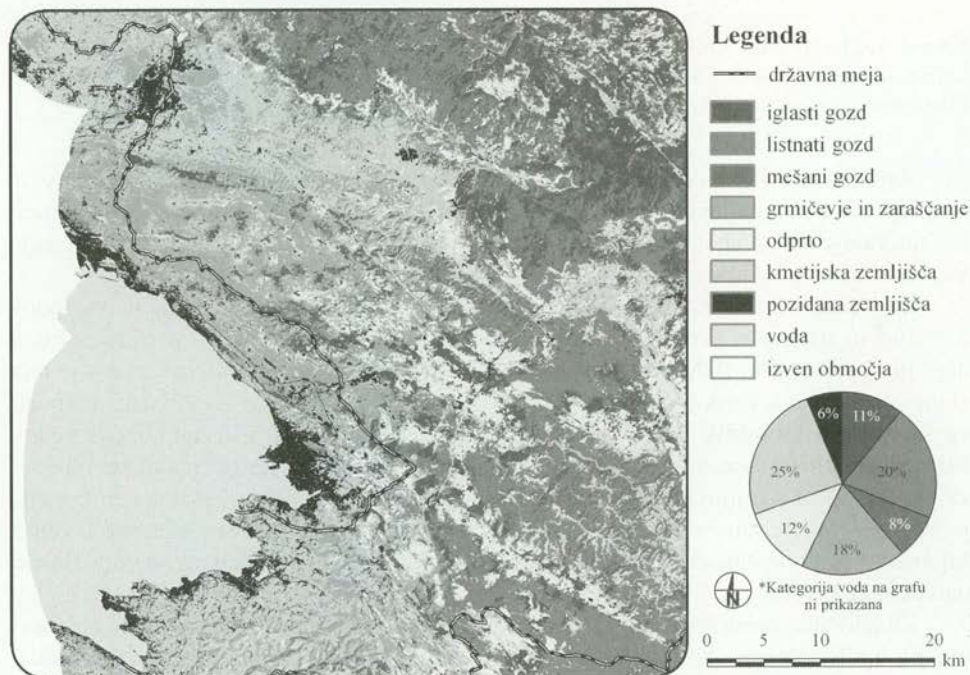
Slika 2: Grafična predstavitev spektralnih odbojev izbranih vzorcev. Posnetek Landsat ETM+ (1999).

Kot vzorec ni bil posebej uporabljen mešani gozd, saj je bil pridobljen z nenadzorovano klasifikacijo, opisano v nadaljevanju. Za vse ostale kategorije je bilo na podlagi digitalnih ortofoto posnetkov (DOF), nenadzorovane klasifikacije na 20 razredov in poznavanja površja opredeljenih 3 do 5 učnih vzorcev. Njihova ustreznost je bila preverjena z grafično predstavitvijo spektralnih odbojev vzorcev, analizo ločljivosti vzorcev, prekrivanjem v spektralnem prostoru, samoklasifikacijo in testno klasifikacijo.

Kot glavni klasifikacijski algoritem je bila izbrana metoda največje verjetnosti. S primerjavo rezultata klasifikacije s stanjem na DOF-u je bilo ugotovljeno, da so kot pozidana zemljišča klasificirane tudi zorane njive in druga zemljišča z odkrito prstjo. Odpravljanje težave z dodatnimi učnimi vzorci zoranih njiv se ni posrečilo, saj je bil sedaj del pozidanih zemljišč klasificiran kot kmetijska zemljišča. Odločili smo se za drugačen pristop. Proučevano območje je bilo klasificirano z mehko (fuzzy) klasifikacijo v dva razreda. Na ta način je bila dobljena slika pokrovnosti z dvema slojema. V prvem je vsakemu pikslu pripisan najbolj verjeten razred pokrovnosti in v drugem naslednji najbolj verjeten razred. Pozidanim zemljiščem, ki so bila v drugem sloju mehke klasifikacije označena kot kmetijska, je bil atribut spremenjen v slednjo. To je omenjeni problem večinoma odpravilo, ne pa v celoti.

Za klasifikacijo gozdov so bili izbrani vzorci za iglasti in listnati gozd, mešani naj bi bil pridobljen z ugotavljanjem deleža obeh vrst. Vendar postopek ni bil uspešen, saj je bil dobljeni delež mešanega gozda zelo majhen. Dodatno težavo je predstavljal vpliv reliefne razčlenjenosti na osončenost površja, zaradi katere ima listnati gozd na senčnih pobočjih zelo podobne odbojne vrednosti, kot iglasti na sončnih. Boljši rezultat smo do-

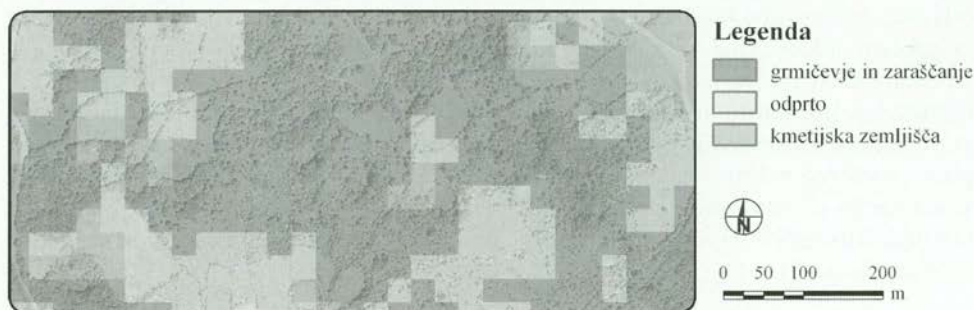
bili z nenadzorovano klasifikacijo samo gozdnih površin. Maskirani satelitski posnetek (z gozdom določenim z nadzorovano klasifikacijo) je bil na novo klasificiran z nenadzorovano klasifikacijo na 3, 6 in 10 razredov. V idealnem primeru bi klasifikacija na 3 razrede izločila iglasti, mešani in listnati gozd. To se ni zgodilo, zato je bila posameznim razredom pri klasifikacijah na 6 in 10 razredov, z ugotavljanjem stanja na DOF-ih pripisana ustrezna pokrovnost. Na podlagi preverjanja s pomočjo DOF-ov je bila izbrana klasifikacija na 10 razredov, saj najbolje loči različne tipe gozdov. Ustrezni razredi so bili nato združeni v tri osnovne kategorije in njihove vrednosti pripisane k prvotni klasifikaciji (slika 3).



Slika 3: Karta pokrovnosti Krasa z okolico iz kombinacije posnetkov TM (1992) in ETM+ (1999).

Veliko težav je povzročilo razločevanje obdelovalnih zemljišč, travnikov in grmičevja (slika 4). Zgodi se namreč, da razred kmetijskih zemljišč prevlada nad grmičevjem ali travniškimi površinami. Problem je zaradi velike zemljiške razdrobljenosti, spremenljivih talnih razmer in intenzivnega zaraščanja na Krasu posebno izrazit, saj se skozi redko grmičevje »vidi« relativno veliko travnatih površin in je zato spektralni podpis podoben vsem trem kategorijam. V obzir je potrebno vzeti tudi datum snemanja, kajti v poznem poletju je velik delež njiv, s katerih je bil pridelek že pospravljen, zaradi sušnih tal pa je še težje ločiti posamezne vrste vegetacije.





Slika 4: Velika spremenljivost rabe in posledično težavno ločevanje kategorij, je ena od bistvenih lastnosti pri klasifikaciji satelitskih posnetkov na območju Krasa. Na sliki je ozemlje severno od Pliskovice, sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF (Geodetska uprava RS).

Zaradi premajhne ločljivosti so na satelitskem posnetku zaznavne samo večje reke. Za preprečitev »drobljenja« rečne mreže in izboljšanja natančnosti so bili kot dodaten sloj uporabljeni obstoječi vektorski podatki o hidrologiji, končna karta pokrovnosti pa je bila maskirana z rekami, širšimi od 5 m, jezeri, močvirji, solinami in morjem.

Izboljšanje kakovosti klasifikacije je bilo opravljeno z omejevanjem razredov z višino in nagibom. Kot vir višinskih podatkov je bil uporabljen interferometrični digitalni model višin (DMV) z ločljivostjo 25 m (Oštir et al. 2002). Upoštevana je bila Gamsova študija višinskih meja (Gams 1960) in razdelitev nagibov z vidika primernosti za kmetijstvo (Kladnik 1999, 124–125). Gozd je bil omejen z nadmorsko višino 1450 m, obdelovalna zemljišča z višino 850 m in nagibom  $22^\circ$  ter pozidana zemljišča z višino 900 m in strmino pobočij  $25^\circ$ . Vse kar je višje in bolj strmo od določenih meja, je bilo preklasificirano v kategorijo odprto. Pri tem je bilo izločeno ozemlje izven 5 kilometrskega obmejnega pasu na italijanski strani, saj za ta območja ni na voljo dovolj natančnega DMV.

Za izločitev šuma rezultatov in s tem delno generalizacijo je bilo uporabljeno filtriranje z upoštevanjem okolice (Ramšak 2004, str. 32). Filter večine (majority), velikosti 3 krat 3 piksele, je bil prilagojen tako, da pikslom, ki v bližnji okolici nimajo pokrovnosti iste kategorije, pripiše vrednost, ki se v njihovi okolici največkrat pojavi.

### 3 REZULTATI

Atributna natančnost klasifikacije, ocenjena s primerjavo stanja na ortofoto posnetkih na podlagi 120 testnih točk, je zelo visoka, saj presega 90 %. Z analizo kakovosti je bilo ugotovljeno, da so največkrat napačno klasificirana kmetijska zemljišča in kategorija odprto, kjer njihovo pravo pokrovnost predstavlja grmičevje. Vendar je to ob intenzivnem zaraščanju, prevladi mladih gozdnih sestojev z nizkim drevjem in zelo spremenljivi rabi tal razumljivo. Do mešanja pride tudi med kategorijami gozda, kar da slutiti potrebo po dodatni poglobitvi v problem njihovega ločevanja.

*Preglednica 1: Primerjava površine pozidanih zemljišč in gozdov med predhodno in novejšo klasifikacijo.*

	Klasifikacija za Mobitel		Klasifikacija za Aquadapt	
	ha	% skupne površine	ha	% skupne površine
Urbano	1698	0,6		
Gosto pozidano	6005	2,1		
Redko pozidano	16.764	5,9		
Skupaj pozidana zemljišča	24.467	8,6	17.193	6,0
Iglasti gozd	22.950	8,0	31.087	10,9
Listnati gozd	71.410	25,0	57.331	20,1
Mešani gozd	14.471	5,1	22.905	8,0
Skupaj gozd	108.831	38,1	111.323	39,0

Primerjava s predhodno klasifikacijo, izdelano za potrebe načrtovanja mobilnega telefonskega omrežja podjetja Mobitel, pokaže razlike predvsem pri kategorijah pozidanih zemljišč in gozdovih (preglednica 1). Predhodna klasifikacija loči tri razrede pozidanih zemljišč, t.j. urbana središča brez vmesnega zelenja, gosto in redko pozidana zemljišča z vmesnimi zelenicami in vrtovi. V novejši klasifikaciji (Aquadapt) so bili ti razredi združeni, obsegajo pa le pozidana zemljišča, brez večjih zelenic. Do večjega razlikovanja tako pride na podeželju, kjer novejša klasifikacija v hribovitih območjih izpusti manjše pozidane površine, medtem ko jih predhodna zajame. Vendar slednja hkrati zajame tudi veliko nepozidanih zemljišč, zlasti kmetijskih, predvsem v Koprskih brdih in v okolici mest.

Zaradi razlik v načinu ocenjevanja gozdov pride do neskladja v deležih, ki jih posamezni tipi obsegajo. Pri predhodni klasifikaciji sta bila listnati in iglasti gozd določena z nadzorovano klasifikacijo, mešani gozd je bil nato dobljen z ugotavljanjem deleža obeh. Tipi gozdov pri novejši klasifikaciji pa so bili določeni z nenadzorovano klasifikacijo in združevanjem razredov. Kljub temu pa je razlika v skupnem deležu gozdnega rastiča med klasifikacijama razmeroma majhna. Katera od obravnavanih klasifikacij je na tem področju boljša, bi na podlagi dosegljivih sredstev (poznavanje območja, digitalni ortofoto posnetki) težko ocenili, z nekaj zadržki pa bi k rešitvi lahko prispevala karta gozdov, dosegljiva na Zavodu za gozdove Slovenije. Menimo, da je nujen ogled terena in preverjanje nekaterih vzorčnih območij v naravi.

#### 4 SKLEP

Klasifikacija satelitskih posnetkov se je izkazala kot učinkovito orodje pri določanju pokrovnosti na območju Krasa. Zaradi svojevrstnosti omenjenega območja, predvsem velike zemljiške razdrobljenosti, spremenljivih talnih razmer in intenzivnega zaraščanja je bilo ločevanje nekaterih razredov težavno in je bilo potrebno uporabiti naprednejše metode, vključno s poklasifikacijo.



Prepletanje različnih podatkov, omejevanje z višino in nagibom ter kombinacija ne-nadzorovane in nadzorovane klasifikacije lahko znatno izboljšajo kakovost končne karte pokrovnosti. Izkazalo se je, da je klasifikacija združenih posnetkov smiselna, saj olajša razlikovanje med posameznimi razredi; od drugih kategorij zlasti dobro loči pozidana zemljišča.

Primerjava s predhodno klasifikacijo je pokazala razlike zlasti pri deležih tipov gozdov in pozidanih zemljiščih, ugotavljanje, katera od klasifikacij je na tem področju boljša, pa zahteva terensko delo.

Opravljen študija je potrdila našo domnevo, da enostavna klasifikacija pokrovnosti ni mogoča, če želimo doseči visoko natančnost. Izkazalo se je, da je določanje pokrovnosti izrazito prostorsko pogojeno, saj je potrebno upoštevati vse lokalne posebnosti, tako naravnih pojavov in danosti kot umetnih objektov. Zato menimo, da je rabo tal smiselno določati glede na manjše pokrajinske enote. Kras, kot zelo specifična regija, s svojimi značilnostmi in posebnostmi narekuje podrobnejšo raziskavo, podkrepljeno s terenskim omejevanjem učnih vzorcev in preverjanjem kakovosti rezultatov.

Raziskava je bila opravljena v okviru evropskega projekta Aquadapt (WP5).

#### VIRI IN LITERATURA:

- Gams, I. 1960: O višinski meji naseljenosti, ozimine, gozda in snega v slovenskih gorah. Geografski vestnik, 32. Ljubljana.
- Kladnik, D. 1999: Leksikon geografije podeželja. Ljubljana.
- Oštir, K., Stančič, Z., Podobnikar, T. in Vehovar, Z. 2002: Pridobivanje in uporaba prostorskih podatkov visoke ločljivosti pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999 – 2000. Ljubljana.
- Perko, D. in Orožen Adamič, M. (ur) 1999: Slovenija – pokrajine in ljudje. Ljubljana.
- Ramšak, Ž. 2004: Vrednotenje pokrajinskoekoloških tipov Slovenije v luči pokrovnosti, izdelane s klasifikacijo satelitskih posnetkov Landsat. Diplomsko naloga, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo. Ljubljana.

# VPLIV PODOBNOSTI PANKROMATSKE PODOBE IN PODOBE INTENZITETE NA SPOJENO PODOBO

Andreja Švab\* in Krištof Oštir\*\*

UDK: 528.85:629.783

## **Izvleček**

*Vpliv podobnosti pankromatske podobe in podobe intenzitete na spojeno podobo*

Članek obravnava metode združevanja podatkov pankromatskih in multispektralnih podob, s čimer ohranimo visoko spektralno ločljivost in povečamo prostorsko. Uporabljene so metode, ki delujejo na principu zamenjave pankromatske podobe in podobe intenzitete: Broveyjeva transformacija, zamenjava intenzitete pri transformaciji IHS in multiplikacija. Metode so obdelane teoretično in praktično preizkušene z različnimi kombinacijami podob IKONOS, Landsat in ortofoto. Opravljene študije kažejo, da je za ohranitev spektralnih lastnosti originalne multispektralne podobe bistvenega pomena podobnost med originalno pankromatsko podobo in podobo intenzitete. Članek opisuje merila podobnosti, postopek predobdelave podob ter prednosti in slabosti posameznih tehnik.

## **Ključne besede**

*združevanje podob, spektralna ločljivost, prostorska ločljivost, Broveyjeva transformacija, IHS transformacija, multiplikacija*

## **Abstract**

*Influence of resemblance between panchromatic image and intensity component on fused image*

In the paper methods for merging panchromatic and multispectral images are discussed. With the methods described the spatial resolution is improved preserving the spectral resolution as well. Methods, which work on substitution of the intensity with panchromatic image are used: Brovey transform, IHS transform and multiplicative method. Methods are theoretically processed and practically tested on different combinations of IKONOS, Landsat and DOF images. By analysing the results we confirmed the hypothesis that the essence of preserving spectral characteristics of an original multispectral image on fused images is the resemblance between an original panchromatic image and the respective intensity component. In the paper resemblance criteria, procedure of pre-processing and possible losses or achievements, are discussed.

## **Keywords**

*image fusion, spectral resolution, spatial resolution, Brovey transformation, IHS transformation, multiplication*

\* Igea d.o.o., Koprška 94, 1000 Ljubljana, andreja.svab@igea.si

\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, kristof@zrc-sazu.si



## 1 UVOD

Senzorji z visoko spektralno ločljivostjo imajo praviloma slabšo prostorsko ločljivost in obratno. Ker za kvalitetno obdelavo podatkov želimo visoko spektralno in visoko prostorsko ločljivost, uporabimo spajanje podatkov (resolution merge). Gre za skupino metod, ki združijo pankromatsko podobo visoke prostorske in nizke spektralne ločljivosti z multispektralno podobo visoke spektralne in nizke prostorske ločljivosti. Namen je pridobitev ene same podobe, ki ima visoko tako prostorsko kot spektralno ločljivost. Dobljena podoba s komplementarnimi lastnostmi različnih tipov podob je drugačna, a za različne načine uporabe koristnejša od obeh originalnih podob. Spektralne lastnosti so primerne za identifikacijo različnih pojavov, izboljšana prostorska ločljivost pa omogoča njihovo natančnejšo upodobitev. Izostren izdelek je tako uporabnejši na številnih področjih, kot sta npr. kartiranje in regionalno planiranje.

Za lažjo vizualno primerjavo spojenih podob smo uporabili podatke z visoko prostorsko ločljivostjo. Eden izmed satelitskih sistemov, ki pridobiva takšne podobe, je IKONOS. Za spojitev njegovih multispektralnih podob s še bolj visoko ločljivimi pankromatskimi podobami kot jih ima sam smo uporabili tudi digitalni ortofoto (DOF). Spojiti smo skušali tudi srednje ločljive podobe, ki imajo več spektralnih pasov. Za to so primerni podatki satelita Landsat. Ker ima pankromatski pas samo najnovejši Landsat 7, smo uporabili le-tega.

V članku uporabljamo izraz podoba za katerokoli sliko v digitalni obliki (Pahor et al. 2002). Pri tem gre lahko tako za satelitske posnetke kot za intenzitete, barvne komponente in druge slikovne matrike.

## 2 RGB IN IHS BARVNA PROSTORA

Uporabljene metode vključujejo neposredne ali posredne transformacije in kombinacije različnih barvnih prostorov, od osnovnega barvnega prostora RGB do bolj zapletenih barvnih prostorov, npr. IHS.

Če želimo na računalniškem zaslonu prikazati podobo, moramo uporabiti nek barvni prostor, v katerem so barve prikazane. Najbolj znan in najpogosteje uporabljen je model RGB, ki ga sestavljajo komponente rdeča (red), zelena (green) in modra (blue), za obdelavo daljinsko zaznanih podob pa je velikokrat uporabljen tudi model IHS, sestavljen iz komponent intenzitete (intensity), barvnega odtenka (hue) in saturacije (saturation, Campbell 1996).

Bistvo prostora IHS je, da omogoča ločitev prostorskih informacij v obliki komponente intenzitete od spektralnih informacij v komponentah barvnega odtenka in saturacije tribarvne sestavljene podobe. Analitik je tako zmožen posebej obravnavati prostorske informacije, s tem ko ohrani celotno barvno ravnotežje originalne podobe.

Vrednosti pikslov lahko iz prostora RGB v prostor IHS in obratno pretvorimo s pomočjo različnih matematičnih pristopov. V raziskavi smo uporabili pretvorbi, ki ju vključuje program Erdas IMAGINE (medmrežje 3).

### 3 UPORABLJENE METODE IN OPIS POSTOPKOV SPAJANJA PODOB

V raziskavi so bile uporabljene naslednje metode združevanja podob:

- transformacija IHS,
- Broveyjeva transformacija in
- Multiplikativna metoda.

Metoda *IHS* je v glavnem sestavljena iz treh korakov (Carper et al. 1990). Najprej pretvorimo tri večspektralne pasove iz barvnega prostora RGB v barvni prostor IHS. S tem iz standardne podobe RGB ločimo prostorske (I) in spektralne (H, S) informacije. Sledi zamenjava komponente intenzitete s pankromatsko podobo. Na koncu izvedemo inverzno transformacijo IHS in pretvorimo podatke nazaj v barvni prostor RGB.

Pri *multiplikativni metodi* (MULTI) piksel za pikselom množimo pankromatsko podobo s posameznimi komponentami multispektralne podobe (medmrežje 2). Tehnika dovoljuje hkratno obdelavo neomejenega števila multispektralnih slojev.

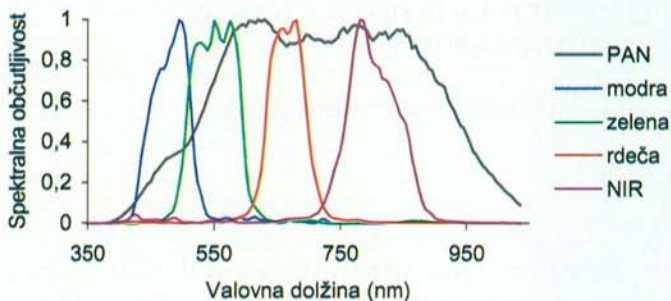
*Broveyjeva transformacija* (BT) (Hallada and Cox 1983) razdeli multispektralni barvni prostor v komponente barve in svetlosti. Deluje tako, da najprej normalizira vsak posamezni spektralni pas (deli ga s pankromatsko podobo, ki jo dobi iz vhodne multispektralne podobe). S tem barvni podobi odstrani prostorske informacije. Z zmnožkom s podatki originalne pankromatske podobe barvni podobi prostorske informacije ponovno doda, le da ima sedaj originalna barvna podoba višjo prostorsko ločljivost kot prej.

Nekatere metode spajanja podob so že vsebovane v komercialnih programskih paketih za obdelavo digitalnih posnetkov. Poleg tega so dobavitelji podob spojene multispektralne podobe z visoko ločljivostjo vključili tudi v svoje kataloge standardnih izdelkov. Vendar pa uporabnik dobi najboljše rezultate, če sam uskladi individualne parametre procesa spajanja. Dober primer je uporaba aritmetičnih operacij, ki dovoljujejo različno utežitev vhodnih podob z namenom izboljšave podob.

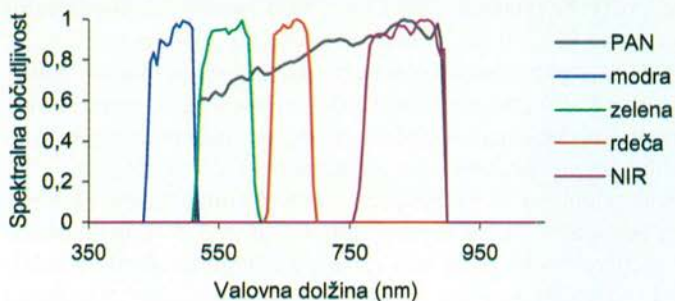
Pri vseh metodah spajanja je osnovni namen dodati pankromatsko podobo k multispektralni podobi. Pri tem želimo iz visoko ločljive pankromatske podobe izluščiti samo informacije, ki bodo izboljšale prostorsko ločljivost multispektralne podobe, na njene spektralne lastnosti pa ne bodo vplivale. Ker je pri vseh uporabljenih metodah pankromatska podoba zelo povezana s podobo intenzitete, bi bila ohranitev spektralnih lastnosti možna samo v primeru, ko bi bili ti dve podobi spektralno enaki. Vendar pa že zaradi dejstva, da ima pankromatska podoba višjo prostorsko ločljivost kot podoba intenzitete, to niti teoretično ni možno. Raziskava korelacije med podatki intenzitete, pridobljenimi iz multispektralnih podob, in pankromatskimi podatki zato poudarja potrebo po dodatni obdelavi pred direktno uporabo pankromatskih podatkov kot komponento intenzitete spojenega produkta.

Primerjati je torej potrebno spektralno občutljivost pankromatskih in multispektralnih senzorjev vseh uporabljenih platform. Spektralne občutljivosti posameznih pasov različnih satelitov so prikazane na sliki 1. Za pankromatski DOF točnega spektralnega odziva ni bilo možno dobiti, imamo samo informacijo, da pankromatski pas sega od 525 nm do 770 nm (približno polovica zelenega dela spektra, celoten rdeči del spektra in zelo majhen del bližnje infrardečega dela spektra; medmrežje 5).





Slika 1a: Spektralna občutljivost senzorja IKONOS (Space imaging 2002).



Slika 1b: Spektralna občutljivost senzorja Landsat 7 (Space imaging 2002).



Slika 1c: Teoretično idealen primer ujemanja spektralnih občutljivosti pankromatskega pasu in posameznih spektralnih pasov.

Do pankromatskega pasu pridemo s seštevanjem posameznih spektralnih pasov (medmrežje 1). Idealno bi bilo, če bi vsi spektralni pasovi skupaj zajemali točno tiste valovne dolžine, ki jih zajema pankromatski pas, pankromatski pas bi zajemal vsak spektralni pas enako intenzivno, medsebojno prekrivanje posameznih spektralnih pasov pa se ne bi pojavljalo (slika 1c). Ker te situacije ni, je potrebno določiti ustrezne uteži. Z enostavno enačbo lahko pankromatski pas zapišemo kot:

$$PAN = b \cdot B + g \cdot G + r \cdot R + nir \cdot NIR + \text{drugo},$$

kjer so:

- PAN, B, G, R in NIR posamezni spektralni pasovi (pankromatski, moder, zelen, rdeč in bližnji infrardeč),
- b, g, r in nir uteži, pripadajoče ustreznim spektralnim pasovom ter
- drugo prispevek drugih spektralnih pasov, ki niso na voljo.

Z gornjo enačbo lahko s primerno kombinacijo posameznih spektralnih pasov pridobimo pankromatski pas. Ker pa tega že imamo, nas bolj kot pridobivanje zanima prilagajanje tega multispektralnemu podatkom. Želimo namreč dobiti pankromatsko podobo, ki je čim bolj podobna podobi intenzitete, katero bo zamenjala. Primerjajmo podobi intenzitete, dobljeni iz spektralnih pasov IKONOS 432 oz. 321 ter pankromatsko podobo IKONOS. Originalne podatke, brez upoštevanja uteži, prikazuje slika 2.



Slika 2:

a) Pankromatska podoba IKONOS.

b) Intenziteta, dobljena iz spektralnih pasov 432 multispektralnega posnetka IKONOS.

c) Intenziteta, dobljena iz spektralnih pasov 321 multispektralnega posnetka IKONOS.

Glede na občutljivost senzorja IKONOS (slika 2a) lahko sklepamo, da bo podoba intenzitete, pridobljena iz spektralnih pasov 432 (to je NIR, R in G) veliko bolj podobna pankromatski podobi kot pa podoba intenzitete, pridobljena iz spektralnih pasov 321 (R, G, B), saj pankromatski pas v celoti zajema pasova 4 in 3 ter velik del pasu 2, medtem ko je pas 1 zelo slabo zajet v pankromatskem pasu. Dobljene podobe intenzitete ta sklep potrjujejo. Največja razlika je med pankromatsko podobo IKONOS ter podobo intenzitete iz spektralnih pasov 321 multispektralne podobe IKONOS na območju gozda, saj je tam največji delež bližnje infrardeče svetlobe, ki jo pankromatski pas zajema, omenjena intenziteta pa ne.



Če bi torej med procesom spajanja podobo intenzitete, dobljeno iz spektralnih pasov 321 multispektralne podobe IKONOS, zamenjali s pankromatsko podobo IKONOS, bi se spektralne lastnosti originalne multispektralne podobe močno spremenile. Zato moramo najprej ugotoviti uteži za vsak satelit posebej, z upoštevanjem občutljivosti v odvisnosti od valovne dolžine v posameznem spektralnem pasu (medmrežje 6 in medmrežje 7). Potrebne uteži smo izračunali na osnovi deleža zastopanosti posameznega spektralnega pasu v pankromatskem pasu.

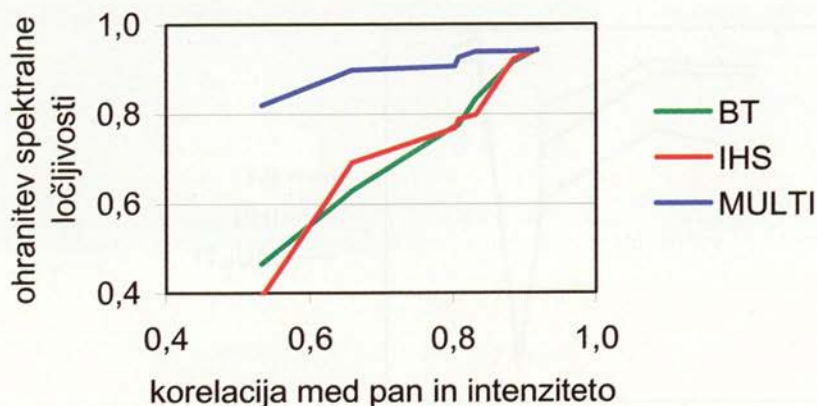
Če posamezne komponente originalnih multispektralnih podob združimo na opisan način, dobimo podobe, ki so spektralno zelo podobne pripadajočim pankromatskim podobam. Določena majhna razlika seveda še vedno obstaja, saj člen drugo ostaja neznan, poleg tega pa imamo opravka s podobami različne ločljivosti. Da bo pankromatska podoba, ki bo zamenjala podobo intenzitete, čim bolj spektralno podobna določeni podobi intenzitete, moramo od nje odšteti (s primerno utežjo) spektralni pas, ki v intenziteti ni zajet. Zavedati pa se moramo, da z odštevanjem posameznih spektralnih pasov od visoko ločljive pankromatske podobe le-tej odvzamemo nekaj prostorskih informacij. Pri pankromatski podobi IKONOS dodatni problem predstavlja modri pas, saj se močno prekriva z zelenim pasom. Izbira uteži je zato deloma stvar posameznika in njegovih potreb. Če želimo dobro ohraniti spektralne lastnosti, potem posamezne pasove v celoti odštejemo, s čimer pa izgubimo prostorsko kakovost. Na testnih posnetkih smo se odločili za uporabo optimalnih uteži, tj. takih, da bi spojena podoba čim bolj ohranila barve, hkrati pa imela čim boljše prostorsko ločljivost.

#### 4 REZULTATI IN NJIHOVA ANALIZA

Za vse tri opisane metode smo naredili več kombinacij spajanja podob. Multispektralne podobe, sestavljene iz spektralnih pasov 432 in 321 satelita IKONOS smo spojili s pankromatsko podobo IKONOS ter pankromatskim digitalnim ortofotom. Multispektralne podobe, sestavljene iz spektralnih pasov 432, 321 in 765 satelita Landsat smo spojili s pankromatsko podobo satelita Landsat. Za vse uporabljene metode in vse kombinacije smo za ugotavljanje kakovosti ohranitve spektralne in prostorske ločljivosti izračunali korelacijske koeficiente. Za ugotovitev vzrokov boljše ali slabše ohranitve prostorske in spektralne ločljivosti smo rezultate klasificirali. Za boljše preglednost rezultatov smo za vsako spojeno podobo izračunali povprečne vrednosti korelacijskih koeficientov.

##### 4.1 Spektralna kakovost spojenih podob

Pri opisu tehnik spajanja podob smo podrobneje obravnavali podobnost med originalno pankromatsko podobo in podobami intenzitete ter omenili, da je njihova korelacija bistvenega pomena za ohranitev spektralnih lastnosti originalne multispektralne podobe v spojenih podobah. Prikažimo odvisnost spektralne kakovosti spojene podobe od podobnosti med intenziteto in pankromatsko podobo za vse kombinacije spajanja podob (slika 3):



Slika 3: Prikaz odvisnosti spektralne kakovosti spojene podobe od podobnosti med pankromatsko podobo in ustrezno podobo intenzitete za vse kombinacije spajanja podob.

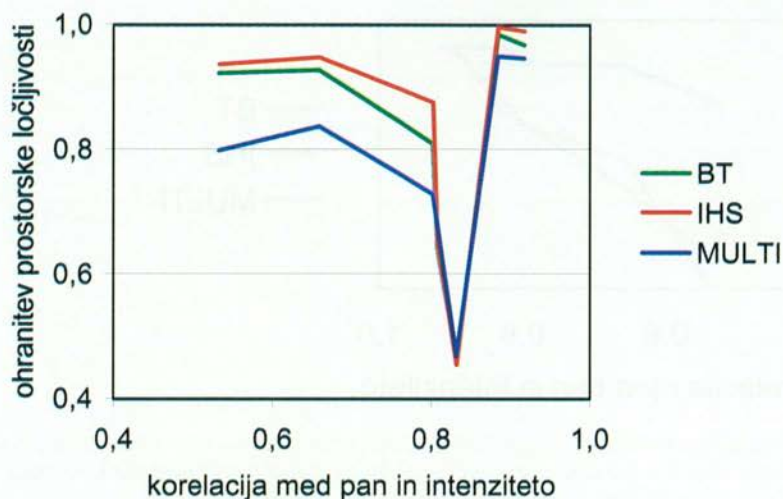
Iz slike 3 je razvidno, da se metode spajanja BT, IHS ter MULTI obnašajo podobno. Pri vseh treh omenjenih metodah je spektralna kakovost spojene podobe odvisna od podobnosti pankromatske podobe in podobe intenzitete. Večja podobnost da boljši rezultat. Še posebej močno sta si podobni metodi BT in IHS, medtem ko je metoda MULTI manj odvisna od pravkar omenjene podobnosti in pri vseh primerih da dober rezultat. Tudi če pri spajanju pankromatske podobe IKONOS s spektralnimi pasovi 321 istega satelita omenjene vhodne pankromatske podobe ne bi spreminjali, bi bil rezultat boljši kot pri metodah IHS in BT.

Na osnovi povprečnih korelacijskih koeficientov lahko trdimo, da je pri vseh omenjenih metodah ohranitev spektralnih lastnosti zelo odvisna od podobnosti pankromatske podobe in podobe intenzitete. Dodatna potrditev tega dejstva so rezultati ostalih treh metod za ocenjevanje spektralne kakovosti ter primerjava kakovosti spektralne ohranitve posameznih spektralnih pasov (Švab 2003).

#### 4.2 Prostorska kakovost spojenih podob

Vse metode spajanja izostrijo posamezne spektralne pasove. Stopnjo izboljšanja prostorske ločljivosti smo določili s korelacijskimi koeficienti med originalno pankromatsko podobo in podobo intenzitete spojene podobe. Za ugotovitev pogojev izboljšanja smo omenjene korelacijske koeficiente primerjali s korelacijskimi koeficienti med posamezno prirjeno pankromatsko podobo in pripadajočo podobo intenzitete, dobljeno iz originalne multispektralne podobe. Povezava vseh omenjenih korelacijskih koeficientov je razvidna iz slike 4.





Slika 4: Odvisnost ohranitve prostorske ločljivosti od podobnosti med pankromatsko podobo in podobo intenzitete, dobljeno iz originalne multispektralne podobe.

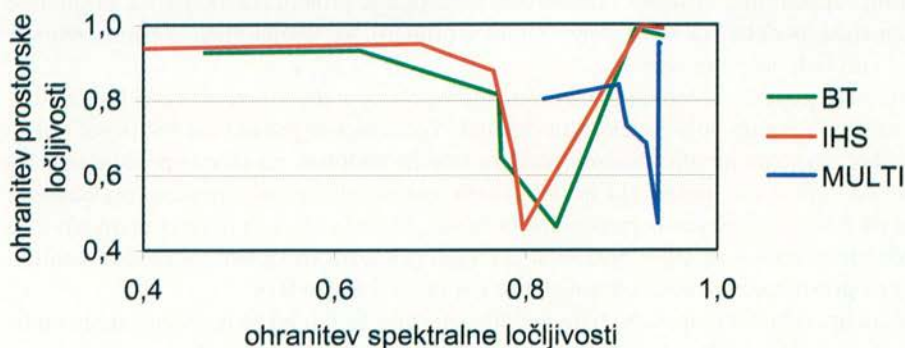
Pri ohranjanju prostorske ločljivosti glede na podobnost pankromatske podobe in podobe intenzitete se obravnavane metode obnašajo zelo podobno. Vendar pa tukaj večja podobnost pankromatske podobe in podobe intenzitete ne pomeni boljše ohranitve prostorske ločljivosti. Omenili smo, da vsaka sprememba originalne pankromatske podobe pomeni poslabšanje prostorskih lastnosti. Zato se prostorska ločljivost originalne pankromatske podobe najbolje ohrani v primeru, ko je bila pankromatska podoba, ki je bila uporabljena kot vhodni podatek za spajanje, čim manj spremenjena. Večinoma se pri vseh nazadnje omenjenih metodah spajanja prostorska ločljivost dobro ohrani, pri nespremenjenih vhodnih pankromatskih podobah pa skoraj popolnoma. Največjo deformacijo prostorske ločljivosti opazimo pri podobi, dobljeni iz pankromatske podobe IKONOS ter iz spektralnih pasov 321 multispektralne podobe IKONOS, kjer smo za boljšo ohranitev spektralnih lastnosti morali odrezati celoten bližnji infrardeč pas, kar je pomenilo odstranitev približno tretjine pankromatskega pasu in s tem znaten del prostorskih informacij. Od navedenih metod je imela najslabše rezultate pri ohranitvi prostorske ločljivosti metoda MULTI.

#### 4.3 Skupna kakovost spojenih podob

Povezavo med ohranitvijo barve in ohranitvijo prostorske kakovosti podaja slika 5.

Iz slike 5, ki prikazuje povezavo med prostorsko in spektralno ločljivostjo vseh spojenih podob, lahko vidimo, da spektralna in prostorska kakovost nista odvisni druga od druge. S tem, ko se izboljšuje prostorska kakovost neke podobe, ni nujno, da se spektralna kakovost poslabša in obratno. Ker si v večini primerov od spojene podobe želimo, da ohrani čim več spektralnih in prostorskih informacij, moramo za spajanje uporabiti

takšne spektralne pasove, ki so enakomerno zajeti v uporabljeni pankromatski podobi in imajo enako prostorsko ločljivost, vhodno pankromatsko podobo pa skušajmo pustiti čim bolj nespremenjeno. Takšen primer je v tej raziskavi spajanje spektralnih pasov 432 posnetkov Landsat in spajanje spektralnih pasov 432 posnetkov IKONOS. Ti kombinaciji dasta dobre rezultate z uporabo vseh metod.



Slika 5: Prikaz povezave med prostorsko in spektralno kakovostjo vseh spojenih podob.

## 5 SKLEP

Na podlagi rezultatov in njihove analize smo pokazali, da je z vsemi uporabljenimi metodami spajanja (Broveyjevo transformacijo, transformacijo IHS in multiplikativno metodo) možno združiti pankromatsko podobo z multispektralno podobo na način, da ima spojena podoba skoraj vse prostorske lastnosti originalne visoko prostorsko ločljive pankromatske podobe ter večino spektralnih lastnosti originalne visoko spektralno ločljive multispektralne podobe. Kljub bolj ali manj dobri rezultati spajanja vseh kombinacij podob z vsemi metodami pa idealnega primera ni bilo in ga teoretično tudi ni mogoče dobiti. Za čim boljše rezultate je potrebno dobro poznavanje principa delovanja posameznih metod, predvsem pa dobro poznavanje lastnosti podatkov.

Metode spajanja podob ne delujejo na enak način, zato so tudi pogoji za zagotovitev dobre kakovosti spojene podobe drugačni. Vse obravnavane metode delujejo na posredni ali neposredni zamenjavi pankromatske podobe in podobe intenzitete. Z analizo rezultatov smo potrdili hipotezo, da je pri omenjenih metodah za ohranitev spektralnih lastnosti originalne multispektralne podobe na spojenih podobah bistvenega pomena podobnost med originalno pankromatsko podobo in posamezno podobo intenzitete. Ti podobi sta si najbolj podobni, če so spektralni pasovi enakomerno zastopani v pankromatskem pasu. V skrajnem primeru, ko noben spektralni pas ne leži znotraj pankromatskega pasu, so vsi spektralni pasovi enakomerno zastopani v pankromatskem pasu in rezultati so zelo dobri. Drugače je v situaciji, kjer je vsaj en spektralni pas del pankromatskega pasu. Idealno bi bilo, če bi vsi spektralni pasovi skupaj zajemali točno tiste valovne dolžine, ki jih zajema pankromatski pas, pankromatski pas bi zajemal vsak spektralni pas enako intenzivno, medsebojno prekrivanje posameznih spektralnih pasov se ne bi pojavljalo, vsi spektralni



pasovi pa bi imeli enako prostorsko ločljivost. Ker te situacije ni, moramo večjo podobnost pankromatske podobe in posamezne podobe intenzitete pridobiti umetno. To storimo z odštevanjem primerno uteženega spektralnega pasu, ki v komponenti intenzitete ni zajet, od pankromatske podobe, kot vhodni podatek za spajanje pa vzamemo spremenjeno pankromatsko podobo. Žal pa sprememba originalne pankromatske podobe poleg izboljšanja spektralnih lastnosti prinaša tudi poslabšanje prostorske ločljivosti originalne pankromatske podobe. Ta se najboljše ohrani v primeru, ko je bila vhodna pankromatska podoba čim bolj nespremenjena.

Metode spajanja, ki temeljijo na navedenem principu, dajo torej pri večji podobnosti pankromatskih podob boljši spektralni rezultat. Večinoma se prostorska ločljivost dobro ohrani, pri nespremenjenih vhodnih pankromatskih podobah pa skoraj popolnoma. Še posebej sta si podobni metodi BT in IHS, ki sta močno odvisni od omenjene podobnosti, vendar pa zelo dobro ohranita prostorske lastnosti. Metoda MULTI je sicer manj odvisna od podobnosti pankromatskih podob in pri vseh primerih da dober spektralni rezultat, vendar pa prostorske lastnosti ohrani slabše kot metodi BT in IHS.

Vsak uporabnik bo uporabil tisto metodo spajanja, ki mu bo za določen namen nudila ustrezne rezultate. Ob dobro definiranih metodah, predvsem pa ob dobrem razumevanju vhodnih podatkov, lahko dobimo zelo dobre rezultate.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Campbell, J. B. 1996: *Introduction to Remote Sensing*. London.
- Carper, W. J., Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. 1990: The use of Intensity-Hue-Saturation transformations for merging Spot Panchromatic and Multispectral Image Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 56, n. 4, p. 459–467.
- Hallada, W. A., Cox, S., 1983: Image sharpening for mixed spatial and spectral resolution satellite systems. *Proc. of the 17th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 9–13 May, pp. 1023–1032.
- Pahor, D., 2002: *Leksikon računalništva in informatike*. Ljubljana.
- Švab, A. 2003: *Združevanje pankromatskih in multispektralnih satelitskih posnetkov*. Diplomsko naloga, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.
- Medmrežje 1: [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/tutorials\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/tutorials_e.html) (08. 09. 2002).
- Medmrežje 2: <http://statler.al.umces.edu/~ckingdon/ErdasGuides.html> (05.10.2002).
- Medmrežje 3: <http://support.erdas.com/documentation/files/FieldGuide.pdf> (05.10.2002).
- Medmrežje 4: <http://support.erdas.com/documentation/files/TourGuide.pdf> (05.10.2002).
- Medmrežje 5: <http://193.2.111.28/gu/podatki/seznam/DOF.asp> (03.02.2003).
- Medmrežje 6: [http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_htmls/chapter8/chapter8.html](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter8/chapter8.html) (12.01.2003).
- Medmrežje 7: <http://www.spaceimaging.com/products/ikonos/spectral.htm> (12.01.2003).

# MULTISPEKTRALNA KLASIFIKACIJA SATELITSKIH POSNETKOV QUICKBIRD

Dominik Skumavec\*

UDK: 528.85:629.783

## **Izvleček**

### **Multispektralna klasifikacija satelitskih posnetkov QuickBird**

Statistični urad RS je za projekt Stat2000 v okviru programa PHARE v letu 2003 kupil testno sceno satelitskih podatkov QuickBird v velikosti 400 km<sup>2</sup>. Satelitski posnetki QuickBird (QB) so komercialni posnetki z zelo visoko prostorske ločljivostjo. Visoka ločljivost posnetkov ter štirje spektralni kanali omogočajo podrobno interpretacijo. V prvem poglavju prispevka smo opisali naše izkušnje z naročanjem podatkov QB, v nadaljevanju pa smo analizirali rezultate multispektralne klasifikacije in nekaterih postopkov za povečanje zanesljivosti multispektralne klasifikacije.

## **Gljučne besede**

Multispektralna klasifikacija, statistični filtri, odločitvena drevesa, zanesljivost klasifikacije

## **Abstract**

### **Multi spectral classification of QuickBird satellite imagery**

In the frame of the Phare project STAT2000 Statistical Office of the Republic of Slovenia has purchased a QuickBird satellite image of a testing area of 400 sq km. Quick Bird (QB) satellite imagery is very high-resolution satellite imagery. Imagery's high resolution enables interpretation of very small objects. First chapter describes data ordering procedure, while in addition results of multi spectral classification and post classification enhancement techniques are analysed.

## **Keywords**

Multi spectral classification, statistical filters, rule based classification, classification accuracy

## 1 UVOD

Satelitski posnetki QuickBird (QB) so multispektralni posnetki z ločljivostjo 2,4 m in pankromatski posnetki z ločljivostjo 0,6 m. Visoka prostorska, spektralna in radiometrična ločljivost omogočajo različne načine vizualne in avtomatske interpretacije. V tem prispevku predstavljamo izsledke multispektralne (MS) klasifikacije.

Na Statističnem uradu Republike Slovenije (SURS) uporabljamo MS klasifikacijo satelitskih posnetkov za kartiranje pokrovnosti tal. V tem prispevku primerjamo izsledke MS klasifikacije z referenčnimi izsledki vizualne interpretacije. V nalogi smo kot vhodne podatke namenoma uporabili samo posnetke QB. Na osnovi različnih posplošitev osnov-

\* Statistični urad RS, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, dominik.skumavec@gov.si



nih rezultatov smo izdelali klasifikacijska pravila, s katerimi smo v nadaljevanju izboljšali zanesljivost klasifikacije. Preizkusili smo tudi uporabo statističnih filtrov in izločitev strnjjenih površin, manjših od izbrane velikosti. Izvedli smo klasifikacije različno velikih območij na različno število in vrsto kategorij, klasifikacije posnetkov z ločljivostjo 2,4 m in klasifikacijo združene slike z ločljivostjo 0,6 m.

## 2 OBMOČJE IN ČAS POSNETKA

Nabavljeni posnetek QB je nastal 6. 5. 2002 in pokriva območje, veliko 20 km x 20 km vzhodno od Ljubljane. Zajema urbane površine skrajnega vzhodnega dela mesta Ljubljana,



na, novozgrajeno avtocesto, kmetijske površine vzhodnega dela Ljubljanske kotline in gozdnate površine, ki prevladujejo na osrednjem in vzhodnem delu posnetka, ki pokriva gričevnat in hribovit svet Zasavskega hribovja. Na posnetku lahko dobro vidimo nekaj kamnolomov in reke Savo, Kamniško Bistrico ter Ljubljaničo.

Slika 1: Območje posnetka Quick Bird, velikosti 20x20 km.

## 3 NAKUP PODATKOV QUICKBIRD

Podatke QB trži ameriško podjetje DIGITALGLOBE ([www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com)), ki ga v EU zastopa podjetje EURIMAGE, Rim, Italija. Najmanjša velikost območja, za katero lahko naročimo podatke, je 64 km<sup>2</sup>. Na voljo so tri različne ravni izdelka: »basic«, »standard« in »ortho-ready«. Pomembno je vedeti, da sta za natančno georeferenciranje primerni samo »basic« in »ortho-ready« raven izdelka, kajti »standard« raven izdelka je mogoče georeferencirati le z natančnostjo okrog ±10 m. »Standard« raven izdelka je že grobo orto-rectificiran z uporabo globalnega 500 m digitalnega modela reliefa in je namenjen predvsem deželam, ki imajo malo obstoječih georeferenciranih podatkov ali jih sploh nimajo. Kot slabost izdelka bi lahko navedli visoko ceno posnetkov ([www.eurimage.com/products/docs/price\\_euro.pdf](http://www.eurimage.com/products/docs/price_euro.pdf)) in to, da je zaradi velikega povpraševanja običajno treba na posnetek zelenega območja dolgo čakati. Pri naročanju imajo prednost večja naročila. Na SURS-u smo v letu 2002 naročili testne posnetke QB za štiri različna vinogradniška območja v Sloveniji. Ker tudi po osmih mesecih ni bilo podatkov za zelena območja, smo se odločili, da kupimo edini posnetek iz območja Slovenije, ki nam je bil na voljo v arhivu.

Posnetki QB so sestavljeni iz pankromatskega posnetka in štirih spektralnih kanalov, ki jih predstavljajo trije vidni (RGB) kanali ter bližnji (nIR) kanal.

## 4 NOMENKLATURA

Pri kartiranju pokrovnosti in rabe tal je zelo pomembna nomenklatura (preglednica 1); ta je lahko standardna ali pa nam jo predpiše naročnik. Na SURS uporabljamo nomenklature, ki so usklajene z evropsko nomenklaturu pokrovnosti tal – LUCAS. Neredko se zgodi, da vseh zelenih kategorij pokrovnosti tal ne moremo kartirati samo z multispektralno klasifikacijo, zato moramo uporabiti še druge vire podatkov ali pa sestaviti ustrezno prilagojeno nomenklaturu. V tem prispevku uporabljene nomenklature so kompromis med možnostjo vizualne interpretacije posameznih kategorij in uveljavljeno nomenklaturu pokrovnosti tal, ki jo uporabljamo na SURS. Uporabili smo tri različne nomenklature. V prvi smo obdržali mešane razrede, kot so mešani gozd, travnate površine in njive. Z drugo nomenklaturu smo skušali zajeti samo spektralno čiste kategorije. Tretjo pa smo sestavili na osnovi druge tako, da smo izločili nekatere samo tehnične kategorije (npr. sence) in uvedli dve novi kategoriji (trava in gozd v okviru pozidanega), ki ju lahko dobimo samo s klasifikacijskimi obdelavami s pomočjo odločitvenega drevesa.

*Preglednica 1: Nomenklature, uporabljene pri testnih klasifikacijah posnetka QB, in primerjava z evropsko nomenklaturu LUCAS.*

Nomenklatura 1	Nomenklatura 2	Nomenklatura 3	I. raven LUCAS
Iglasti gozd	Listavci	Gozd	Gozdne površine
Mešani gozd	Iglavci	Grmovje	in grmovje
Listnati gozd	Grmovje	Ostalo gozdnato*	
Grmovje	Ostalo gozdnato*		
Gozdne poseke	Gozdne poseke		
	Gozd – senca		
Njive	Orane njive	Orane njive	Obdelovalne površine
	Njivski posevki	Njivski posevki	
	Njivski nasadi	Njivski nasadi	
	Njivska krma	Njivska krma	
Travnate površine	Trajni travniki	Trajne travnate površine	Trajne travnate površine
	Vmesne površine**		
Odrpte površine***	Odrpte površine***	Odrpte površine***	Odrpte površine***
Industrija	Industrija	Industrija	Umetne površine
Hiše	Hiše	Hiše	
Ostalo urbanizirano****	Ostalo urbanizirano****	Ostalo urbanizirano****	
Ceste	Ceste	Ceste	
Železnica	Železnica	Železnica	
	Urbano – senca	Urbano – gozd	
		Urbano – travnato	
Voda	Voda	Voda	Voda

\* Ta kategorija obsega žive meje ter sadno in okrasno drevje.

\*\* Ta kategorija obsega kolovoze in vse ozke travnate površine med njivami ali objekti.

\*\*\* Ta kategorija obsega skale, prod in vse ostale odrpte površine razen njiv v prahi.

\*\*\*\* Ta kategorija zajema parkirišča, dvorišča in površine za pešce.



## 5 VIZUALNA INTERPRETACIJA VADBENIH VZORCEV

Zajem t. i. vadbenih vzorcev smo izvedli z vizualno interpretacijo posnetkov. Posnetke smo interpretirali na osnovi osebnih interpretacijskih izkušenj in dobrega poznavanja tipa površja. Rezultat interpretacije so bili vzorci posameznih kategorij pokrovnosti tal v obliki poligonov. Iz teh poligonov smo pripravili datoteko vadbenih vzorcev za multispektralno klasifikacijo. Prav od kakovosti vadbenih vzorcev je najbolj odvisna tudi kakovost končnega rezultata klasifikacije, zato je običajno (zaradi njihove pravilnosti) potreben terenski zajem; ta mora biti skrbno pripravljen in mora vsebovati tudi kontrolne postopke za preprečevanje grobih napak, izveden pa mora biti na dan snemanja. V našem primeru terenskega zajema nismo izvedli, saj smo se odločili za posnetek iz arhiva. Predmet tega prispevka je medsebojna primerjava različnih metod klasifikacije in poklasifikacijskih obdelav, izvedenih na istih vhodnih podatkih, zato smo privzeli, da morebitne sistematične napake pri interpretaciji vadbenih vzorcev nimajo večjega vpliva na končne rezultate raziskave.

## 6 OCENA ZANESLJIVOSTI

Referenčni podatki za oceno zanesljivosti morajo biti neodvisni od vadbenih vzorcev na osnovi katerih je bila izvedena klasifikacija. Referenčne podatke smo zajeli z vizualno interpretacijo iz osnovnih posnetkov en teden po zajemu vadbenih vzorcev. Neodvisnost referenčnih podatkov od vadbenih vzorcev zagotavljata poleg medsebojne časovne oddaljenosti tudi različni prostorski vzorčni shemi obeh zajemov. Referenčne podatke za oceno zanesljivosti smo zajeli sistematično po obeh diagonalah posnetka. Medsebojno neodvisnost zajemov referenčnih podatkov in vadbenih vzorcev bi lahko še dodatno zagotovili tako, da bi zajema izvajala različna operaterja. Tega v našem primeru nismo storili, ker smo zadostno medsebojno neodvisnost zagotovili že brez tega ukrepa, poleg tega pa smo z interpretacijo enega samega operaterja skoraj povsem izničili subjektivni vpliv na medsebojno primerjavo ocen zanesljivosti (slika 2).

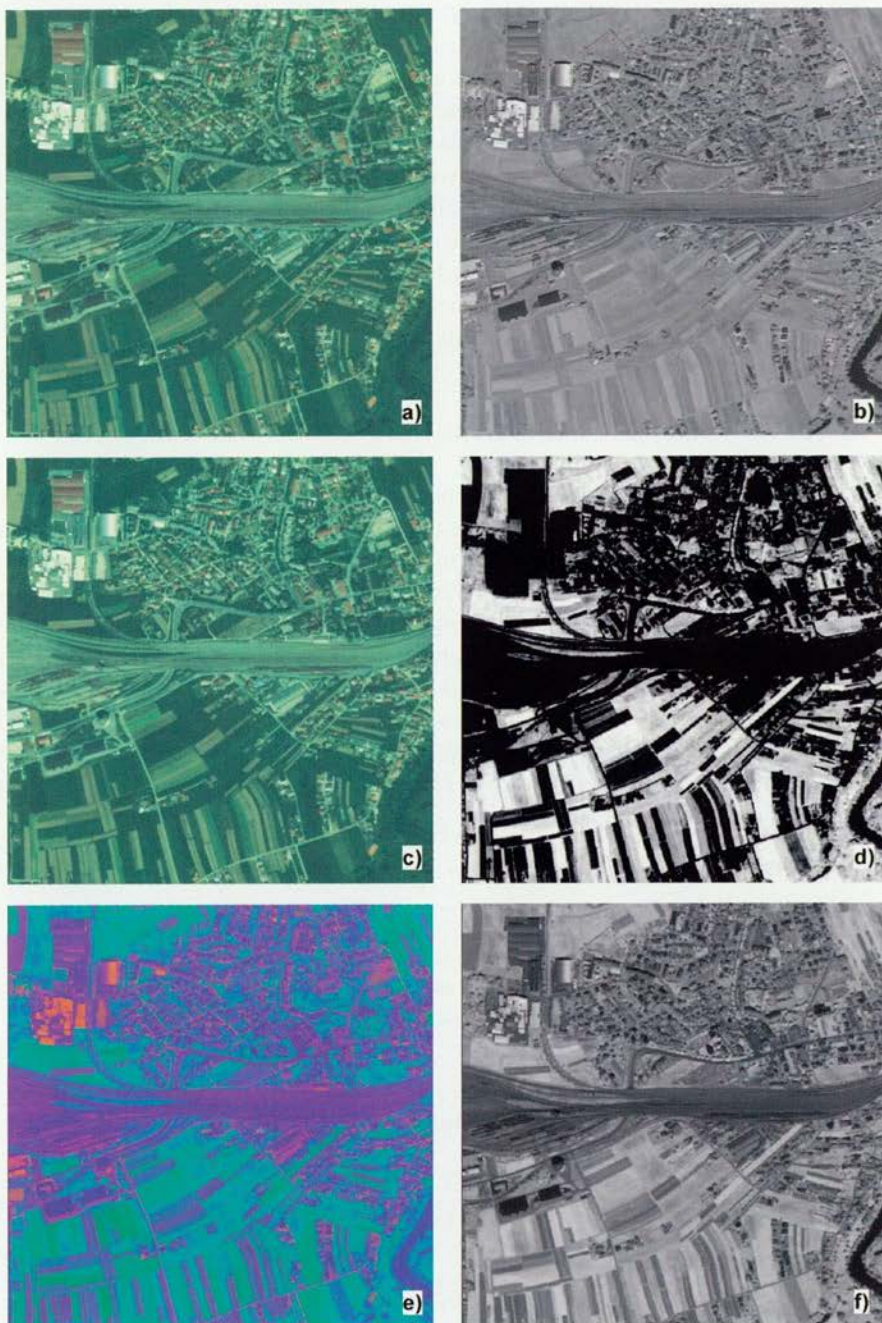


VADBENI VZORCI ZA  
MULTISPEKTRALNO KLASIFIKACIJO

REFERENČNI VZORCI  
ZA OCENO ZANESLJIVOSTI

V tem prispevku uporabljamo kot mere za uspešnost klasifikacije povprečno zanesljivost in statistiko Kappa (Congalton in Green, 1999). Statistika Kappa je mera povprečne zanesljivosti, ki izključuje pričakovani delež naključnega ujemanja (Carletta, 1996).

Slika 2: Prostorska razporeditev vadbenih vzorcev in referenčnih podatkov za oceno zanesljivosti na območju satelitskega posnetka Quick Bird, velikosti 20x20 km.



Slika 3: a) MS posnetek ločljivosti 2.4m v kombinaciji kanalov 321; b) PAN posnetek ločljivosti 0.6 m; c) spajanje podob ločljivosti 0.6 m v kombinaciji kanalov 321; d) NDVI ločljivosti 0.6m; e) »tasseled cap« kombinacija kanalov 321 ločljivosti 2.4 m; f) prva glavna komponenta ločljivosti 2.4 m.

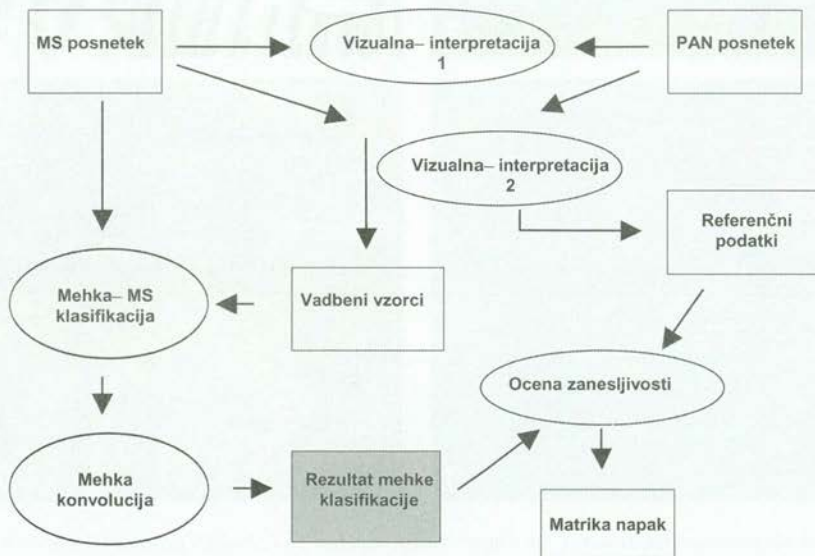


## 7 PREDKLASIFIKACIJSKE OBDELAVE POSNETKOV

Izvedli smo t. i. spajanje podob MS in PAN (Švab, 2003) za testni izsek (slika 1). Uporabili smo model, ki temelji na izračunu glavnih komponent, prirejen za spajanje podob posnetkov IKONOS. Rezultat spajanja podob je multispektralna slika z ločljivostjo 0.6 m (slika 3c). Vizualno smo ga ocenili kot zadovoljivega in zato primerneza za uporabo v nadaljevanju raziskovanja. Izdelali smo tudi sliko normaliziranega vegetacijskega indeksa NDVI (ERDAS 2001), prvo glavno komponento (PC1) (ERDAS 2001) in prve tri podobe »tasseled cap« (TC) (Horne, 2003). Tako izdelane dodatne podobe smo pretvorili v 11-bitni zapis in jih pozneje vključili kot dodatne podatkovne plasti (Koch et al., 2003) v eno izmed različic mehke multispektralne klasifikacije.

## 8 MULTISPEKTRALNA KLASIFIKACIJA SATELITSKIH POSNETKOV

Za kartiranje pokrovnosti tal najpogosteje uporabljamo nadzorovano avtomatsko klasifikacijo (Van de Voorde et al. 2004). Ta ima v primerjavi z vizualno interpretacijo dve pomembni prednosti: hitrejšo kartiranje in večjo objektivnost. Kot pomanjkljivost avtomatske klasifikacije pa bi lahko navedli večjo verjetnost sistematičnih napak. V primerjavi z vizualno interpretacijo je rezultat samodejnega postopka navadno obremenjen s šumom oz. s t. i. efektom sol in poper; to pomanjkljivost odpravljamo z različnimi samodejnimi postopki. Avtomatsko klasifikacijo digitalnih slik delimo na klasifikacijo pikslov in objektno orientirano klasifikacijo (Van de Voorde et al., 2004). Multispektralno klasifikacijo uvrščamo med klasifikacije pikslov, saj temelji na razvrščanju pikslov po njihovih odbojnih vrednostih. Objektno orientirana klasifikacija se je močno razvila s pojavom



Slika 4: Diagram poteka mehke MS klasifikacije.

komercialnih satelitskih podatkov z zelo visoko ločljivostjo. Osnova objektno orientirane klasifikacije je t. i. večresolucijska segmentacija (Van de Voorde et al., 2004). Poleg spektralnih vrednosti so v takšni klasifikaciji upoštevane tudi ostale lastnosti objektov, npr. oblika, vzorec velikost itd. Z vpeljavo različnih metod za odstranjevanje šuma in z drevesno strukturirano klasifikacijo na osnovi dejstev poznavanja raziskovanega območja lahko uspešnost klasične klasifikacije približamo uspešnosti objektno orientirane (Koch et al., 2003). V tem prispevku so predstavljeni rezultati različnih klasifikacijskih obdelav posnetkov QB, ki temeljijo na klasični multispektralni klasifikaciji.

V okviru projekta Stat 2000 smo MS klasifikacijo najprej poskusno izvajali na izseku, velikem 5 km x 5 km, v končni fazi pa tudi na celotnem območju 20 km x 20 km. MS klasifikacijo rezultata spajanja podob z ločljivostjo 0,6 m smo zaradi omejenih tehničnih možnosti izvedli samo na izseku. Različne izvedbe MS klasifikacije prikazuje preglednica 2.

Preglednica 2: Zanesljivosti posameznih različic MS klasifikacij satelitskih posnetkov QB.

Različica MS klasifikacije	Spektralne značilnosti razredov	Velikost območja (km <sup>2</sup> )	Prostorska ločljivost (m)	Povprečna zanesljivost (%)	Kappa statistika	Povprečna zanesljivost 5 kategorij (%)	Kappa statistika 5 kategorij
mehka, 16 razredov	mešani	25	2,4	41,40	0,335	90,0	0,831
mehka, 20 razredov	čisti	25	2,4	41,34	0,330	87,5	0,784
mehka, 20 razredov*	čisti	25	2,4	40,04	0,320	89,0	0,812
mehka, 20 razredov	čisti	25	0,6	38,87	0,310	86,1	0,757
mehka, 16 razredov	mešani	400	2,4	43,05	0,430	82,9	0,840
mehka, 20 razredov	čisti	400	2,4	46,68	0,360	88,9	0,757

\* dodani umetni kanali TC, NDVI in PCI

Uporabili smo t. i. mehki način MS klasifikacije (ERDAS 2001) po metodi največje verjetnosti. Po tej metodi smo v prvi fazi dobili dve različici multispektralne klasifikacije. Končni rezultat smo dobili s t. i. mehko konvolucijo (ERDAS 2001); ta iz obeh različic iz prve faze izračuna enolično klasifikacijo. Pri konvoluciji smo uporabili sliko razdalj, to je eden izmed izdelkov prve faze, in matriko uteži (preglednica 3), s katero dodamo pikslom v notranjosti homogenih območij večji pomen, kot ga imajo pikslji na robu območij.

Preglednica 3: Matrika uteži, uporabljena pri t. i. mehki konvoluciji.

0.500	0.646	0.500
0.646	1.000	0.646
0.500	0.646	0.500

Osnova mehke klasifikacije je MS klasifikacija po metodi največje verjetnosti, ki je ena najboljših metod klasifikacije piksllov iz večdimenzionalnega spektralnega prostora v končno število razredov. Uspešnost te metode je odvisna od spektralne čistosti posameznih razredov: kolikor bolj so razredi spektralno čisti, toliko natančnejši je postopek.



Kategorije pokrovnosti tal, ki so spektralno zelo čiste, npr. vodne površine, je zato z MS klasifikacijo možno določiti zelo natančno. Gostota informacij na posnetkih QB je izredno visoka, zato je tudi število spektralno različnih razredov zelo veliko. Ena od omejitev MS klasifikacije je, da imajo lahko tematsko zelo različne kategorije podobne spektralne vrednosti. Med vadbene vzorce moramo zajeti čim več spektralno čistih razredov, z nomenklaturo določene kategorije pa dobimo po klasifikaciji z združevanjem teh razredov v tematske kategorije.

## 9 TEHNIKE ZA IZBOLJŠAVO MULTISPEKTRALNE KLASIFIKACIJE

Že v osnovni MS klasifikaciji smo z mehkim modelom poleg odbojnih vrednosti pikselov deloma upoštevali medsebojne odnose med pikslji različnih kategorij. Naloga tehnik za izboljšavo MS klasifikacije je klasifikacijo še dodatno približati našemu zaznavanju. V tem prispevku analiziramo rezultate naslednjih postopkov za izboljšavo MS klasifikacije:

- statistični filtri;
- izločitev strnjenih površin, manjših od izbranega cenzusa;
- klasifikacija s pomočjo odločitvenega drevesa (KOD).

### 9.1 Statistični filtri

Statistični filtri so uveljavljen način za odstranjevanje šuma iz MS klasifikacije (Van de Voorde et al., 2004). Preverili smo učinke modusnega (majority) in medianskega filtra pri različnih velikostih premikajočega se okna. Učinki različnih filtrov so prikazani v preglednici 4.

*Preglednica 4: Pregled zanesljivosti rezultatov različnih statističnih filtrov na testnem izseku 5 km x 5 km.*

Vrsta filtra	Velikost premikajočega se okna (piksel)	Ločljivost klasifikacije (m)	Povprečna zanesljivost (%)	Kappa statistika
Modus	3 x 3	2.4	43.61	0.36
Modus	5 x 5	2.4	47.11	0.39
Modus	5 x 5	0.6	42.01	0.34
Modus	7 x 7	2.4	48.40	0.40
Modus	7 x 7	0.6	44.37	0.36
Mediana	3 x 3	2.4	43.55	0.36
Mediana	5 x 5	2.4	45.97	0.38
Mediana	7 x 7	2.4	46.18	0.38
Selektivni / modus	3 x 3	2.4	51.59	0.42
Selektivni / modus	3 x 3	0.6	46.31	0.37
Selektivni / modus	5 x 5	2.4	52.55	0.43
Selektivni / modus	5 x 5	0.6	49.85	0.40
Selektivni / modus	7 x 7	2.4	52.81	0.43
Selektivni / modus	7 x 7	0.6	51.22	0.41

Statistični filtri lahko lokalno rezultat klasifikacije tudi kvarijo, v povprečju pa zanesljivost izboljšujejo. Lahko jih uporabljamo tudi selektivno – samo na tistih razredih, ki povzročajo šum. V našem primeru daje najboljše rezultate selektivni modusni filter. Filtrsko operacijo smo selektivno izvedli na naslednjih kategorijah: grmovje, ceste, kolovoz, gozdne poseke in sadno ter okrasno drevje.

## 9.2 Izločitev manjših strnjenih površin

Izločitev strnjenih površin, manjših od izbranega cenzusa, je še en način za odstranjevanje šuma iz klasifikacije. Na podlagi empiričnega preizkusa smo ocenili optimalno vrednost cenzusa za testni izsek in za klasifikacije z ločljivostjo 2,4 m (preglednica 4, slika 4) ter 0,6 m (preglednica 5).

Preglednica 5: Zanesljivosti rezultatov klasifikacije posnetka z ločljivostjo 2,4 m po izločitvi površin, manjših od izbranega cenzusa.

Velikostni cenzus (štev. pikselov)	Velikostni cenzus (m <sup>2</sup> )	Povprečna zanesljivost (%)	Kappa statistika
10	57.6	45.62	0.38
30	172.8	47.80	0.39
50	288	49.24	0.41
100	576	49.68	0.41
130	748.8	49.64	0.41
150	864	50.44	0.41
170	979.2	49.56	0.40
200	1152	49.03	0.40

Iz preglednice 4 je razvidno, da se v povprečju zanesljivost klasifikacije nekoliko povečuje celo ob povečanju cenzusa na okrog 900 m<sup>2</sup>, vendar pa so razlike nad cenzusom 288 m<sup>2</sup> zelo majhne. Na podlagi te analize smo za nadaljevanje izbrali cenzus 576 m<sup>2</sup>, kar pri prostorski ločljivosti 2,4 m predstavlja 100 pikselov.

Preglednica 6: Zanesljivosti rezultatov klasifikacije posnetka ločljivosti 0.6 m po izvedbi eliminacije površin, manjših od izbranega cenzusa.

Velikostni cenzus (štev. pikselov)	Velikostni cenzus (m <sup>2</sup> )	Povprečna zanesljivost (%)	Kappa statistika
100	36	49.68	0.42
480	172.8	52.99	0.44
1600	576	51.90	0.42

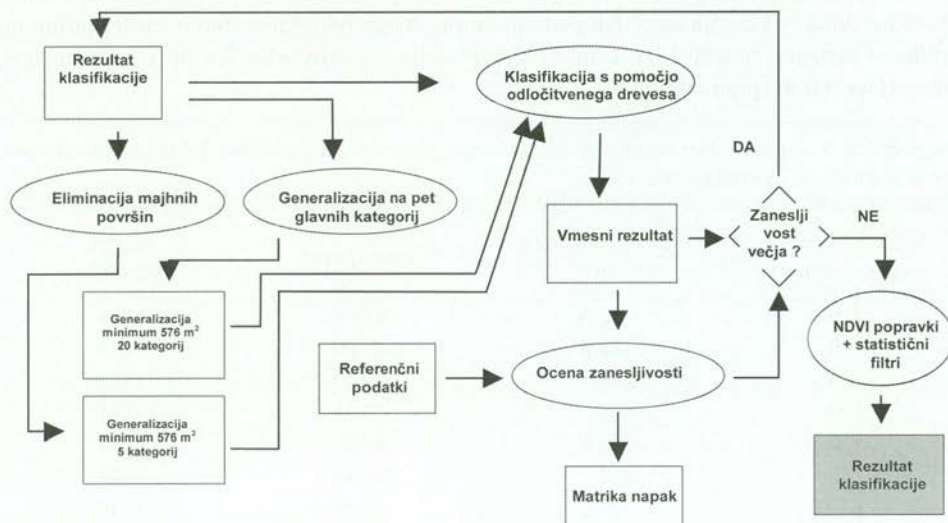
Izločitev površin, manjših od optimalno izbranega cenzusa, znatno izboljša klasifikacijo, še posebej pri resoluciji 0.6 m. Učinek izločitve na zanesljivost kategorij je največji pri tistih kategorijah, ki na posnetku prevladujejo oz. se pojavljajo v večjih strnjenih površinah.



### 9.3 Klasifikacija s pomočjo odločitvenega drevesa

Rezultat izločitve strnjenih površin smo uporabili kot spremenljivke v klasifikaciji s pomočjo odločitvenega drevesa. To klasifikacijo lahko izvedemo v več korakih (slika 5). Pri vsakem koraku uporabimo kot spremenljivke:

- rezultat predhodnega koraka (začetni korak je rezultat mehke MS klasifikacije),
- posplošitev predhodnega koraka na pet glavnih kategorij,
- izločitev strnjenih površin, manjših od izbranega cenusa predhodnega koraka in posplošitev predhodnega koraka na pet glavnih kategorij.



Slika 5: Diagram poteka klasifikacije s pomočjo odločitvenega drevesa.

V klasifikacijski postopek lahko vključimo normaliziran vegetacijski indeks (NDVI), klasifikacije po različnih metodah, DMR in mnoge druge razpoložljive podatke. V našem primeru je preizkus pokazal, da k povečanju zanesljivosti najbolj prispeva prvi korak ponovitve, pri večjem številu ponovitev pa se povprečna zanesljivost ne povečuje več (preglednica 6-8, slika 6).

Preglednica 7: Gibanje povprečnih zanesljivosti glavnih kategorij po posameznih fazah klasifikacije.

Korak klasifikacije	Opis koraka	Gozd	Kmetijsko	Odprto	Pozidano	Vode	SKUPAJ
1	mehka MS klasifikacija	89.1	75.8	25.1	74.5	86.2	82.91
2	izločitev min 576 m <sup>2</sup>	94.4	82.0	33.7	60.6	75.3	88.18
3	1.ponovitev KOD	96.4	87.0	35.7	74.9	84.7	92.32
4	2.ponovitev KOD	96.5	87.1	35.7	75.5	84.4	92.48

Korak klasifikacije	Opis koraka	Gozd	Kmetijsko	Odprto	Pozidano	Vode	SKUPAJ
5	1. NDVI popravek	96.5	87.1	35.7	75.5	84.4	92.48
	1. NDVI popravek + modus						92.40
6		96.5	86.9	35.9	75.1	85.3	
7	2. NDVI popravek	96.5	87.4	35.9	75.9	85.3	92.52
	2. NDVI popravek + modus						92.47
8		96.5	86.9	35.9	75.1	85.3	

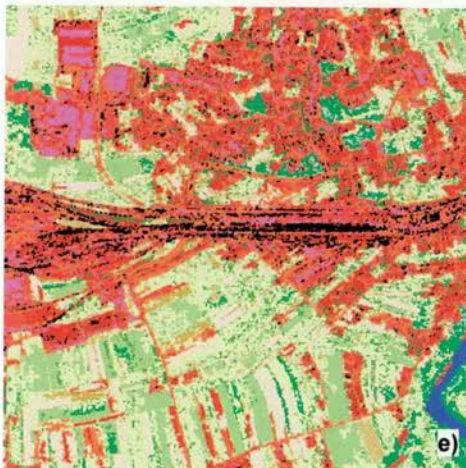
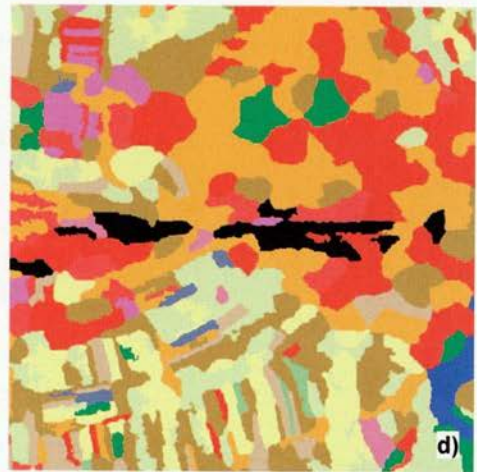
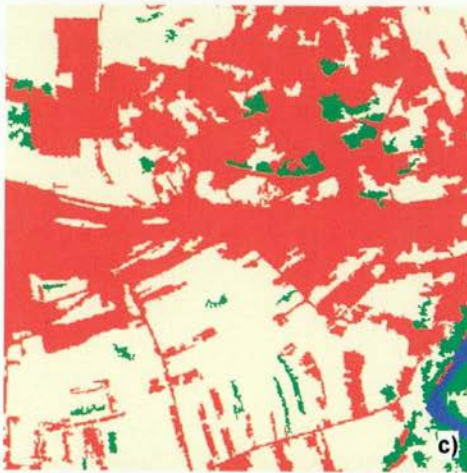
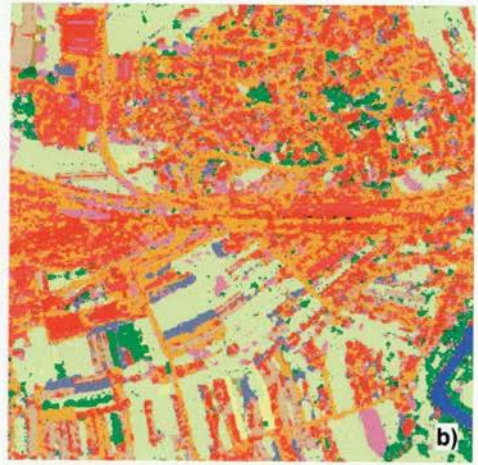
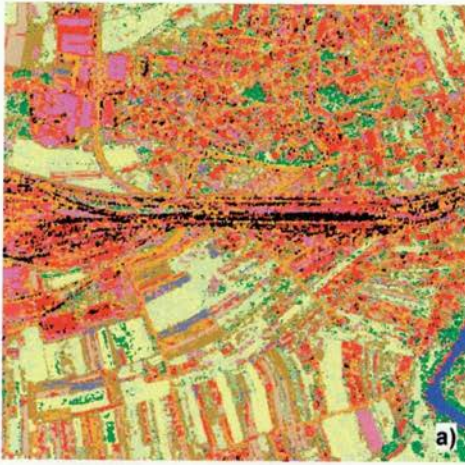
Preglednica 8: Povprečne zanesljivosti končnih rezultatov klasifikacije s pomočjo odločitvenega drevesa.

Ločljivost klasifikacije (m)	Velikost območja (km <sup>2</sup> )	Število kategorij	Povprečna zanesljivost (%)	Kappa statistika
2.4	25	18	59.1	0.460
2.4	25	9	67.8	0.551
2.4	25	5	90.7	0.835
0.6	25	18	58.7	0.447
0.6	25	9	66.2	0.519
0.6	25	5	88.5	0.794
2.4	400	18	67.0	0.466
2.4	400	9	71.0	0.504
2.4	400	5	92.0	0.809

## 10 SKLEP

Poskusni rezultati mehke MS klasifikacije z rezultati postopkov za povečanje zanesljivosti kažejo na to, da je ustrezno nadgrajena multispektralna klasifikacija uporabna tudi za klasifikacijo satelitskih podatkih z zelo visoko ločljivostjo. Rezultati testnih obdelav posnetkov so pokazali občutno izboljšanje zanesljivosti klasifikacije po uporabi klasifikacije s pomočjo odločitvenega drevesa, čeprav nismo uporabili kakršnih koli dodatnih podatkov. Modusni filter, ki ga lahko uporabimo tudi selektivno, se je izkazal kot najprimernejši statistični filter za odstranjevanje šuma iz multispektralne klasifikacije. S primerjavo povprečnih zanesljivosti rezultatov izločitve strnjениh površin, manjših od različnih izbranih cenzusov, smo ugotovili, da lahko s skrbnim izborom tega merila prav tako znatno povečamo povprečno zanesljivost klasifikacije. Optimalni cenzus pri klasifikaciji ločljivosti 2,4 m v našem primeru je med 100 in 150 pikslov, pri klasifikaciji ločljivosti 0,6 m pa med 500 in 1000 piksli. Rezultati klasifikacije združenih posnetkov z ločljivostjo 0,6 m so manj zanesljivi od enake klasifikacije posnetkov z ločljivostjo 2,4 m. Čeprav je možno predvsem s selektivnimi statističnimi filtri doseči vsaj podobno povprečno zanesljivost, uporaba posnetkov z ločljivostjo 0,6 m po našem mnenju v našem primeru ni smiselna, saj je njihova obdelava občutno zahtevnejša od obdelave posnetkov





z ločljivostjo 2,4 m. Različne obdelave so se pokazale kot različno učinkovite pri določevanju različnih kategorij in pri različnem končnem številu razredov. V tem prispevku smo se omejili predvsem na povprečne mere zanesljivosti, v nadaljevanju tega raziskovanja pa nameravamo nameniti več pozornosti posameznim kategorijam pokrovnosti tal.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Carletta, J. 1996.: Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic, University of Edinburgh. Medmrežje: <http://www.cogsci.ed.ac.uk/~jeanc/squib.pdf>.
- Congalton, R., G., Green, K. 1999: Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Lewis Publishers, Washington D.C.
- ERDAS, Imagine inc., 2001: Erdas Field guide, 5<sup>th</sup> edition Erdas Imagine inc. Atlanta GA, USA.
- Horne, J. 2003: A Tasseled Cap Transformation for IKONOS images. ASPRS 2003 Annual conference proceedings, Anchorage AK, USA. [http://www.spaceimaging.com/whitepapers\\_pdfs/2003/A%20Tasseled%20Cap%20Transformation%20for%20IKONOS%20Images-ASPRS%202003.pdf](http://www.spaceimaging.com/whitepapers_pdfs/2003/A%20Tasseled%20Cap%20Transformation%20for%20IKONOS%20Images-ASPRS%202003.pdf).
- Koch, B., Ivits, E., Jochum, M. 2003: Object-based versus pixel-based. GIM international, The Worldwide Magazine for Geomatics, December 2003. GITC, Nizozemska.
- Švab, A. 2003: Združevanje pankromatskih in multispektralnih satelitskih posnetkov: diplomska naloga, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani. Ljubljana. [COBISS.SI-ID 21004333]
- Van de Voorde, T., De Genst, W., Canters, F., Stephenne, N., Wolff, E., Binard, M. 2004: Extraction of land use / land cover – related information from very high resolution data. Remote sensing in transition, Goossens (ed), Millpress, Rotterdam, Nizozemska.
- Tretjak, A. 2001: Proposed accuracy assessment method of the statistical land cover/use GIS of Slovenia – state 1997 and statistical measurement of landscape diversity. Poročilo StatCOP98 -SL/9803.02.001, SURS, Ljubljana, Slovenija.
- Medmrežje 1: <http://www.digitalglobe.com/>.
- Medmrežje 2: [http://www.eurimage.com/products/docs/price\\_euro.pdf](http://www.eurimage.com/products/docs/price_euro.pdf).

*Slika 6: Rezultati različnih klasifikacij in poklasifikacijskih obdelav. a) mehka MS klasifikacija ločljivosti 2.4m, 20 kategorij; b) mehka MS klasifikacija ločljivosti 2.4m in modusni filter 7 x 7, 20 kategorij; c) mehka MS klasifikacija ločljivosti 2.4 m z izločitvijo strnjenih površin, manjših od 100 pikslov, 20 kategorij; d) mehka MS klasifikacija ločljivosti 2.4m z izločitvijo strnjenih površin, manjših od 100 pikslov, 5 kategorij; e) rezultat KOD ločljivosti 2.4m, 18 kategorij; f) rezultat KOD ločljivosti 0.6m, 18 kategorij.*





# LASTNOSTI IN UPORABA VISOKO LOČLJIVIH SATELITSKIH POSNETKOV QUICKBIRD

Krištof Oštir\*

UDK: 528.85:629.783

## **Izvleček**

### **Lastnosti in uporaba visoko ločljivih satelitskih posnetkov QuickBird**

V zadnjih nekaj letih se je močno povečalo število visoko ločljivih satelitskih posnetkov. Trenutno so najbolj zanimivi sistemi, ki ustvarjajo posnetke velikostnega reda enega metra, predvsem IKONOS, EROS in QuickBird. Slednji s pankromatsko ločljivostjo 61 cm in multispektralno 2,44 m predstavlja trenutno najbolj zmogljivi sistem za opazovanje Zemlje. Pri speveku obravnava lastnosti sistema QuickBird, obdela njegovo tirnico in senzorje. Opisane so vrste posnetkov ter njihova predobdelava, vključno s težavami pri ortorektifikaciji. Posebna pozornost je posvečena ceni, predvsem v primerjavi z drugimi visoko in srednje ločljivimi sateliti.

## **Ključne besede**

QuickBird, daljinsko zaznavanje, obdelava satelitskih posnetkov

## **Abstract**

### **Properties and use of QuickBird high resolution satellite imagery**

The number of high-resolution satellites images has increased dramatically during the last years. At present stage the 1-m spatial resolution systems are most popular, especially IKONOS, EROS and QuickBird. With the panchromatic resolution of 61 cm and multispectral of 2,44 m QuickBird is currently the most accurate Earth observation system. In the paper its properties, orbit and sensors, are described. Various image products and their pre-processing, including ortho-rectification are treated. Data cost and comparison with medium resolution satellites is described in more detail.

## **Keywords**

QuickBird, remote sensing, satellite image processing

## 1 UVOD

V zadnjih nekaj letih smo priča silovitemu razmahu visoko ločljivega satelitskega daljinskega zaznavanja. To se je iz vojaške uporabe preselilo v civilno in z relativno dostopno ceno poskrbelo za premik ločljivosti iz velikostnega reda deset metrov proti enemu metru. Trenutno so med sistemi, ki ustvarjajo posnetke velikostnega reda metra najbolj zanimivi IKONOS, QuickBird in EROS. S svojo odlično prostorsko ločljivostjo dosegajo letalske posnetke, hkrati pa imajo v primerjavi s slednjimi veliko prednosti, predvsem boljšo časovno in spektralno ločljivost. Zaradi drugačne geometrije in drugih spektralnih

\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, kristof@zrc-sazu.si



kanalov pa se interpretacija letalskih in satelitskih posnetkov v marsičem razlikujeta. Poleg tega podobe visoke ločljivosti pomenijo znaten preskok v metodologiji obdelave v primerjavi s podobami srednje ločljivosti. Na njih namreč opazimo veliko več podrobnosti kot recimo pri posnetkih satelitov SPOT ali Landsat, kar spremeni tehnike obdelave, od georeferenciranja (ortorektifikacije) prek izboljšanja in transformacij do klasifikacije (ta je praviloma predmetno usmerjena).

V prispevku je podrobneje opisan satelitski sistem QuickBird, ameriškega podjetja DigitalGlobe, ki s pankromatsko ločljivostjo 61 cm predstavlja trenutno najbolj zmogljiv sistem za opazovanje zemeljskega površja. Najprej so podane njegove tehnične lastnosti, od tirnice prek senzorjev do načinov zajemanja in shranjevanja podatkov. Sledi opis posnetkov, ki jih QuickBird ustvarja, skupaj s cenovno primerjavo. Prispevek zaključuje kratka obravnavna zmogljivosti in postopkov obdelave podob.

## 2 LASTNOSTI SATELITSKEGA SISTEMA QUICKBIRD

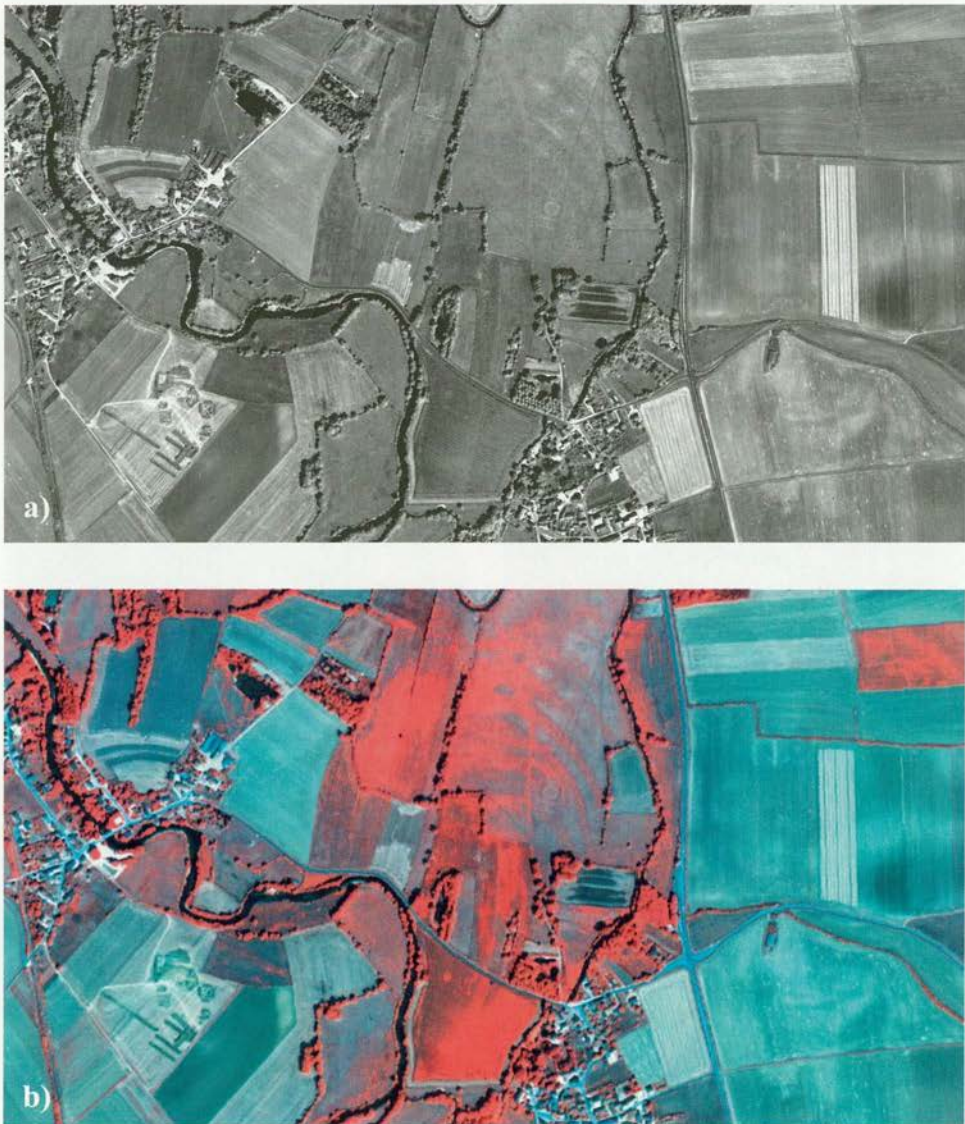
QuickBird je, kot rečeno, trenutno najbolj natančen satelit za opazovanje Zemlje. Z raketo Delta II so ga v tirnico izstrelili 18. oktobra leta 2001 iz letalskega oporišča Vandenberg v Kaliforniji. Po kar dveh neuspešnih poskusih – EarlyBird (1997) in QuickBird-1 (2000) – je bilo to pravo olajšanje za podjetje DigitalGlobe (prvotno EarthWatch). Po podatkih podjetja je bila izstrelitev kar dvakrat dražja od predhodnih dveh, ki so ju izvedli z ruski raketami in od katerih je bila ena uspešna, druga pa ne (Petrie 2001).

Sprva so načrtovali, da bo QuickBird krožil okrog Zemlje po tirnici na višini približno 600 km. Med izdelavo satelita pa je podjetje dobilo dovoljenje za izdelavo sistema z ločljivostjo pol metra. Zato so se odločili tirnico znižati na 450 km in tako povečati ločljivost iz enega 1 m na 61 cm pankromatsko in iz 4 m na 2,44 m multispektralno (oba podatka veljata v podnožiču ali nadirju). Posledično se je zmanjšal tudi pas snemanja iz načrtovanih 22 km na 16,5 km, kar pa je še vedno več kot imata recimo IKONOS (11 km) in EROS (12,5 km).

Satelit se nahaja v sončno sinhroni skoraj polarni tirnici z naklonom  $98^\circ$ , na višini 450 km, Zemljo pa obkroži v 93,4 minutah (DigitalGlobe 2001). Senzorje na njem je mogoče zasukati, zato znaša čas ponovnega snemanja, to je čas v katerem lahko satelit opazuje isto območje na površju, od enega do dobrih treh dni. Iz vsake točke na tirnici je mogoče opazovati katerokoli območje v pasu širine skoraj 550 km okrog nadirja (Toutin in Cheng 2002). Senzorji zajemajo podatke hkrati pankromatsko in multispektralno, tako enoslakovno (16,5 krat 16,5 km) kot kontinuirano (pas širine 16,5 km in dolžine do 165 km).

*Preglednica 1: Spektralni kanali sistema QuickBird.*

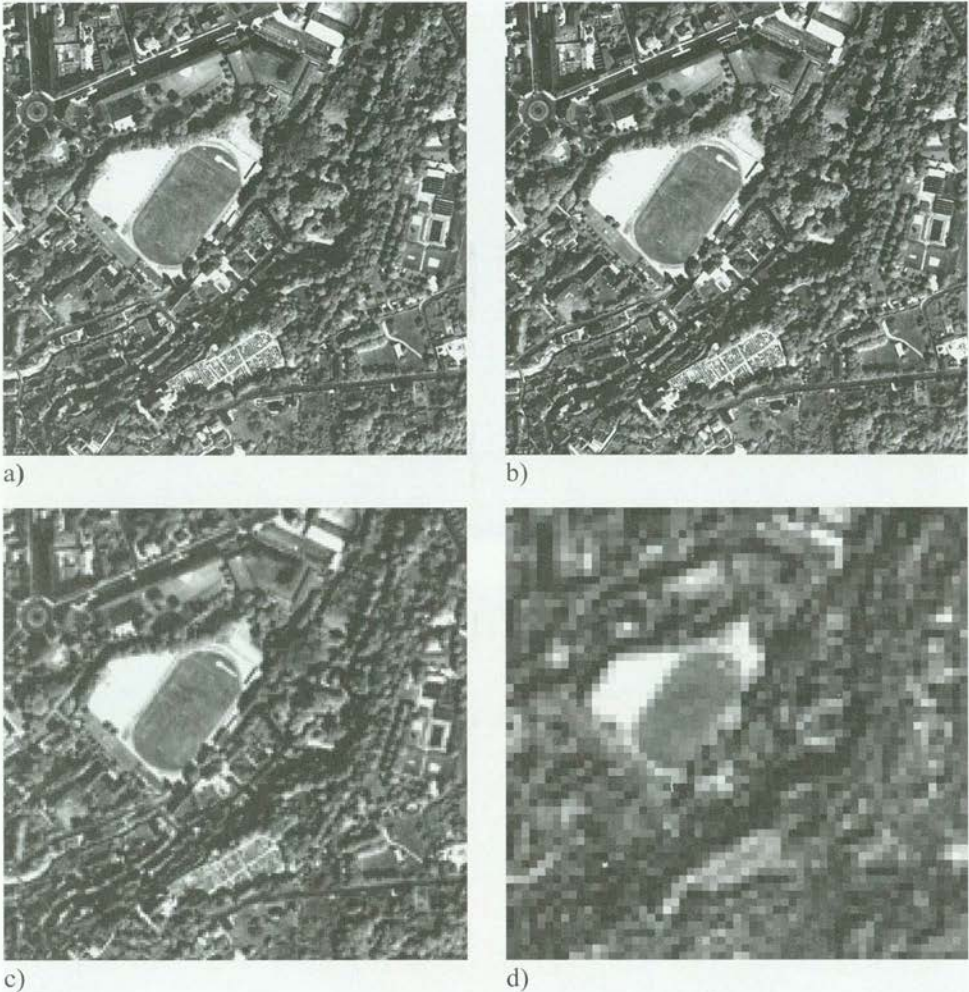
Kanal	Valovna dolžina ( $\mu\text{m}$ )	Spektralni pas
1	0,45 – 0,52	modra
2	0,52 – 0,60	zelena
3	0,63 – 0,69	rdeča
4	0,76 – 0,90	bližnja infrardeča
PAN	0,45 – 0,90	pankromatsko



*Slika 1: Pankromatski a) in multispektralni b) posnetek (kanali 4, 3 in 2) QuickBird. Na sliki je Burgundija v Franciji, prek vegetacije so jasno vidne razlike v vlažnosti tal.*

QuickBird Zemljo opazuje v štirih multispektralnih (modra, zelena, rdeča in infrardeča) in enem pankromatskem kanalu (preglednica 1, slika 1). Njegovi kanali so popolnoma enaki kot pri satelitu IKONOS, poleg tega pa multispektralni ustrezajo prvim štirim kanalom sistema Landsat (TM 1 do 4). To omogoča neposredno primerjavo z ogromnim arhivom obstoječih posnetkov Landsat.





Slika 2: Primerjava simuliranih pankromatskih posnetkov visoke in srednje ločljivosti 1) 0,61 m QuickBird (originalni posnetek), b) 1 m IKONOS, c) 5 m SPOT 5 in d) 15 m Landsat 7.

Ločljivost v pankromatskem kanalu znaša 61 cm v nadirju in 72 cm pri naklonu  $25^\circ$  (slika 2). Štirje multispektralni kanali pa podatke zajemajo z ločljivostjo med 2,44 m in 2,88 m. Velikost posnetkov je prav tako odvisna od kota gledanja in znaša od 16,5 km v nadirju in 20 km pri naklonu  $25^\circ$ . Satelit ima radiometrično ločljivost 11 bitov, čemur ustreza 2048 sivih vrednosti (DigitalGlobe 2004; Toutin in Cheng 2002). Razpon sivih vrednosti, ki jih senzor lahko zazna je kar 8 krat večji kot pri »običajnih« posnetkih z radiometrično ločljivostjo 8 bitov (256 svin). Žal pa prav večja barvna globina podob predstavlja težavo za nenamensko programsko opremo.

Zelo pomembna lastnost satelita je tudi javna objava podatkov o snemalnem sistemu. Posnetki so namreč opremljeni s podatki o letu satelita in optičnih lastnostih senzorja.

Omenjeni podatki so na voljo v obliki, berljivi z vsemi pomembnejšimi programi za obdelavo podob. To omogoča hitro in enostavno izdelavo ortofoto posnetkov, to je metrično pravih izdelkov, poleg tega pa tudi izdelavo digitalnih modelov višin.

### 3 VRSTE POSNETKOV

Posnetke satelita QuickBird je mogoče dobiti v treh različnih stopnjah predobdelave: *osnovni* (basic), *standardni* (standard) in *ortorektificirani* (orthorectified). Vsak izdelek je opremljen s polinomskimi koeficienti RPC (rational polynomial coefficients), ki omogočajo umeščanje v prostor brez uporabe kontrolnih točk (Eurimage 2004, Toutin in Cheng 2002).

Osnovna stopnja obdelave je namenjena uporabnikom, ki imajo dostop do naprednejše namenske programske opreme (t. i. orodja za geografsko obdelavo podob; GIP – geographic image processing). Gre za najmanj spremenjene podatke, ki jih lahko primerjamo s surovim zapisom digitalnih fotoaparatorov. Odpravljene so bile le radiometrične nepravilnosti, upoštevana je bila notranja orientacija senzorja in izvršeni so bili nekateri popravki zaradi njegovega delovanja. Osnovni posnetki so opremljeni s podrobnimi podatki o položaju satelita, snemalni kameri in njenem modelu, zato so primerni za fotogrametrično obdelavo, denimo ortorektifikacijo.

Standardni posnetki so namenjeni uporabnikom, ki poznajo daljinsko zaznavanje in imajo tudi ustrezno programsko opremo. Posnetki so deloma umeščeni v prostor in so primerni za operacije, kot je izdelava mozaikov večjih območij. Tovrstni posnetki so radiometrično kalibrirani, odpravljene so sistematične napake in nepravilnosti, ki jih povzročajo gibanje satelita. Podobe so deloma razpačene, saj so topografske »nepravilnosti« odpravljene z upoštevanjem – relativno grobega – globalnega digitalnega modela višin GTOPO 30 (Toutin in Cheng 2002). Posnetki so tudi prevzorčeni na standardno kartografsko projekcijo, njihova deklarirana položajna natančnost pa znaša 23 m (Eurimage 2004). Žal so standardni posnetki zaradi že izvršene topografske korekcije neprimerni za ortorektifikacijo s čimer je močno omejena njihovo rabo v geografskih informacijskih sistemih. Prav zaradi kritik uporabnikov je DigitalGlobe začel dobavljati t. i. orto pripravljene (ortho ready) standardne posnetke, pri katerih tovrstna korekcija ni izvedena (Toutin in Cheng 2002).

Najvišjo stopnjo predobdelave predstavljajo ortorektificirani posnetki. Ti so namenjeni uporabnikom, ki želijo posnetke vključiti v geografski informacijski sistem, nimajo pa programske opreme za ortorektifikacijo. Tudi tovrstni izdelki so radiometrično kalibrirani, odpravljene so sistematične napake platforme in senzorja, poleg tega pa so projicirani v izbrani koordinatni sistem (Eurimage 2004). Za uspešno ortorektifikacijo moramo poskrbeti za digitalni model višin in kontrolne točke, kar je za uporabnike, ki so jim tovrstne podobe namenjene, vse prej kot enostavno opravilo. Položajna natančnost tovrstnih posnetkov znaša nekaj metrov, odvisno od natančnosti kontrolnih točk in modela višin (Toutin in Cheng 2002).

Kljub temu, da se zdijo ortorektificirani posnetki najboljša izbira, je treba upoštevati njihovo dva do štirikrat višjo ceno. Poleg tega mora uporabnik priskrbeti model višin in dovolj kontrolnih točk, s čimer že napol izvrši ortorektifikacijo. Najbolj primerni



so torej osnovni ali orto pripravljene standardni posnetki. Največja razlika med slednjimi je, da lahko orto pripravljene posnetke naročamo na kvadratni kilometer, osnovne pa samo kot celoto.

#### 4 NAROČANJE IN CENOVNA DOSTOPNOST POSNETKOV

QuickBird je komercialni sistem in je zato skupaj z IKONOSom poskrbel za spremembo paradigme pri naročanju satelitskih posnetkov. Oba sistema namreč omogočata izbiro posnetkov po površini (cena na kvadratni kilometer), pri čemer lahko uporabnik določi poligon, ki ga zanima. Srednje ločljivi satelitski sistemi praviloma omogočajo samo izbiro celotnega posnetka ali njegovih večjih zaključenih delov (polovica, četrtnina, osmina).

Poleg tega sistemi visoke ločljivosti površja Zemlje ne opazujejo sistematično (kot recimo Landsat). Praviloma snemajo samo po naročilu, v arhivu pa je mogoče dobiti tudi večje število »zanimivih« območij. Gre predvsem za vsa večja mesta oz. gosteje poseljene dele, pa tudi območja naravnih nesreč in seveda vojna območja. Ker se lastniki sistema zavedajo, da je omejen arhiv velika pomanjkljivost QuickBirda, je cena naročenega snemanja le malenkostno višja od cene arhivskih podatkov. Za standardno naročilo novega posnetka s časovnim oknom snemanja najmanj dva tedna je potrebno doplačilo ene šestine vrednosti.

*Preglednica 2: Cena visoko ločljivih (QuickBird, IKONOS) in srednje ločljivih (Landsat in SPOT) satelitskih posnetkov.*

Sistem	Cena posnetka	Velikost (km x km)	Cena EUR/km <sup>2</sup>	Število kanalov	MS (m)	PAN (m)	kb/km <sup>2</sup>	Cena EUR/Mb
IKONOS		11	23,1	4	4	1	1200	20
IKONOS arhiv		11	18,6	4	4	1	1200	16
QuickBird		16,5	23,6	4	2,44	0,61	3300	7,3
QuickBird arhiv		16,5	18,9	4	2,44	0,61	3300	5,9
Landsat 5	1500	185	0,04	7	30		7,6	5,9
Landsat 5 četrt	1300	90	0,16	7	30		7,6	22
Landsat 5 mini	1200	50	0,48	7	30		7,6	65
Landsat 7	600	180	0,02	7	30	15	12	1,6
Landsat 7 četrt	550	90	0,07	7	30	15	12	5,8
Landsat 7 mini	500	50	0,20	7	30	15	12	17
Landsat 7 mikro	450	25	0,72	7	30	15	12	61
SPOT 4	1900	60	0,53	4	20	10	20	27
SPOT 4 arhiv	1200	60	0,33	4	20	10	20	17
SPOT 5	2700	60	0,75	4	10	5	78	9,8
SPOT 5 pol	2025	40	1,27	4	10	5	78	17
SPOT 5 četrt	1350	30	1,50	4	10	5	78	20
SPOT 5 osmina	1020	20	2,55	4	10	5	78	33

Cena enega kvadratnega metra posnetka je odvisna od spektralnega pasu, mogoče je namreč naročiti posebej pankromatski ali posebej multispektralni kanal oz. njuno kombinacijo (t. i. združene kanale) ali pa vse kanale v paketu. Trenutna cena najbolj primernega, to je orto pripravljene standardnega posnetka, znaša 15 EUR za posamezni kanal (PAN ali MS ali kombinacijo), če je posnetek že v arhivu oz. 19 EUR za nov zajem. Nekoliko dražji, a precej primernejši je paket PAN in MS, katerega cena je 20 EUR za arhivske podatke in 24 EUR za novo snemanje. Preglednica 2 prikazuje pobrobnejši cenik visoko ločljivih (QuickBird, IKONOS) in srednje ločljivih (Landsat in SPOT) satelitskih posnetkov. Poleg cene na kvadratni kilometer je v preglednici podana tudi cena na megabajt, ki upošteva število kanalov in tako podaja okvirno informacijsko vrednost posnetka.

Z nakupom celotnega posnetka, to je štirih multispektralnih kanalov in pankromatskega kanala, ima uporabnik največjo možnost za analize in dodatne obdelave. Opravi lahko tudi t. i. združevanje ali izostritev multispektralnih pasov oz. barvanje pankromatskih podatkov (resolution merge). Gre za metode, ki združijo pankromatsko podobo visoke prostorske in nizke spektralne ločljivosti, z multispektralno podobo visoke spektralne in nizke prostorske ločljivosti. Namen je pridobitev ene same podobe, ki ima visoko tako prostorsko kot spektralno ločljivost (Švab 2003). Omenjeni postopek lahko opravi tudi ponudnik podatkov, vendar pa v tem primeru uporabnik nanj nima vpliva.

## 5 SKLEP

Visoko ločljivi satelitski posnetki so cenovno primerna alternativa letalski fotografiji. Poleg tega uspešno dopolnjujejo srednje ločljive posnetke satelitov, kot sta Landsat in SPOT. Tako QuickBird kot IKONOS imata namreč spektralne kanale, ki popolnoma ustrezajo prvim štirim kanalom sistema Landsat.

Posnetki QuickBird so bili uporabljeni že v številnih aplikacijah. Omeniti velja opazovanje naravnih pojavov, zaznavanje in opazovanja širjenja urbanih površin. Zhang in Couloigner (2003) sta, npr., zaradi visoke ločljivosti QuickBird uporabila za samodejno zaznavanje cest in obnavljanje podatkov v sistemih GIS. Zelo uspešno jih uporabljajo tudi v gozdarstvu, recimo za študije tropskega deževnega gozda (Clark et al. 2004). Vedno pogosteje posnetke visoke ločljivosti srečamo tudi v kmetijstvu. Podjetje DigitalGlobe nudi celo posebno storitev imenovano AgroWatch, ki kmetovalcem posreduje trenutno stanje njihovih posevkov. Izdelke AgroWatch dostavljajo prek interneta v obliki enostavnih kart stanja vegetacije in prsti ter ocene prirastka (DigitalGlobe 2004).

Veliko pozornosti takoj po izstrelitvi sistema je povzročila primernost posnetkov QuickBird za ortorektifikacijo in izdelavo digitalnih modelov višin. Noguchi et al. (2004) so uporabili stereo par posnetkov mesta Yokosuka na Japonskem in ugotavljali trirazsežno ločljivost in popačenja na podobah. Z analizo 60 točk GPS so ugotovili vektor napake 13,12 m v smeri geografske dolžine, 2,78 m v smeri geografske širine in 1,38 m v navpični smeri. Z upoštevanjem manjšega števila kontrolnih točk so iste napake zmanjšali na 0,74 m, 0,79 m in 0,29 m. Tako so dokazali, da je za topografsko kartiranje dovolj že nekaj kontrolnih točk.

Podobne rezultate so dosegli tudi Cheng et al. (2003), ki za doseganje visoke natančnosti predlagajo osnovne ali orto pripravljene standardne posnetke in uporabo lastnega



modela ortorektifikacije. S slednjim, ki zahteva le šest kontrolnih točk, so dosegli pozicijsko natančnost 1,1 m v smeri dolžine in enako v smeri širine. Sprejemljivo natančnost 2,6 m v obeh smereh pa so dobili tudi z uporabo orto pripravljene standardne posnetke in s polinomskimi koeficienti RPC.

Zaradi velike ločljivosti se sama klasifikacija posnetkov pri visoko ločljivih sistemih loči od postopkov pri srednje ločljivih. Pri slednjih je vsebina piksla povprečje razreda, recimo gozda, travnika ali naselja. Pri posnetkih ločljivosti metra pa imamo opravka s posameznimi objekti (za gozd, recimo, opazujemo posamezna drevesa in celo veje). Pri visoko ločljivih posnetkih se zato pojavlja težnja po obdelavi na nivoju objektov (predmetov) – oz. t. i. objektna klasifikacija.

Orodja za objektno klasifikacijo se šele razvijajo, omeniti pa velja izdelek eCognition podjetja Definiens Imaging. Gre za program za klasifikacijo, ki najprej podoba razdeli na spektralno podobne segmente, slednje pa z uporabo napredne logike združi v razrede. Pri tem upošteva geometrijske in spektralne lastnosti segmentov, poleg tega pa tudi njihovo medsebojno razporeditev (Thurston 2004).

QuickBird je v nekaj leti postal eden od najbolj priljubljenih sistemov daljinskega zaznavanja. Razlogov za to je veliko, omeniti velja vsaj ugodno ceno in vedno obsežnejši arhiv posnetkov. Svoje so k njegovemu uspehu pripomogle tudi številne uspešne študije in ne nazadnje pogosti prikazi v medijih.

#### VIRI IN LITERATURA:

- Cheng, P., Toutin, T. Zhang, Y. and Wood, M. 2003: QuickBird – Geometric Correction, Path and Block Processing and Data Fusion. *Earth Observation Magazine*, 5, str. 24–30.
- Clark, D., Read, J.M., Clark, M.L., Cruz, A.M., Dotti, M.F. in Clark, D.A. 2004: Application of 1-m and 4-m Resolution Satellite Data to Ecological Studies of Tropical Rain Forests. *Ecological Applications*, 1/14, str. 61–74.
- DigitalGlobe 2001: QuickBird Imaging Spacecraft. DigitalGlobe. ZDA.
- DigitalGlobe 2004: QuickBird Imagery Products – Product Guide. DigitalGlobe. ZDA.
- Eurimage 2004: Products and Services. Eurimage, Italija.
- Noguchi, M., Fraser, C.S., Nakamura, T., Shimono, T. in Oki, S. 2004: Accuracy assessment of QuickBird stereo imagery. *The Photogrammetric Record*, 19/106, 128–137.
- Petrie, G. 2001: Update on Commercial High Resolution Satellites – One Up; the Other Down. *GeoInformatics*, 12, str. 6–7.
- Švab, A. 2003: Združevanje pankromatskih in multispektralnih satelitskih posnetkov. Diplomsko naloga, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- Thurston, J. 2004: eCognition 4.0 from Definiens. *GeoInformatics*, 3, str. 30–33.
- Toutin, T. in Cheng, P. 2002: QuickBird – A Milestone for High Resolution Mapping. *EOM*, 4/11, str. 14–18.
- Zhang, Q. in Couloigner, I. 2003: Automatic Road Change Detection and GIS Updating from High Spatial Remotely-Sensed Imagery. *Asia GIS Conference proceedings*.

# »PRAVI« ORTOFOTO

Tomaž Gvozdanović\* in Uroš Ranfl\*

UDK: 528.7

## **Izyleček**

### **»Pravi« ortofoto**

Ortofoto ima v Sloveniji že 10-letno tradicijo. Iz prvih projektov, ki so pokrivali le posamezna področja, je prerasel v plast, ki pokriva celotno državo. Zaradi uporabnosti predstavlja marsikateremu uporabniku osnovno podlago v GIS-u. Kljub vsem prednostim, ki jih nudi, pa v določenih primerih ni popolnoma geometrično pravilen. To se dogaja na mestih, kjer digitalni model terena ni identičen s površino, ki se projicira na posnetek, to pa poleg terena predstavljajo še gozdovi, grajeni objekti, začasni objekti na terenu (npr. vozila). Rešitev, ki odpravlja omenjene težave je »true orthophoto«, pri katerem za ortorektifikacijo poleg samega terena upoštevamo še vse objekte na njem.

## **Ključne besede**

fotogrametrija, ortofoto, digitalni model reliefa

## **Abstract**

### **»True orthophoto«**

Orthophoto has 10 years of tradition in Slovenia. Starting as small projects covering separated areas it grows to layer which covers systematically whole country. Its general application is a reason that many GIS systems use orthophoto as main background layer. Despite all advantages there are situations where the geometry of orthophoto is not completely correct. There are cases where DTM is not identical with surface, which is projected on photogrammetric image, especially forests, buildings and smaller temporary objects on the ground. Geometrically correct solution is called »true orthophoto« where beside DTM all object models are used for orthorectification.

## **Keywords**

photogrammetry, orthophoto, digital terrain model

## 1 UVOD

Fotogrametrija je interdisciplinarna panoga in ena od vej geodezije, ki se ukvarja s pridobivanjem metričnih podatkov iz fotografij (v nadaljevanju posnetkov), posnetih iz zraka ali s tal. Metrični podatki so predvsem podatki o položaju, obliki in velikosti pojavov in objektov, ki so prikazani na posnetku. Visoko stopnjo kakovosti iz posnetkov izvedenih podatkov zagotavljajo računalniško podprti fotogrametrični postopki, saj le-ti v celoti temeljijo na matematičnih zakonitostih. Fotogrametrija pa poleg omenjenih metričnih podatkov omogoča pridobivanje tudi nemetričnih oz. t.i. opisnih podatkov o prostorskih

\* DFG CONSULTING, d.o.o., Pivovarniška 8, 1000 Ljubljana, tgm.dfg@moj.net, uros.dfg@moj.net



pojavih in objektih. Gre predvsem za podatke, ki podajajo lastnosti, stanje in vrsto izbranega pojava oz. objekta (Gvozdanović in Smole 2003).

## 2 DIGITALNI ORTOFOTO

Vsi posnetki, s katerimi imamo opravka v fotogrametriji, so narejeni v centralni projekciji. Pri centralni projekciji se vsaka točka objekta preslika na projekcijsko ravnino z navidezno žarkom, ki poteka od objekta preko projekcijskega centra do slikovne ravnine. Lastnost centralne projekcije je, da se merilo posnetka spreminja radialno od središča. Merilo je enako samo na istih oddaljenostih od središča posnetka. S posnetka v centralni projekciji je torej nemogoče na enostaven način pridobivati metrične podatke.

Digitalni ortofoto (DOF) je danes v splošnem najbolj poznan fotogrametrični izdelek. Dejansko gre za obdelane oz. v ortogonalno projekcijo razpačene in v prostor umeščene aeroposnetke. Ob razcvetu aplikacij GIS so ortorektificirani posnetki pridobili na svojem pomenu zaradi njihove hitre in relativno poceni izdelave.

Za izdelavo digitalnega ortofota potrebujemo naslednje vhodne podatke:

- digitalizirani posnetek,
- absolutno orientacijo posnetka,
- digitalni model reliefa.

V Sloveniji so glavni vir posnetkov za izdelavo sistemskih digitalnih ortofotov ciklična aerosnemanja (CAS). Ciklično aerosnemanje se izvaja vsako leto in velja, da je vsak predel Slovenije na posnetkih, ki niso starejši od šestih let, v splošnem pa na vsaka tri leta. Merilo posnetkov CAS je 1:17.000 in je primerno za izdelavo digitalnih ortofotov v merilu 1:5.000. Pri izvajanju CAS uporabljamo posebne fotogrametrične kamere z goriščnimi razdaljami od 153 do 305 mm. Za izdelavo DOF večjih meril je potrebno opraviti posebna aerosnemanja. Ta lahko izvajamo z različnih platform: letalo, model helikopterja, dvižna ploščad. Tu lahko uporabljamo manjše, še zmeraj fotogrametrične kamere, ali pa tudi navadne nefotogrametrične fotoaparate. Pomembno je, da modeliramo vse sistematične napake kamere oz. jo kalibriramo. V postopku kalibracije določimo goriščno razdaljo, odmik glavne točke ter vrednosti distorzije objektiva.

Najprej je potrebno analogne posnetke pretvoriti v digitalno obliko. V ta namen uporabljamo posebne fotogrametrične skenerje, ki omogočajo skeniranje aeroposnetkov v velikosti 23 x 23 cm do ločljivosti 3600 DPI. Poleg velike ločljivosti skeniranja je pomembna lastnost teh skenerjev tudi geometrična natančnost, kar zagotavljamo z rednimi kalibracijami skenerja.

Kot zadnji vhodni podatek za izdelavo DOF potrebujemo absolutno orientacijo posnetka. Le-to pridobimo v postopku izravnave aerotriangulacije. Kot rezultat aerotriangulacije dobimo položaj projekcijskega centra posnetka (X, Y, Z) ter njegove rotacije okoli vseh treh osi ( $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $\kappa$ ).

Kljub kvalitetnim vhodnim podatkom, pa prihaja pri ortofotu do geometričnih anomalij, in sicer predvsem pri objektih, katerih površina znatno odstopa od modela terena. Te anomalije povečajo še kratka goriščnica, višina objekta ter lega objekta stran od centra posnetka.

### 3 PRAVI ORTOFOTO

Izraz »pravi ortofoto« (»true orthophoto«) daje občutek, da standardni ortofoto, kot ga poznamo danes pravzaprav ni ustrezen izdelek, kar seveda ni res. Danes uporabljamo izraz »pravi ortofoto« za ortofoto, pri katerem poleg digitalnega modela terena (DTM) uporabljamo za ortorektifikacijo posnetka še druge objekte, ki niso vključeni v DTM. To so predvsem stavbe in mostovi.

Idealni »pravi« ortofoto sploh ni dosegljiv, saj je idealna ortografska projekcija, ki pa je iz centralne projekcije posnetka v praksi ne moremo doseči nikoli.

V splošnem lahko »pravilnost« ortofota smatramo za stvar merila. Večje ko je merilo ortofota, več objektov moramo vključiti v model, s katerim izvajamo ortorektifikacijo.

#### 3.1 Zakaj »pravi ortofoto«

Doslej je ortofoto nastopal predvsem kot podlaga pri prikazih v malih in srednjih merilih. Z naraščajočo pomembnostjo GIS v urbanih predelih je ortofoto iz plasti za vizualizacijo in orientacijo postal plast za vzdrževanje in planiranje. Perspektivna spačenja in zakriti predeli onemogočajo superimpozicijo vektorskih podatkov na ortofoto ter odkrivanje sprememb. Vsebina ortofota je tako deloma geometrično nepravilna ali pomanjkljiva. Zahteve po completeness in geometrični pravilnosti izpolnjuje »pravi« ortofoto.

#### 3.2 Digitalni model

Površina, ki se projicira na posnetek, se razlikuje od digitalnega modela reliefa (Amhar 1998). Medtem ko DMR predstavlja množico točk in linij na tleh, dejanska površina vsebuje še:

- grajene objekte (»MMO – Man Made Objects«, stavbe, mostovi),
- gozdove,
- druge manjše, lahko tudičasne objekte, pojave.(avtomobili, pešci ipd)

Medtem ko lahko druge manjše objekte pri razpačevanju zanemarimo ( gozdovi v splošnem ne predstavljajo problema), je potrebno stavbe in mostove obravnavati drugače.

Že pri klasičnem ortofotu je običajna zahteva naročnikov, da morajo biti mostovi »lepi«, kar pomeni, da se morajo nadaljevati v smeri komunikacije, ki jo nosijo, in se ne smejo »uleči« po dolini. Ker gre za manjše število objektov, izvedemo model tako, da most zajamemo kot množico prelomnic, ki jih dodamo modelu reliefa.

Stavbe, ki jih je neprimerno več kot mostov, predstavljajo precej težji problem. Edina dobra rešitev je stereoskopski zajem stavb (kap, sleme), kar je sicer dolgotrajen in drag, vendar edini uspešen postopek. Na osnovi zajetih kapi in slemen lahko generiramo 3D modele stavb.

Poleg stereoskopskega zajema je danes praktično izvedljivo tudi lasersko skeniranje, ki pa je relativno drago. Rezultat je zelo gost grid točk (npr 0.5–5 m), ki sicer dobro pona-  
zarja površino, vendar tak DMR ne zadostuje za razpačenje ravnih robov streh ipd.



### 3.3 Težave pri izdelavi

Kljub kvalitetni aerotriangulaciji in stereoskopsko zajetemu DMR naletimo pri izdelavi »pravega« ortofota na vrsto tehničnih težav (Zhou et al. 2003).

Pojavi na robovih streh so nadloga, ki se je ne moremo učinkoviti znebiti. Gre za vzorce, ki se pojavljajo zaradi poenostavljenih modelov objektov, ločljivosti posnetka, kontrasta med stenami in strešino ter različnih algoritmov za razpačenje slike. Še bolj so te napake izražene, če za model uporabimo gost grid točk, ki so rezultat laserskih meritev.

Zakrivanje detajla, ki ga vidimo na enem posnetku na drugem pa ne, je mogoče reševati le z analizo vidnosti na osnovi 3D modela in orientacije posnetka. Tudi tu gre za dokaj kompleksen problem, katerega reševanje precej olajša dolga goriščnica in velik preklop pri snemanju. Kljub temu prihaja do situacij, kjer posamezen detajl ni viden na nobenem od posnetkov. Tak primer so ulice v gosto pozidanih mestnih jedrih.

Radiometrični problemi, ki nastopajo pri izdelavi pravega ortofota so v večini primerov posledica sončne osvetlitve. Sence visokih objektov (predvsem stavb) pogostokrat pokrivajo drug detajl, zaradi česar sta svetlost in kontrastnost le-tega, precej drugačna od okolice.

## 4 ZAKLJUČEK

Klasični ortofoto kot standardni izdelek fotogrametrije je danes na višku svoje uporabe kljub temu, da ne izpolnjuje v celoti zahtev ortogonalne projekcije. »Pravi« ortofoto ga topogledno prekaša, vendar zaradi obilice težav v zvezi z modelom površine, zakrivanjem objektov in pojavljanjem senc na trgu še ni rešitve, ki bi optimalno reševala vse probleme izdelave »pravega« ortofota.

## VIRI IN LITERATURA:

- Amhar, F. 1998: The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM, ISPRS Vol. 32, Part 4 »GIS-Between Visions and Applications«, Stuttgart 1998.
- Gvozdanović T., Smole D. 2003: Fotogrametrične tehnike pri geolociranju vertikalne in talne cestne signalizacije. Strokovni posvet: Geodezija in geodetske meritve pri načrtovanju, graditvi in vzdrževanju prometnic, sejem MEGRA, Gornja Radgona 2003.
- Jiann-Yeou Rau, Nai-Yu Chen, Liang-Chien Chen 2000: Hidden Compensation and Shadow Enhancement for True Orthophoto Generation, Asian Conference on Remote Sensing, Taipei 2000.
- Zhou G., Qin Z., Benjamin S., Rand J., Shickler W. 2003: Technical Problems of Deploying Standard Initiative of National City True Orthophoto Mapping, The national conference on digital government research, Boston 2003.

# ZAJEM PODATKOV Z DALJINSKO VODENIM MODELOM HELIKOPTERJA ZA POTREBE SPECIALNE FOTOGRAMetriJE VELIKIH MERIL

David Pollak\* in Andrej Jemec\*

UDK: 528.7

## **Izvleček**

*Zajem podatkov z daljinsko vodenim modelom helikopterja za potrebe specialne fotogrametrije velikih meril*

*Pri načrtovanju in obvladovanju prostora se nenehno povečuje potreba po čim natančnejših podatkih za sprejemljivo ceno. Kot ena izmed možnih metod je tudi brezkontaktno pridobivanje podatkov s pomočjo daljinsko vodenega helikopterja ob uporabi fotogrametrije. Za te potrebe smo v našem podjetju razvili sistem za zajem podatkov.*

## **Ključne besede**

*daljinsko voden helikopter, DOF (digitalni ortofoto načrt), specialna fotogrametrija, stereo izvedenotenje, panoramski posnetki, velika merila*

## **Abstract**

*Data acquisition for the special large-scale photogrammetric applications by the means of remote controlled helicopter model*

*Environment management processes are giving rise to need of the low-cost and accurate spatial data. Photogrammetric methods offer possible solution by the means of remote controlled helicopter model. In our company we developed photogrammetric system for the cost efficient and fast spatial data acquisition.*

## **Keywords**

*Radio controlled helicopter, DOP (Digital OrthoPhoto), special photogrammetry, stereo acquisition, panoramic foto, large scale*

## 1 UVOD

V današnjem času se iz dneva v dan povečuje potreba po prostorskih podatkih velikih meril za potrebe načrtovanja ali evidentiranja majhnih območij prostora. Ti prostorski podatki so osnova za delo številnim organizacijam kot so občinske uprave, javne službe ali podjetja. Podatke velikih meril si mora bodoči uporabnik priskrbeti sam, saj se zaradi njihove narave ne zbirajo sistematično na nivoju države.

Ena izmed konkurenčnih metod za pridobivanje le teh je uporaba fotogrametrije. Prednost te metode je brezkontaktni zajem podatkov v relativno kratkem času. Obdelava

---

\* DFG CONSULTING, d.o.o., Pivovarniška ulica 8, 1000 Ljubljana, david.dfg@moj.net, andrej.dfg@moj.net



in zajem pridobljenih podatkov se nato preseli v pisarno, kjer se glede na potrebe projekta določi želena podrobnost podatkov. Viru podatkov lahko pripišemo natančno časovno komponento. Tako pri projektih, kjer se spremembe v prostoru dogajajo po fazah, lahko uvedemo analizo sprememb po času.

## 2 OPIS SISTEMA ZA ZAJEM PODATKOV

V našem podjetju smo za potrebe projektov, katerih namen je pridobivanje podatkov velikih meril razvili radijsko voden helikopterski sistem (slika 1). Sistem je sestavljen iz komponent, ki so na voljo na trgu ter sklopov, ki so plod lastnega razvoja. Helikopter ima nosilnost koristnega tovora okoli 5 kg. Zato smo pri razvoju modulov, ki so lastne izdelave upoštevali njihovo trdnost ob čim manjši teži.



*Slika 1: Model helikopterja z digitalnim fotoaparatom.*

Sistem je sestavljen iz:

- daljinsko vodenega modela helikopterja,
- gibljive daljinsko vodene nosilne platforme za koristni tovor (fotoaparati, video kamera),
- video nadzornega sistema za prenos žive slike na monitor operaterja kamer,
- modul za stabilizacijo letenja,
- modul za kodiranje podatkov o poziciji in višini v video signal,
- sprejemnik GPS z zunanjo pasivno anteno.

### 3 IZVEDBA TERENSKEGA ZAJEMA PODATKOV OZ. AEROSNEMANJE

#### 3.1 Planiranje snemanja in priprava terena

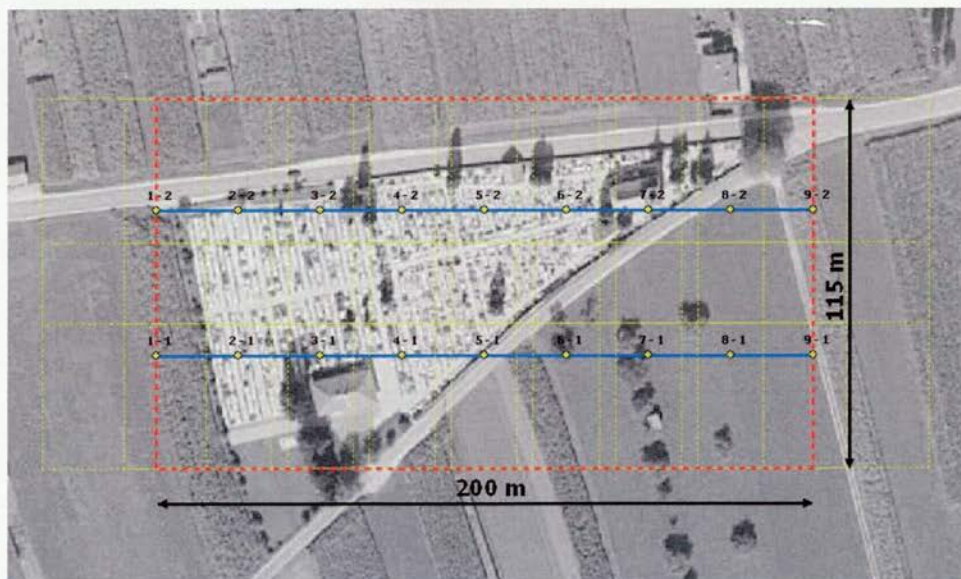
Natančno načrtovanje aerosnemanja se izvede že v pisarni glede na potrebe oz. zahteve projekta. Izdela se snemalna skica, v kateri se upošteva (slika 2 in slika 3):

- merilo snemanja,
- preklap posnetkov,
- število posnetkov,
- konfiguracija terena in možne pasti za let helikopterja,
- količina oslonilnih točk, itd.

Izračun parametrov snemanja					
Goriščnica	50.000	mm	Dimenzija na posnetku	60.000	mm
Višina	75.000	m	Dimenzija v naravi	90.000	m
Merilo 1 :	1500		OK		

Slika 2: PLATFUS – Preprosto računalo za izračun parametrov snemanja.

Konfiguracija terena in morebitne pasti se nato pred pričetkom samega snemanja še natančneje preverijo na terenu. Tako pilot helikopterja poda splošno oceno varnosti in predvidi vsa morebitna tveganja. Pri samem snemanju je potrebno poskrbeti za maksimalno varnost ljudi (mimoidočih potencialnih gledalcev) kot tudi same snemalne ekipe.



Slika 3: Snemalna skica – plan aero snemanja.

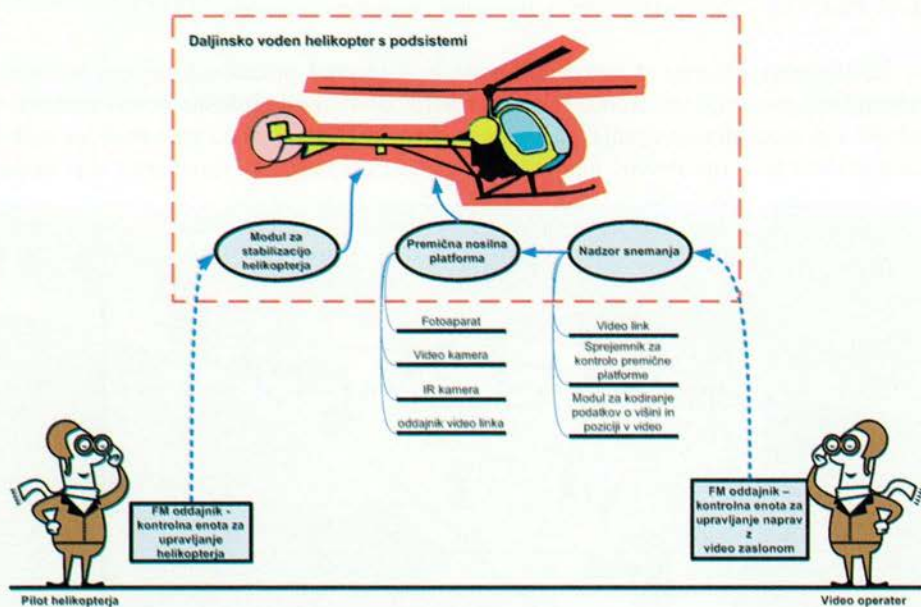


Vodja snemanja pa si medtem ogleda teren, na katerem se bo vršilo snemanje in primerja dejansko stanje s snemalno skico. Ob morebitnih odstopanjih korigira snemalni plan. Nato določi mesta za postavitev oslonilnih točk. Kadar se snemanje vrši na območju z manj detajli, je potrebno poskrbeti za dodatno signaliziranje. Za ta namen uporabimo posebne tarče, ki jih bodisi položimo na tla ali pa pritrdimo na količke. Tarča je izdelana iz plastične ploščice črne barve, na katero je nalepljena bela nalepka okrogle oblike z izrezano luknjico v centru. Tako dobimo odlično tarčo, ki je izredno kontrastna in je avtomatsko merljiva (z obdelavo slike in meritvami s podpikselsko natančnostjo) v našem lastnem programskem paketu DOG (Digital ortofoto Generation). V tem programskem paketu poteka tudi celotna pot do izvedbe ortofoto načrta (razpačevanje, barvno usklajevanje mozaikov, šivanje).

### 3.2 Izvedba snemanja

Snemalno ekipo sestavljajo (slika 4):

- vodja snemanja,
- pilot helikopterja,
- operater kamere.



Slika 4: Skica delovanja sistema.

Glede na zahteve projekta se na helikopter, ki je opremljen s premično platformo, pričvrsti kamera ali fotoaparat, ki sta lahko digitalna ali analogna. Za analogni fotoaparat smo v večini primerov uporabili fotogrametrični fotoaparat RolleiFlex 6006. V zadnjem času pa so se na trgu pojavili digitalni fotoaparati s tipali senzorja nad 8 milijonov pik. Te

fotoaparate s pomočjo lastnih programskih rešitev in postopkov predhodno kalibriramo in s tem pridobimo parametre notranje orientacije.

Premična platforma je naša lastna rešitev, ki nam omogoča poljubno premikanje po vseh treh oseh s finimi zveznimi koraki. Premik se vrši daljinsko vodeno. Platformo upravlja operater kamere, ki s pomočjo žive slike preko video linka natančno premika platformo in centrira ter prilagaja goriščno razdaljo pri snemanju videa oz. nadzira proženje fotografij.

### 3.3 Kontrola zajetih podatkov

Po izvedbi poleta, ki traja največ 15 min, se podatki, v primeru, da so digitalni, pretočijo na prenosni računalnik. Izvedemo hitro analizo zajetih podatkov in v primeru pomanjkljivosti ali slabši kvaliteti posnetkov let ponovimo.

## 4 OBDELAVA PODATKOV V PISARNI

Delo v pisarni se prične s pripravo in klasifikacijo podatkov. Obdelajo se GPS podatki o oslonilnih točkah, analogne filme se razvije in poskenira na fotogrametričnem skenerju visoke natančnosti, običajno z resolucijo slikovnega elementa v velikosti 7  $\mu\text{m}$ . V programu DOG (lastna programska rešitev) se nastavi projekt z deloviščem, snemalnimi pasovi in posnetki. Operater na posnetkih izmeri vezne točke ter identificira oslonilne točke. S programom BINGO izvedemo posnetke v blok. Tako dobimo za vsak posnetek šest parametrov absolutne orientacije (X, Y, Z,  $\Phi$ ,  $\Omega$ , K).

Iz orientiranih posnetkov izdelamo digitalne epipolarne pare. S programom Stereo-EXplorer (plod lastne programske rešitve) na stereo parih izvajamo meritve in izdelamo DMR (digitalni model reliefa), izmerimo objekte, vektoriziramo konture, lomne linije, oblikovnice, območja, masovne točke. Iz posnetkov in DMR z upoštevanjem lomnih linij se lahko izdelata digitalni ortofoto načrt (DOF). Postopek izdelave poteka podobno kot pri izdelavi klasičnega ortofoto načrta merila 1 : 5000 iz cikličnega aero snemanja (CAS). Ortofoto načrt je danes postal standardna podloga za prikaz prostorskih podatkov, preko katerih je možno izrisati druge vektorske sloje in podatke.

## 5 PRIMERI UPORABE SISTEMA DALJINSKO VODENEGA HELIKOPTERJA

### 5.1 DMR Bled

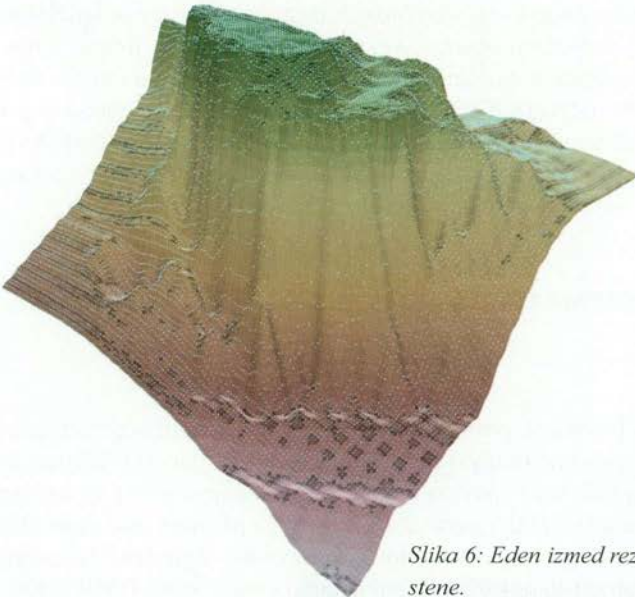
Pri projektu vizualizacije blejskega gradu je bil poleg uporabe cikličnega aerosnemanja (CAS, ki ga pokriva sistematično država) in posebnega aerosnemanja (PAS, merilo snemanja 1 : 4000) uporabljen tudi helikopter za terestično snemanje stene. Cilj naloge je bil izdelati digitalni model reliefa (DMR) stene. Zaradi težkega pristopa smo za orodje zajema izbrali helikopter, na katerega smo na platformo pričvrstili digitalni fotoaparatus. Stene posebej nismo signalizirali saj so bili dobro vidni detajli iz vseh smeri. DMR iz pro-



jekta je naročnik uporabil za izdelavo animiranega filma ob 1000 obletnici prve omembe oz. zapisa Bleda (slika 5 in slika 6).



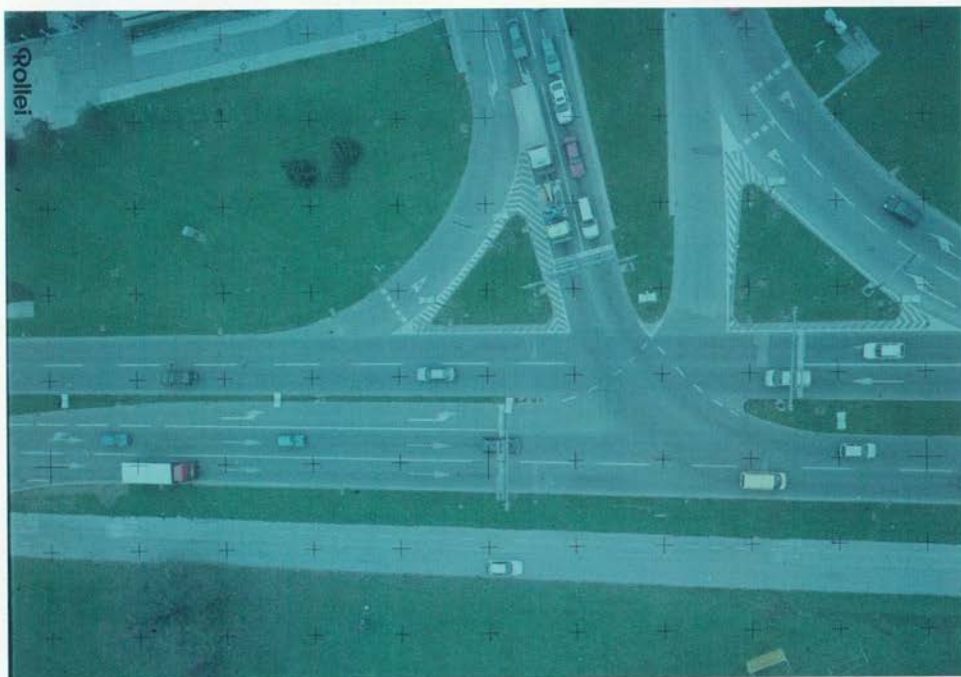
*Slika 5: Posnetek iz helikopterja.*



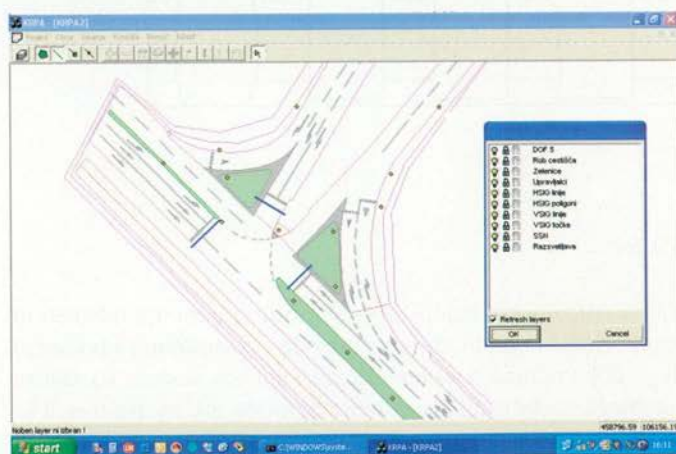
*Slika 6: Eden izmed rezultatov projekta – DMR grajske stene.*

### 5.2 Snemanje križišč in prototipna aplikacija za vodenje podatkov o vertikalni in horizontalni signalizaciji, zelenicah in drugega cestnega inventarja

Za potrebe razvojno raziskovalne naloge smo na testnih križiščih izvedli aero snemanje (slika 7). Rezultati snemanja in obdelave podatkov ter stereo izvednotenja so bili na podlagi standardnega vektorskega GIS formata vključeni v namensko izdelano aplikacijo KRPA (slika 8).



Slika 8: Osnovno okno aplikacije KRPA – pogled na inventar križišča.

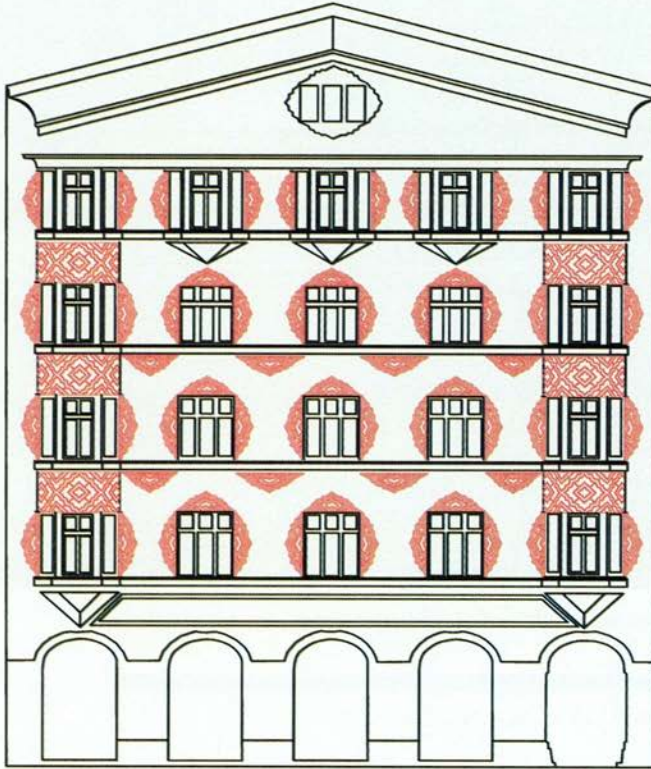


Slika 7: Posnetek križišča z višine 75 m.



### 5.3 Izdelava načrta fasade stavbe na Miklošičevi cesti v Ljubljani

Pri študijskem projektu smo izdelali načrt fasade v merilu 1 : 20 s pomočjo posebne- ga snemanje (slika 9). Zaradi same ožine ulice in prisotnosti velikega števila pešcev smo namesto helikopterja uporabili helijev balon. Za krmiljenje fotoaparata smo uporabili daljinsko vodeno platformo. Tako je bil princip snemanja podoben kot pri helikopterju. Za dvig in spust balona smo uporabili vrvice. Kontrolo snemanja pa smo vršili preko video linka. Z lastnim programom StereoEXplorer (SEX) smo zajeli 3D linije, končni načrt smo obdelali v standardnem CAD programu.



Slika 9: Narisni pogled fasade.

### 5.4 Arheološko najdišče Bič

Za potrebe dokumentiranja arheoloških najdišč so se s približanjem uporabnosti in izvedbe posebnih aero snemanj pričele uporabljati nove metode evidentiranja s pomočjo digitalnega ortofota. Včasih je dokumentacija arheološkega najdišča slonela na skicah risarjev, ki so s pomočjo lokalnega koordinatnega sistema najdišče ure in ure merili in meritve skicirali. Kvaliteta skic je bila pogojena z natančnostjo in izurjenostjo risarja.

Uporabili so tudi posamezne fotografije, pri določenih primerih pa celo »A stativ«, na katerega so dvignili kamero in preko vrvice prožili posnetke. Večja delovišča, so bila zaradi omejene višine stativa (maksimalno 12 m), težko obvladljiva. Z uvedbo aero snemanja in stereo izvednotenja tako v relativno kratkem času dobimo bogat vir podatkov, iz katerega lahko črpamo podatke, ob potrebi tudi kasneje npr. v zimskem času in v udobju tople pisarne.

Tako smo za potrebe naročnika na cestnem križu bodočih avtocest snemali na naslednjih lokacijah: Bič, Ribnica (pri Brežicah), Zagorica (slika 10) ter Ankaransko križišče. Izdelani ortofoto in linijski načrti so vsi umeščeni v državni koordinatni sistem.



Slika 10: Digitalni ortofoto načrt najdišča Zagorica.

## 6 SKLEP

Ker je sistem plod lastnega razvoja našega podjetja, ga lahko prilagodimo potrebam in željam naročnika. Cel sistem je kompakten in prenosljiv, saj gre v vsak osebni avtomobil. Tako je odzivni čas ob interventni potrebi za tovrstno dokumentiranje po fazah ali ob večjih spremembah na deloviščih, gradbiščih, poslovnih objektih ali na arheoloških najdiščih itd. izredno kratek, podan celo v urah. Na premično platformo je možno pričvrstiti tudi infrardečo (IR) kamero ter druge senzorje.

S helikopterjem izvajamo tudi panoramska snemanja objektov, industrijskih obratov, manjših zaselkov, turistične zanimivosti itd. v promocijske namene. Za fotografiranje ali snemanje videa uporabljamo digitalno kamero oz fotoaparatus. Podatke lahko naročniku predamo takoj po končanem snemanju.



VIRI IN LITERATURA:

- Gvozdanović, T., Fras, Z., Brilej, M., Lebar, L., Krivec, M., Pollak, D., Mahnič, M., Smole, D., Ranfl, U. 2002: Zajem podatkov o križiščih (raziskovalno-razvojna naloga) – faza 1, DFG consulting, Ljubljana.
- Gvozdanović, T., Fras, Z., Brilej, M., Lebar, L., Krivec, M., Pollak, D., Mahnič, M., Smole, D., Ranfl, U. 2002: Zajem podatkov o križiščih (raziskovalno-razvojna naloga) – faza 2. DFG CONSULTING, Ljubljana.
- Gvozdanović, T., Smole, D. 2003: Fotogrametrična tehnika pri geolociranju vertikalne in talne cestne signalizacije. Vloga geodezije pri načrtovanju, gradnji in vzdrževanju prometnic / [Strokovni posvet Vloga geodezije pri načrtovanju, gradnji in vzdrževanju prometnic], MEGRA 2003, Gornja Radgona. – Ljubljana: DRC: Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2003, str. 91–97.

# Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic

**Renato Vidrih\*, Matjaž Godec\*, Andrej Gosar\*, Peter Sincič\*,  
Izidor Tasič\* in Mladen Živčić\***

## *Izvleček*

*ARSO, Urad za seizmologijo, je odgovoren za hitro in zanesljivo obveščanje o potresih, ki so nastali v Sloveniji in njeni neposredni okolici. V letu 2000 je se je začela obnova in posodobitev Državne mreže potresnih opazovalnic. Naloga sodobne seizmološke mreže je, da posreduje hitro in natančno informacijo o osnovnih parametrih potresa, kot so lokaciji in moč potresa. Poleg tega je naloga mreže, da neprestano beleži in zbira podatke o lokalnih, regionalnih in oddaljenih potresih.*

*Seizmološko mrežo bo sestavljalo 25 potresnih opazovalnic, ki bodo predvidoma zgrajene do leta 2005. Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto Q730, ki pošilja podatke v realnem času v Center za obdelavo podatkov v Ljubljani, preko državne računalniške mreže. Vse zajemalne enote Q730 so opremljene s sprejemnikom točnega časa GPS, ki skrbi, da so podatki časovno usklajeni. Potresne opazovalnice bodo opremljene s seizmometri tipa CMG-40T. Pet opazovalnic bo dodatno opremljenih še s senzorji za močne potrese (EpiSenzor). Središče za obdelavo podatkov je opremljeno z delovnim postajama UNIX in s programsko opremo Antelope. Z začetkom leta 2002 smo vključili prve štiri nove opazovalnice, ki so bile zgrajene okoli jedrske elektrarne v Krškem. V naslednjem obdobju pa smo začeli z izgradnjo opazovalnic v zahodni Sloveniji, potresno najbolj ogroženem območju pri nas. Ob koncu leta 2003 tako deluje devetnajst opazovalnic, v letu 2004 pa načrtujemo izgradnjo štirih opazovalnic okoli Ljubljane, ki je tudi med najbolj potresno nevarnimi območji v Sloveniji.*

---

\* Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska cesta 47, 1000 Ljubljana, renato.vidrih@gov.si, matjaz.godec@gov.si, andrej.gosar@gov.si, peter.sincic@gov.si, izidor.tasic@gov.si, mladen.zivcic@gov.si



# Učinkovitejši zajem prostorskih podatkov z uporabo mobilnega geografsko informacijskega sistema

Andrej Novak\* in Marko Dolgan\*

## *Izyleček*

*V prispevku bomo prikazali prednosti uporabe mobilnega GIS-a v povezavi z GPS sprejemnikom ali elektronskim tahimetrom na področju topografske geodezije in pri evidentiranju prostorskih dogodkov za potrebe nadaljnjih obdelav v GIS-u.*

*Zadali smo si cilj zagotoviti večjo učinkovitost in s tem zmanjšanje stroškov pri zajemu objektov na terenu. Za doseglo cilja smo razvili mobilni geografsko informacijski sistem Zemljemerec. V funkcionalnost sistema so vgrajene izkušnje podjetja Geoservis d.o.o. pri opravljanju dejanskih tovrstnih nalog s profesionalno opremo Leica. Funkcionalnost nadgrajujemo z izkušnjami pri uporabi sistema na terenu.*

*Uporaba Zemljemerca zagotavlja zastavljeni cilj s hitrejšim zajemom objektov, večjo opravljalnost že na terenu (hkrati z zajemom izdelujemo tudi načrt), manjšo porabo tiskovin, zmanjšano možnost napačne meritve, prihranek na poti (pri roki imate vse podatke, ne le podatke za scenarij, katerega ste lahko predvideli že v pisarni) in druge prihranke, odvisne od področja uporabe. Uporabnik na dlančnik prenese obstoječe GIS-podatke, se poveže z elektronskim tahimetrom ali GPS sprejemnikom in preko programske opreme opravlja zajem objektov nad obstoječimi GIS podatki.*

# Prostorski podatki – ali so dostopni in uporabni?

Marjan Čeh\*, Domen Smole\*\*, Tomaž Podobnikar\*\*\*

## Izvleček

*Upravljanje zbirk prostorskih podatkov v porazdeljenih informacijskih sistemih je stvarnost. Učinkovit in intuitiven način iskanja geopodatkov ter kakovostno samodejno povezovanje prostorskih podatkov je prihodnost. Neznank kako zagotoviti strukturo medopravilnost med raznolikimi in porazdeljenimi geopodatki je iz dneva v dan manj. Rešitve, ki odpravljajo težave strukturne raznolikosti porazdeljenih geoinformacijskih sistemov, so plod večletnega trdega dela mednarodnih organizacij za poenotenje programske opreme GIS. Z odpravljanjem težav strukturne nezdržljivosti pa danes prihajajo do izraza novi izzivi, predvsem v povezavi s semantično medopravilnostjo. Za mnoge strokovnjake s področja geoinformatike predstavlja ta trenutek semantična medopravilnost srž raziskav.*

*Po naših pričakovanjih lahko pri iskanju rešitev za izvedbo semantične združljivosti geopodatkov pomemben delež prispeva predlog univerzalnega omrežja konceptov znanja oziroma t. i. ontologija prostora geografskih razsežnosti (OPGR). Uspešnost teoretično utemeljene ontologije prostora geografskih razsežnosti, ta predstavlja učinkovito orodje za ocenjevanja pomenske skladnosti geopodatkov za potrebe integracije in njihovega iskanja, bo v porazdeljenih informacijskih sistemih potrebno potrditi še s praktičnega vidika. Kakovostna izvedba zasnovane ontologije prostora geografskih razsežnosti bo v kombinaciji s hiperboličnimi brskalniki uporabnikom zagotovila orodje za enostavno in kakovostno iskanje tistih razpoložljivih ge podatkov, ki so za danega uporabnika v dani situaciji res uporabni.*

---

\* dr., UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, mceh@fgg.uni-lj.si

\*\* DFG CONSULTING, d.o.o., Pivovarniška ulica 8, 1000 Ljubljana, domen.dfg@moj.net

\*\*\* dr., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tomaz@zrc-sazu.si





ISBN 961-6500-48-1



9 789616 500487