

GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2001–2002

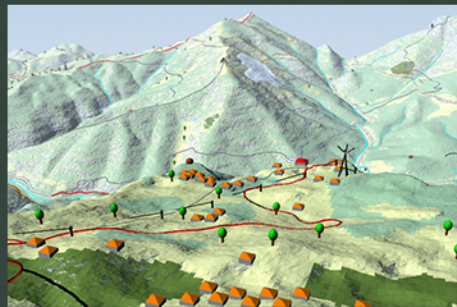
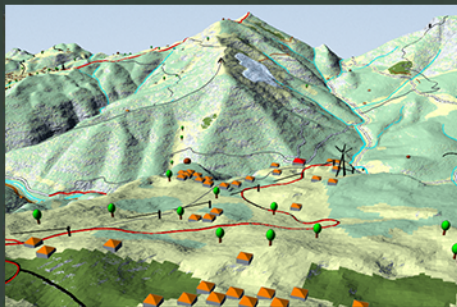
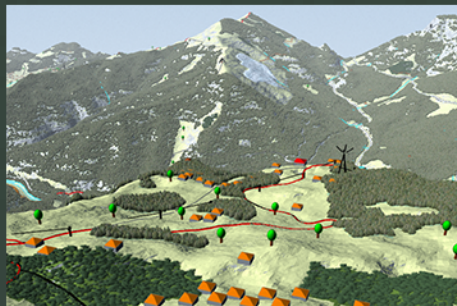
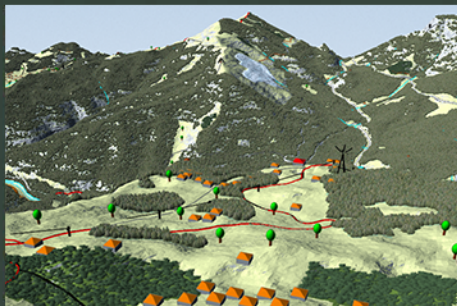
TOMAŽ PODOBNIKAR

DRAGO PERKO

MARKO KREVS

ZORAN STANČIČ

DAVID HLADNIK



GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2001–2002

I N F O R M A C I J S K I **G** E O G R A F S K I **S** I S T E M I V S L O V E N I J I **2001–2002**

Uredili:

Tomaž PODOBNIKAR

Drago PERKO

Marko KREVS

Zoran STANČIČ

David HLADNIK

LJUBLJANA 2002

GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI 2001–2002

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

© 2002, Založba ZRC, ZRC SAZU,
Prostorskoinformacijska enota ZRC SAZU in
Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

Uredniki: Tomaž Podobnikar, Drago Perko, Marko Krevs, Zoran Stančič in David Hladnik
Uredniški odbor: David Hladnik, Marko Krevs, Drago Perko, Tomaž Podobnikar, Roman Renar,
Zoran Stančič, Bojan Stanonik in Radoš Šumrada

Likovno-grafična ureditev: Milojka Žalik Huzjan
Prelom: Brane Vidmar
Oblikovanje naslovnice: Syncomp d. o. o.
Zemljevid na naslovnici: Dušan Petrovič

Izdajatelj: Prostorskoinformacijska enota in Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU
Za izdajatelja: Ivan Šprajc in Drago Perko
Soizdajatelj: Zveza geografskih društev Slovenije in Zveza geodetov Slovenije
Za soizdajatelja: Milan Orožen Adamič in Bojan Stanonik

Založnik: Založba ZRC
Za založnika: Oto Luthar
Glavni urednik: Vojislav Likar

Tisk: Litera picta d. o. o., Ljubljana

Izid publikacije so podprli:

Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije,
Mestna občina Ljubljana,
Ministrstvo za okolje, prostor in energijo Republike Slovenije ter
Ministrstvo za promet in zveze Republike Slovenije.

Digitalna različica (pdf) je pod pogoji licence CC BY-NC-ND 4.0 prosto dostopna:
<https://doi.org/10.3986/9616358650>

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

659.2:004:91

GEOGRAFSKI informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002
/ Uredili Tomaž Podobnikar ... [et al.]. - Ljubljana : Založba
ZRC, 2002

ISBN 961-6358-65-0
1. Podobnikar, Tomaž
119731200

VSEBINA

Uvodnik.....	9
<i>Marjan Čeh</i>	
Ontologija v geografskih informacijskih sistemih.....	11
<i>Dušan Petrovič</i>	
Trirazsežnostne kartografske upodobitve prostorskih podatkov.....	25
<i>Krešimir Keresteš</i>	
Rastrska metoda obnove klasično izdelanih kart.....	33
<i>Tomaž Podobnikar</i>	
Metode vizualnih kontrol kakovosti prostorskih podatkov.....	41
<i>Dimitrij Mlekuž</i>	
Modeliranje preteklih zvočnih krajin.....	55
<i>Mauro Hrvat in Drago Perko</i>	
Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin in njena uporabnost v geomorfologiji.....	65
<i>Matjaž Hribar in Tomaž Kondrič</i>	
Učinkovita uporaba modernih informacijskih rešitev – izzivi sodobnega časa.....	73
<i>Jože Senegačnik</i>	
Register prostorskih enot kot prostorska dimenzija v podatkovnem skladišču.....	81
<i>Miran Ferlan in Uroš Herlec</i>	
Konceptualni model GIS-a za geologijo.....	87
<i>Miran Ferlan in Uroš Herlec</i>	
Vključevanje elementov GIS-a v študijski program geologije.....	97
<i>Nataša Uršič in Borut Jagarinec</i>	
Uporaba geografskih informacijskih sistemov pri razminiranju v jugovzhodni Evropi.....	103
<i>Jasna Šinigoj, Peter Tomše in Janko Urbanc</i>	
Izdelava karte naravnih danosti prostora za odlaganje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v GIS-okolju.....	109
<i>Igor Karničnik, Dalibor Radovan in Aljoša Žerjal</i>	
Hidrografska izmera obalne črte in priobalnega pasu slovenskega morja.....	119
<i>Tomislav Iskra</i>	
Prostorska analiza policijskih evidenc.....	127
<i>Ana Tretjak</i>	
Metoda ocenjevanja točnosti statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije in objektivna ocena raznolikosti pokrajine.....	135
<i>Simona Klasinc</i>	

Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v Republiki Sloveniji v letu 2002 – priprava kartografsko-tehnične dokumentacije za 16.400 popisnih okolišev	143
<i>Dominik Skumavec in Danijela Šabić</i>	
Vzdrževani statistični GIS pokrovnosti tal in njegova uporaba za prikaz podatkov iz Popisa prebivalstva 2002	151
<i>Marjan Žura</i>	
ArcTranplan – Razširitev ARCGIS za napovedovanje prometa	165
<i>Dejan Cigale in Barbara Lampič</i>	
Razširjenost hrupa v Ljubljani.....	175
<i>David Hladnik</i>	
Ocenjevanje človekovih koridorjev na Kočevskem.....	185
<i>Krištof Oštir, Tatjana Veljanovski, Tomaž Podobnikar in Zoran Stančič</i>	
Uporaba daljinskega zaznavanja pri opazovanju plazov v Logu pod Mangartom	197
<i>Jurij Dobravec</i>	
Triglavski narodni park in Natura 2000.....	211
<i>Benjamin Štular in Sašo Poglajen</i>	
Zgodnjesrednjeveška pokrajina: študijski primer Bistriške ravni in Mengeškega polja	219
<i>Bernarda Županek</i>	
Uporaba von Thünenovega modela pri razumevanju poselitve emonskega prostora	231

UVODNIK

Pred vami je šesti zbornik Geografski informacijski sistemi v Sloveniji. Objavili smo 24 recenziranih prispevkov, ki jih je na razpis za objavo poslalo 35 avtorjev različnih strok. Nekatere prispevke smo uvrstili tudi na znanstveno srečanje z enakim imenom kot zbornik, torej Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002. Precej avtorjev je imelo prispevke že v prejšnjih petih zbornikih, nekaj pa je novih.

Zbornik sta izdala Prostorskoinformacijska enota in Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti ob sodelovanju Zveze geografskih društev Slovenije in Zveze geodetov Slovenije, založila pa ga je založba ZRC.

V zborniku so predstavljeni znanstveni, strokovni in tehnični, pa tudi pedagoški dosežki s področja geografskih informacijskih sistemov. Število in raznolikost avtorjev podajata pregled nad razmahom raziskav s tega področja in njihove uporabe. Na razcvet uporabe geografskih informacijskih sistemov kaže tudi primerjava med prvim in šestim zbornikom.

Zaradi skromnih finančnih možnosti, črno-belega tiska, časovnih in drugih omejitev zbornik v tehničnem smislu ne sledi izjemnemu tehnološkemu napredku, kakršnega so doživeli tudi geografski informacijski sistemi, kljub temu pa upamo, da zbornik Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002 dovolj celovito prikazuje pomemben del vrhunskih dosežkov na področju geografskih informacijskih sistemov iz zadnjih dveh let, da bo našel pot med bralce, ki jih zanima to področje, in da bo spodbudil nadaljnji razvoj znanosti v Sloveniji.

*Tomaž Podobnikar
Drago Perko
Marko Krevs
Zoran Stančič
David Hladnik*

ONTOLOGIJA V GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SISTEMIH

Marjan Čeh*

UDK 91:659.2:004:711

Izveček

Ontologija v geografskih informacijskih sistemih

Beseda ontologija se vse pogosteje pojavlja v kontekstu geoinformacijske znanosti. Ontologije se uveljavlja kot sredstvo za izboljšanje dostopa in porazdeljevanja obstoječih geografskih informacijskih virov. S širjenjem aplikacij GIS na svetovnem spletu se povečuje potreba po prepoznavanju pristopov s katerimi različne skupine uporabnikov konceptualizirajo domeno prostora geografskih razsežnosti. Potrebno je razumevanje kako uporabniki uspejo oziroma zakaj ne uspejo izmenjevati prostorskih informacij bodisi v osebni komunikaciji bodisi pri komunikaciji z računalniki. V bodočem razvoju geografskih informacijskih sistemov bo osrednji del predstavljala skladna in empirično utemeljena ontologija prostorskih pojavov geografskih raz-sežnosti.

Ključne besede

ontologija, geografski informacijski sistem, semantična integracija podatkov, medopravilnost

Abstract

Ontology in geographic information systems

In the geoinformation science the term ontology is often used in the context of interoperability of information systems and data distribution. The growth of GIS applications on the Web has initiated the need for recognizing the conceptualisation processes of various groups of spatial information users. It is necessary to understand how users exchange the spatial data and what are the obstacles to successful personal and computerised communication. A harmonic and empirically defined ontology of spatial phenomena of geographic space will be the core issue in the future development of geographic information system.

Keywords

ontology, geographical information system, semantic data integration, interoperability

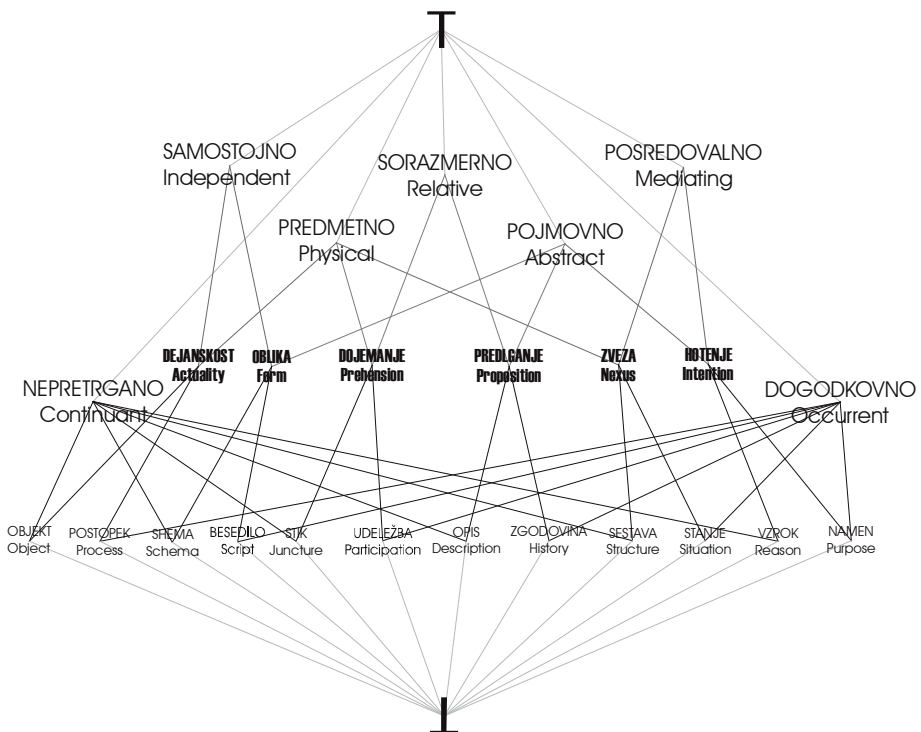
1 UVOD

Začetki ontologije segajo do Aristotela, ki je spoznal vrednost členitve sveta v smiselno povezane razrede. Svet je začel deliti na njegove sestavne dele in postopke. Prve poskuse je izvedel za živalski in rastlinski svet (taksonomija) in zaključil delo v pisnih delih Fizika in Metafizika. Razvrščanja (kategorizacije) v razrede in podajanje prednosti (prioritet) sta temeljni operaciji pri gradnji ontologije.

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

Ontologije imajo pomembno vlogo porazdeljevanja terminologije za postopke integracije informacij. Osnovni ontološki disciplini sta *mereologija* (teorija o celoti in njenih delih) ter *topologija* (teorija o stiku, razdruževanju in povezanosti). *Uporabnost ontologije* je odvisna od njene *prilagojenosti splošni uporabi*. To pomeni, da mora biti prilagojena ljudem glede razumevanja sestave (strukture), pregledovanja in iskanja obstoječih objektov v shemi razredov kakor tudi glede enostavnosti uvrščanja novih objektov v obstoječe razrede ontološke sheme. Težje je razviti uporabno ontologijo kot pa razviti natančno ontologijo. Razvoj splošne (univerzalne, idealne) ontologije je že dolgo cilj ontologov. Splošna ontologija namreč poveže svojstvena in različna področja (domene).

Pojem "ontologija" povzroča težave pri obravnavi informacijskih sistemov (Gruber 1993a). Koncept ontologije izvira iz filozofije, kjer se ontologija nanaša na sistematično obravnavo *obstajanja, bitja, osnove, vzrokov in najsplošnejših lastnosti stvarnosti*. Pogosto se ontologijo zamenjuje z epistemologijo, ki je filozofska disciplina, ki obravnava *izvor, strukturo, metodo spoznavanja* (pridobivanja znanja) in *veljavnost spoznanja* (znanja). Gruber (1993b) je kot pionir uporabe ontoloških metod v informacijski znanosti opredelil ontologijo kot *eksplicitno specifikacijo konceptualizacije*. V taki ontologiji opredeljitve povezujejo termine/simbole (imena entitet), kot so razredi, razmerja, funkcije in drugi objekti, z berljivim besedilom, ki opisuje, kaj simboli pomenijo oziroma opisuje pravila, ki omejujejo tolmačenje teh simbolov.



Slika 1: Splošna ontologija predstavitev znanja (povzeto po Sowa 2000).

Splošno ontologijo je zasnoval Sowa (2000) kot ontologijo predstavitev znanja, ki je opredeljena (slika 1):

- z devetimi prvobitnimi kategorijami (supertipi): nepretrgano (continuant), samostojno (independent), predmetno (fizično), sorazmerno (relativno), pojmovno (abstraktno), posredovalno (mediating), pojavno (occurrent);
- s šestimi posredovalnimi (intermediate) kategorijami (podtipi): dejanskost (actuality), kalup (form), dojemanje (prehension), predložnost (proposition), zveza (nexus), hotenje (intention) ter
- z dvanajstimi *kategorijami*: objekt, proces, shema, besedilo, stik, udeležba, opis, zgodovina, sestava, stanje, vzrok, namen.

2 ONTOLOGIJA IN INFORMACIJSKI SISTEM

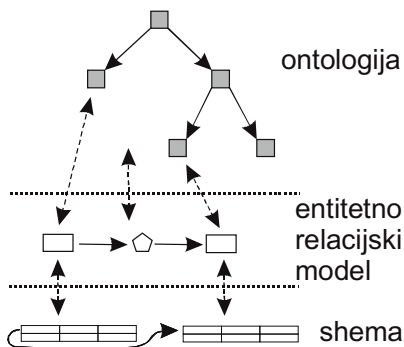
Ontologije se uspešno uporabljajo v industriji, ne da bi jih uporabniki imenovali “ontologije”. Konec devetdesetih let dvajsetega stoletja se je uporaba ontologij začela pospešeno razvijati na področju informacijske tehnologije, še posebej za informacijsko poizvedovanje (McGuinness 1998; Guarino et al. 1999).

Z vidika *porazdeljevanja informacij* je ontologija opis konceptov za porazdeljevanje podatkov in razmerij med njimi, ki obstajajo za programskega agenta ali skupnost programskih agentov. Ta opredelitev se razlikuje od opredelitve ontologije v filozofskem smislu v tem, da filozofska opredelitev ne poudarja komu je ontologija namenjena. Pri ustvarjanju ontologij za namene porazdeljevanja podatkov, informacij in znanj je pomembno opredeliti *ontološko obveznost* za niz programskih agentov. Ontološka obveznost je koncept na ravni znanja in je neodvisna od ravni simbolov.

Predanost ontologiji (glede na povpraševanja in trditve izvedene z uporabo slovarja opredeljenega v ontologiji) je porok skladnosti, ne pa popolnosti. Ontologija je tesno povezana s teorijo logike.

3 ONTOLOGIJA V ZBIRKAH PODATKOV

Na področjih upravljanja zbirk podatkov, standardizacije v informatiki in razvoja programske opreme se pojavlja potreba po preseiganju razlik in potreba po skupnem razumevanju simbolov obravnavanih domen. *Ontologija je rezultat soglasja o skupnem razumevanju domene* in jo je zato mogoče uporabiti za različne namene v široki paleti miselnih povezav (kontekstov) ter skupnih ciljev, ki vključujejo zamisli medopravnosti (interoperabilnost) in ponovne uporabnosti (slika 2).



Slika 2: Razmerje med ontologijo, entitetno-relacijskim modelom in podatkovnimi shemami (privzeto po Zhan et al. 2000).

Značilnosti ontologije navaja Uschold (1998) v obliki sledeče opredelitve: "Ontologija ima lahko različne oblike vendar mora vsebovati *slovar terminov* ter nekatere *opredelitve pomena* navedenih terminov. Z opredelitvijo in *navedbo povezav med pojmi* se določi (vsili) sestavo domene in omeji mogoče interpretacije simbolov na dovoljene".

Ontologijo se smatra za najpomembnejše sredstvo za reševanje semantične raznolikosti informacijskih sistemov. Gre za pristop reševanja problemov z eksplicitnim specificiranjem semantike terminov, ki se uporabljajo v informacijskih sistemih (Zhan et al. 2000).

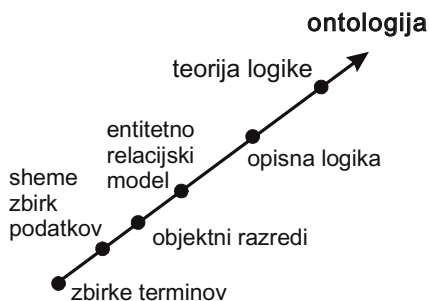
Jasaper in Uschold (1999) sta razvila zasnovo za razumevanje in uvrščanje ontoloških aplikacij. Večji del zasnove sestoji iz niza scenarijev uporabe ontologij. Scenarij je primer uporabe (use case) za predstavitev značilnosti med seboj podobnih aplikacij. Uporabni primer pojasnjuje določeno situacijo, v kateri se uporabi ontologijo za določen namen. Poleg niza scenarijev zasnova sestoji iz naslednjih ključnih dimenzij: namena ali koristi, vloge ontologije, akterjev za izvedbo scenarija, podporne tehnologije ter ravni zrelosti ontologije. V nekaterih scenarijih sta uporabljeni še dve dimenziji: način predstavitve pomena simbolov (formalno oziroma neformalno) ter porazdeljevanje oziroma izmenjava informacij.

4 NAČIN PREDSTAVITVE POMENA SIMBOLOV

Pomen oziroma znanje, ki je zajeto v določenih ontologijah, je spremenljivo z vidika količine v ontologiji predstavljenega pomena (semantike), kakor tudi v *stopnji formalnosti* predstavitve pomena. *Količina pomena* je neposredno povezana z omejevanjem mogočih interpretacij, kar služi zmanjševanju dvoumnosti. Manj, ko je mogočih interpretacij simbola in s tem dvoumnosti, večja je količina pomena. Stopnja formalnosti sega od naravnega jezika do formalne logike (slika 3).

Formalna ontologija (Stuckenschmidt 2000) je opredeljena na formalno opredeljeni *terminologiji*. Podrobnejša opredelitev formalne ontologije je: ontologija je *členjena* (strukturirana), *omejevalna* zbirka *nedvoumno* opredeljenih *konceptov*. Nizko stopnjo dvoumnosti je mogoče doseči s formalnimi opredelitvami, ki so v podporni dokumentaciji podprte z neformalnimi opredelitvami. To je še posebej pomembno za udeležence razvoja informacijskih sistemov, ki niso specialisti informacijskih sistemov. Na krajši rok je v delujočih informacijskih sistemih lažje uporabiti ontologije z manjšo količino pomena (lahke ontologije). Primer večkrat uporabljene lahke ontologije je semantično strukturiranje podatkovnih skladišč za namene iskanja in priklicevanja podatkov. Vendar celo pri opravi iskanja in priklicevanja podatkov očitna korist nastopi kot posledica bogatih ontologij. Za namene medopravnosti in pri razvoju translacijskih orodij si z lahkimi ontologijami ni mogoče pomagati.

Slika 3: Spekter ontologij; stopnja formalnosti sega od naravnega jezika do formalne logike (povzeto po Zhan et al. 2000).



Ontologije so glede na uporabo na področjih industrije in raziskav uvrščene v naslednje glavne skupine (Jasaper in

Uschold 1999): ontologija kot nepristransko avtorstvo, ontologija kot podrobnejši opis (specifikacija), ontologija za skupen dostop do informacij ter iskanje informacij na osnovi ontologije.

Podporne tehnologije za razvoj ontologij

Obstaja obsežen nabor tehnologij, ki podpirajo razvoj ontoloških aplikacij: predstavitveni jeziki ontologij (UML, Express, Ontolingua, OIL, XML), jeziki za izmenjavo znanj (KIF, PIF, CDIF), translacijska orodja (Ontolingua translator, orodja CDIF, Step Tools) in orodja in standardi za porazdeljevanje objektov (CORBA, COM).

5 ONTOLOGIJA V GIS

Beseda ontologija se vse pogosteje pojavlja na strokovnem področju geoinformacijske znanosti. Ontologija se uveljavlja kot sredstvo za izboljšanje dostopa in porazdeljevanja obstoječih geografskih informacijskih virov. Neformalno se ontologije že dolgo uporabljajo v obliki objektnih oziroma atributnih katalogov. Vendar obstoječe ontologije geografskih informacijskih sistemov vsebujejo pogled na svet, ki se osredotoča na obstoječe vsebine zbirk podatkov, in ne upoštevajo povezav s človeškimi aktivnostmi (Gallagher in Carnahan 2000; Harvey et al. 1999).

Ali ontologija omogoča reševanje ugotovljenih problemov semantične medopravnosti? Ali je ontologija le nova fraza za obravnavo semantičnih omrežij? Guarino (1998) ločuje *ontologijo v filozofiji* ter *ontologijo v inženirstvu znanja*. V inženirstvu znanja se z ontologijo obvladuje jezikovno izraženo znanje. Ontološko raziskovanje presega konceptualno modeliranje. Do nedavnega ni bilo povezave med raziskavami ontologije oziroma epistemologije prostorskih objektov geografske razsežnosti ter med raziskavami predstavitev prostorskih pojavov (Winter 2001). Z ontologijo kot znanstveno disciplino se na nepristranski način proučuje različne tipe objektov in njihovih povezav v enotno in celostno stvarnost objektov, lastnosti, razmerij in procesov, ki sestavljajo svet različnih ravni in podrobnosti, in katerih različni deli so predmet raziskav različnih ljudskih in znanstvenih disciplin. V člankih (Casati et al. 1998) so odkrivali ontologijo ljudske, zdravorazumske geoprostorske stvarnosti z uporabo formalnih logičnih metod.

Za GIS je potrebno razviti metode transformacije kvantitativnih prostorskih podatkov v vrsto kvalitativnih predstavitev prostorskih pojavov geografskih razsežnosti, ki so prilagodljive razumevanju GIS-izvedencev in laikov. Za osnovo tem metodam lahko služi le teorija ontologije zdravorazumskega pojmovanja geoprostorske stvarnosti (Smith in Mark 2001). Rosch (1987) ločuje dve ravni kognitivne klasifikacije: osnovno in napredno raven. Vsaka družina zdravorazumskih kategorij je hierarhično organizirana v drevo, ki ima na svojem začetku zelo splošne kategorije, v nadaljevanju pa postajajo kategorije specializirane in organizirane po različnih načelih. Na področju človeških aktivnosti je vzročnost posledica želja in hotenj posameznikov.

S širjenjem GIS-aplikacij na spletu se povečuje potreba po prepoznavanju pristopov, s katerimi različne skupine uporabnikov konceptualizirajo domeno prostora geografskih raz-

sežnosti. Potrebno je razumeti, kako uporabniki uspejo, oziroma zakaj ne uspejo izmenjevati prostorskih podatkov, bodisi v osebni komunikaciji bodisi pri komunikaciji z računalniki.

Podatki (objekti, lastnosti), ki predstavljajo iste pojave stvarnega sveta so lahko shranjeni v neodvisnih zbirkah podatkov. Različne zbirke podatkov tako predstavljajo različne konceptualizacije prostora geografske razsežnosti. *Medopravilni GIS* bi moral biti neodvisen od razlik v geoinformacijski tehnologiji, poleg tega pa bi moral tudi nazorno komunicirati na visoki semantični ravni. Zato je potrebno *izdelati ontologije geoinformacijske infrastrukture* oziroma ontologije prostorskih informacijskih sistemov. Za povezovanje informacij je potrebno razviti metode, ki omogočajo razrešitev terminoloških in konceptualnih neskladij. Prvi poskusi razvoja primernih metod so temeljili na posameznih primerih zbirk podatkov. Pri tem je postalo očitno, da je potrebno razviti standardno ontologijo najvišje ravni.

Izgradnja *ontologij o geografskih informacijah* je zapleten postopek (Frank 1999). Povezan je s porazdeljevanjem znanja o prostoru geografskih razsežnosti in večkratno uporabo znanja (Bucher 2000). Pri porazdeljevanju znanja je smiselno *združevanje ontologij in znanja o reševanju problemov* (Gomez in Benjamins, 1999). Znanje o obstoju geografskih informacij je obsežno. Za integracijo tega znanja je potreben metapodatkovni sistem, ki opisuje dosegljive, a raznovrstne geografske informacijske vire (Bucher 2000).

Konceptualna povpraševanja v zbirkah prostorskih podatkov so po naravi hierarhična. Z vključitvijo različnega števila sinonimov v povpraševanje je mogoče zožiti ali razširiti povpraševanje v okvir hierarhije konceptualnih vprašanj. Kakovost odkrivanja konceptov v zbirkah prostorskih podatkov je odvisna od kakovosti ontologije oziroma zbirke znanja v slovarjih ali besednjakih. Splošni slovarji obravnavajo koncepte splošnega sveta s celostnega vidika, na primer WordNet (Frank 1999). Vsebujejo besedne sinonime in osnovna semantična razmerja med sinonimi. Probleme izražanja istih konceptov z različnimi naravnimi (nacionalnimi) jeziki se rešuje s povezovanjem konceptov v okviru *ontologije formaliziranih semantičnih različnosti*. Banares s sod. (2000) predlaga uvrstitev različnih geoprostorskih *ključnih besed* iz različnih virov, kot so besednjaki, slovarji, leksikoni, enciklopedije in drugi ustrezni viri, v relacijsko tabelo.

Sistem integracije zbirk podatkov vsebuje poleg temeljne ontologije še ontologijo geoinformacijske infrastrukture (tipoloških elementov). Becam s sod. (2000) za izdelavo integracijskega sistema predlaga metapodatkovni model, katerega opis temelji na elementih več ontologij. *Temeljna ontologija* obsega vse ravni, od posamezne entitete do kategorije najvišje ravni domene.

6 AKTIVNOSTI V PROSTORU GEOGRAFSKE RAZSEŽNOSTI

GIS bi moral nuditi podporo izvajanju človeških aktivnosti. Namesto tega je GIS v večini primerov razvit kot pasivni model sveta s premajhnim upoštevanjem okolja, v katerem se ga uporablja. Napačno se predpostavlja, da postanejo geografski podatki uporabni sami po sebi, če so le dovolj verodostojna predstavitev stvarnosti. Za izboljšanje uporabnosti računalniško zasnovanih GIS-sistemov je potrebno razvoj osredotočiti na človeške aktivnosti (Laurel 1993). Da bi postale geografske informacije bolj koristne in uporabne, bi bilo potrebno razviti metodo za gradnjo ontologije z osredotočenjem na človeške aktivnosti v prostoru (Kuhn 2001). Metoda mora:

- temeljiti na človeških aktivnostih;
- uporabljati zapisana besedila, ki opisujejo človeške aktivnosti;
- povezati aktivnosti z objekti domene.

Obstoječe ontološke teorije geografskih informacijskih sistemov so statične. Poudarjajo objekte in attribute, njim podrejena pa so razmerja in operacije. Vzroki za pristranost v ontologijah in podatkovnih modelih geografskih in drugih prostorskih informacijskih sistemov so sledeči:

- izvor tehnologije GIS je v statičnih, kartografskih modelih sveta;
- poudarek tehnologije GIS je na objektih in atributih;
- neuporaba na logiki temelječih formalnih jezikov za upravljanje operacij in njihove semantike;
- v teorijah človeškega prostorskega zaznavanja je objektom vnaprej podeljena prioriteta;
- pomanjkljivo razumevanje o tem, kako so aktivnosti predstavljene v naravnih jezikih s prepoznano pristranostjo v prid samostalnemu (Fellbaum 1999).

Potrebno je prepoznati, kako določeni agenti delujejo v svetu obravnave. Prepoznati je potrebno aktivnosti, ki se pojavljajo v svetu, neodvisno od načina modeliranja človeškega znanja o svetu v informacijskem sistemu. Teorije domen, ki nimajo povezave z aktivnostmi, nimajo pomena. Modeli aktivnosti brez znanja o domeni so neuporabni. Prostor geografskih razsežnosti je potrebno obravnavati sočasno kot sistem objektov in aktivnosti. Pri izdelavi GIS-ov za podporo aktivnostim v prostoru je potrebno – pri izboru in formalizaciji objektov – primarno upoštevati vidik aktivnosti v prostoru (Camara et al. 2000). Teorija aktivnosti (Kaptelinin et al. 1999) vsebuje sledeča načela:

- interakcija s svetom oblikuje človeško konceptualizacijo sveta;
- aktivnosti so usmerjene k objektom (stvarjem ali živim bitjem);
- aktivnosti so hierarhično strukturirane;
- aktivnosti pogojujejo odvisnost pomena informacij od konteksta;
- nova orodja in izdelki razvijajo nove človeške aktivnosti.

Za teorijo prostorskih aktivnosti sta najpomembnejši sledeči pravili:

- semantika aktivnosti in objektov je neločljiva;
- aktivnosti in objekti so hierarhično strukturirani.

Hierarhija aktivnosti sega od visoko nivojskih aktivnosti (hotenje, motivi) preko ciljno usmerjenih akcij do posameznih operacij, ki so sestavni del akcij. Vsaka od navedenih ravni lahko vsebuje vrsto slojev različnih stopenj kompleksnosti. Pri konceptualizaciji sveta in človeških aktivnosti v svetu ni potrebno ločevati med tehničnimi stvarmi in naravnimi objekti. Potrebno je enakovredno obravnavati interakcije vseh delov prostora geografskih razsežnosti.

Gibson (1986) je za uravnovešeno obravnavo objektov in aktivnosti vpeljal koncept *omogočanja* (affordance). Ljudje v svetu razlikujejo med stvarmi v svetu, ki omogočajo aktivnosti. Logičen začetek razvoja ontologije prostora je analiza aktivnosti domene. Takšen pristop se ne uporablja pogosto zato, ker se koncepte a priori enači z objekti. V splošnem se ontologi sicer strinjajo, da obravnavajo objekte, razmerja, stanja, dogodke in postopke. V praksi pa navajajo zgolj razrede z atributi, ki predstavljajo določena stanja in razmerja. Dogodke, procese in aktivnosti prepuščajo poznejši, ločeni, največkrat nikoli izvedeni obravnavi.

Kuhn (2001) za razvijanje ontologij v domeni prostora geografskih razsežnosti

predlaga analizo tekstov, zapisanih v naravnih jezikih, ki opisujejo človeške aktivnosti. Prepoznavanje konceptov, ki naj bi bili vključeni v ontologijo domene, je mogoče izvajati z analiziranjem tekstualnih opisov aktivnosti. Opisi zakonov so pogosto dober vir znanj o mnogih domenah, kjer se uporabljajo prostorske informacije.

Aktivnosti imajo samosvojo, naravno pripadajočo semantiko, ki omogoča urejanje, ki presega modeliranje nadobjektov in podobjektov. V naslednjem koraku izdelave ontologije se odkriva objekte, ki omogočajo aktivnosti v prostoru. Ko so objekti kategorizirani pri upoštevanju aktivnosti, se uporabijo atributi objektov za nadaljnje razvrščanje.

7 PRAVILA ZA MODELIRANJE ONTOLOGIJE PROSTORA GEOGRAFSKIH RAZSEŽNOSTI

Pri razvoju formalne ontologije (kategorij, razredov) je potrebno ohraniti čim manjše število razredov najvišje ravni. To zagotavlja jasnost razumevanja členjenja ontologije in enostavnost njene uporabe. Vsaka uspešna komunikacija zahteva jezik, ki je zgrajen nad *jedrom skupnih konceptov*. Zbirka skupnih konceptov – miselnih zasnov se imenuje ontologija. Pravila za formalne ontologije so sledeča (Kuhn 1996):

- ontologija je zbirka skupnih konceptov;
- koncepti ontologije so nedvoumno opredeljeni;
- zbirka konceptov je omejevalna: koncepti, ki niso opredeljeni v ontologiji niso uporabni;
- zbirka ima model členitve (strukturo), kar pomeni, da ontologija vsebuje *razmerja med koncepti*.

Druga raven so aplikacijske ontologije stvarnih geografskih podatkovnih nizov. V teh ontologijah so uporabljene besedne oznake za snemane oziroma kartirane zasnove (cesta, zgradba in podobno), vendar njihov natančni pomen v splošnem ni enak pomenu zasnov iz področne ontologije, v kateri so uporabljene enake ali podobne besedne oznake. Zaradi teh razlik je za vsak podatkovni niz, ki ga v postopku integracije obravnavamo, potrebno izdelati *aplikacijske ontologije*. Primeri snemalnih pravil (Uitermark 1996, 2001):

- *vkjučevalna* pravila: kateri objekti bodo posneti (kriteriji za zajem);
- *predstavitvena* pravila: kako bodo objekti predstavljeni;
- pravila *poenostavljanja*: kako bodo stvarni objekti poenostavljeni v predstavitev objektov;
- pravila *združevanja*: kako bodo stvarni objekti združevani v predstavitvi objektov.

Ontologije je mogoče graditi za *tematske vsebine* geografskih objektov kakor tudi za njihove razsežnostne koncepte (ontologije razsežnostnih konceptov prostorskih objektov), kot so geometrija, topologija ter simbologija predstavitve geografskih objektov (Rodriguez et al. 1996). Zbirka skupnih konceptov (ontologija domene) je torišče primerjav aplikacijskih ontologij, ki so izdelane za vsak geografski podatkovni niz. Primer področne zbirke skupnih zasnov je domena topografskega kartiranja, ki predstavlja prvo ontološko raven. Za tovrstno domeno so podane opredelitve topografskih objektov (ceste, železnice, zgradbe in podobno), (Ravi 1995a,b).

8 UNIVERZALNA ONTOLOGIJA PROSTORA GEOGRAFSKIH RAZSEŽNOSTI

V skladu s predstavljenimi pravili za modeliranje ontologije prostora geografskih razsežnosti je bila opredeljena Univerzalna ontologija prostora geografskih razsežnosti (OPGR), (slika 4), na podlagi katere je mogoče izvajati pomensko integracijo podatkov zbirk prostorskih podatkov (Čeh 2002).

Predpostavke modela

Konceptualno omrežje prostora temelji na človeških aktivnostih (namenih) v geografskem prostoru. Kriterij za opredeljevanje aktivnosti je prostorska razsežnost – razpoložljivost prostora geografskih razsežnosti za izvajanje aktivnosti. Pojavna oblika človeške aktivnosti je prostorski objekt ali pojmovna (abstraktna) shema prostorskih razsežnosti.

Kriterij za opredelitev novega temeljnega koncepta (metarazreda) aktivnosti v ontologiji, je razlika v namenu med človeškimi aktivnostmi, z izvajanjem katerih se ustvari prostorski predmet – objekt oziroma pojmovna shema prostora. Kriterij za opredelitev nove podaktivnosti (razreda, podrazreda) je razlika v namenu izvedbe aktivnosti ali razlika v vrsti pojavne oblike.

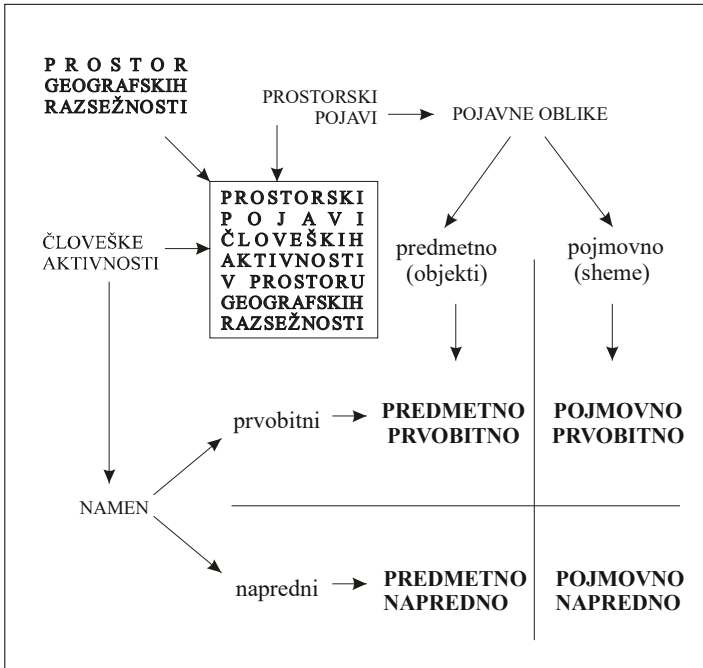
Zapletene objekte/sheme človeških aktivnosti v geografskem prostoru je mogoče predstaviti s sestavljanjem (kombiniranjem) enostavnih kategorij objektov/shem, navedenih v OPGR. Nameni človeških aktivnosti in pojavne oblike se prekrivajo v prostoru in času. Konceptualno omrežje prostora geografskih razsežnosti je zasnovano kot večplastna sestava domen raznovrstnih drugotnih prostorskih konceptov zgrajenih nad osnovo homogene prostorske nepretrganosti nižje ravni kot domene prostorskih objektov in shem (Brentano 1988).

Simboli/izrazi, ki se standardno uporabljajo za raznovrstne prostorske objekte, so atributi prostorskih namenov oziroma aktivnosti te ontologije (na primer hiša, stanovanje, lokal, parcela). Terminologija pod-objekt, nad-objekt (nadrejeni pojmi / nadpomenskost, podrejeni pojmi/podpomenskost, pojmi istega reda/istorednost) je uporabljena le v smislu semantične primerjave med objekti.

Značilnosti ustvarjene ontologije so sledeče:

- model ima hierarhično zasnovo;
- za model je značilna neodvisnost od podatkovnih objektov kakor tudi od stvarnih prostorskih objektov, ker je opredeljena z *nameni* (prvobitni, napredni) oziroma *aktivnostmi* v prostoru ter značilnostmi njihovih *pojavnih oblik*, ki so lahko predmetne ali pojmovne;
- instance (primeri) v hierarhiji modela so simboli, s katerimi se označujejo koncepti stvarnosti;
- univerzalni obseg modela, ki obravnava celotno domeno prostora geografskih razsežnosti;
- dinamično razširjanje modela je omogočeno z opredeljevanjem novih simbolov;
- izražanje zapletenih konceptov s kombiniranjem osnovnih konceptov.

Aktivnosti ljudi (akterjev, agentov) v prostoru geografskih razsežnosti so opredeljene s kategorijo “namen”. Namen je hotenje, ki pojasnjuje stanje (situacijo):



Slika 4: Univerzalna ontologija prostora geografskih razsežnosti: izhodiščna in inducirana raven.

\exists Namen = pojmovno \wedge posredovalno \wedge pojavno

Nameni človeških aktivnosti v prostoru geografskih razsežnosti, ki se *posredujejo* v prostor geografskih razsežnosti preko *dveh skupin dojemanja* udeležbe akterjev (agentov), in sicer kot *prvobitne* aktivnosti in *napredne* aktivnosti:

- *prvobitne človeške aktivnosti*, ki imajo svoj temeljni vzrok v namenu zadovoljevanja *posameznikovih* (individualnih) *hotenj* in potreb;
- *napredne človeške aktivnosti*, ki imajo svoj vzrok v namenu zadovoljevanja (kolektivnih) *hotenj skupnosti*.

Pojavne oblike v prostoru geografskih razsežnosti je mogoče opredeliti s kategorijama *objekt* in *shema*. Posamezna kategorija (objekt, shema) je konjunkcija enostavnejših monadičnih predikatov (Sowa 2000):

\exists Objekt = predmetno \wedge samostojno \wedge nepretrgano

\exists Shema = pojmovno \wedge samostojno \wedge nepretrgano

Pojavne oblike v prostoru geografskih razsežnosti so *stanja* v prostoru, ki jih akterji (agenti) dojemajo kot *predmetne* pojavne oblike (objekte) in *pojmovne* pojavne oblike (sheme):

- \exists prostorski predmetni objekti kot pojavne oblike v prostoru geografskih razsežnosti, za katere se obravnava le objekte *človeškega izvora* (ustvarjeni objekti);
- \exists prostorske pojmovne sheme kot pojavne oblike v prostoru geografskih razsežnosti, za katere se obravnava *dogovorno določene* (fiat) meje in *opazovane pojavne oblike* naravnih (bona-fide) in socioloških pojavov.

V preglednicah so navedeni koncept prve (inducirane) ravni (preglednica 1) Ontologije prostora geografskih razsežnosti (OPGR).

Šifra	Prva raven
1	<u>predmetni</u> objekti <u>prvobitnih</u> človeških aktivnosti
2	<u>predmetni</u> objekti <u>naprednih</u> človeških aktivnosti
3	<u>pojmovne</u> sheme <u>naprednih</u> človeških aktivnosti
4	<u>pojmovne</u> sheme <u>prvobitnih</u> človeških aktivnosti

Preglednica 1: Ontologija prostora geografskih razsežnosti – prva raven.

Kategorije inducirane ravni so zapisane kot trditvene formule:

\exists predmetno-prvobitno = predmetni objekti \wedge prvobitnih človeških aktivnosti \wedge geografske razsežnosti

\exists predmetno-napredno = predmetni objekti \wedge naprednih človeških aktivnosti \wedge geografske razsežnosti

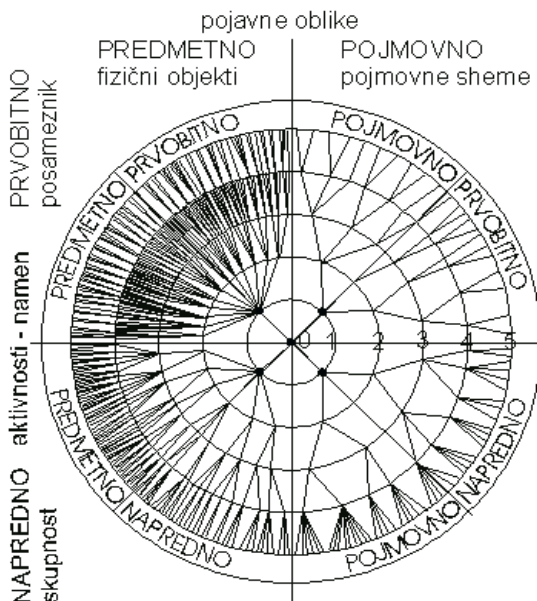
\exists pojmovno-napredno = pojmovne sheme \wedge naprednih človeških aktivnosti \wedge geografske razsežnosti

\exists pojmovno-prvobitno = pojmovne sheme \wedge prvobitnih človeških aktivnosti \wedge geografske razsežnosti

Za oblikovanje novih konceptov je potrebno izvajati miselni postopek naravnega učenja, in sicer *učenja z razumevanjem in vpogledom* (Bratko et al. 1998), podrobneje s *strategijo iskanja v širino*, ter raziskovanja znanja kot *strategijo iskanja v globino* (Kononenko 1997). S strategijo iskanja v širino in globino smo na ravni 2 ustvaril splošne, stvarne in razumljive koncepte, ki smo jih razvezjali na nižjih ravneh ontologije (slika 5).

Osnovno vodilo za ustvarjanje novih konceptov so aktivnosti ljudi v prostoru geografskih razsežnosti, ki imajo za posledico stvaritev predmetnih objektov ali pojmovnih shem geografske razsežnosti. Ustvarjene koncepte se uvršča v štiri skupine, ki izhajajo iz inducirane ravni ontologije.

Slika 5: Semantično ogrodje ontologije prostora geografskih razsežnosti (OPGR).



9 SKLEP

V osnovi so ontologije uporabne za izboljšavo občevanja (komunikacije), bodisi med ljudmi bodisi med računalniki. Za izboljšavo komunikacije med ljudmi zadošča neformalna, vendar nedvoumna ontologija. Medopravilnost med raznovrstnimi računalniškimi sistemi se doseže s prevajanjem in usklajevanjem pomena med različnimi metodami modeliranja, jezikov in programskih orodij. Pri tem se ontologija uporabi kot izmenjevalni format.

Obravnavna aktivnosti je ključni element modeliranja v kontekstu prostora. V bodočem razvoju geografskih informacijskih sistemov bo osrednji del predstavljala skladna in empirično utemeljena ontologija prostorskih pojavov geografskih razsežnosti (Smith in Mark 2001).

Izvedena je bila opredelitev univerzalne ontologije prostora geografskih razsežnosti (OPGR), na osnovi katere je mogoče izvajati pomensko integracijo podatkov zbirk prostorskih podatkov. V navedenem konceptualnem omrežju je pomen simbolov, s katerimi so označeni prostorski objekti v stvarnosti (semantika), pojasnjen z *uvrščanjem* izrazov (o objektih) v konceptualno omrežje prostora geografskih razsežnosti. OPGR vsebuje semantični slovar. Pri izdelavi modela konceptualnega omrežja OPGR so bili upoštevani izsledke raziskav ontološkega modeliranja v geografskih informacijskih sistemih.

VIRI IN LITERATURA

- Banares, J., Zaragaga, F., Noguera, J., Gutierrez and P. Muro-Medrano 2000: Construction and Use of Concept Hierarchies from Word Taxonomies for Searching Geospatial Data. EuroConference – Ontology and Epistemology for Spatial Data Standards, La Londe-les-Maures, Francija.
- Becam, A., Miquel, M., Laurini R. 2000: A Distributed Environment using Ontology for the Interoperability of Urban Data and Models. EuroConference – Ontology and Epistemology for Spatial Data Standards, La Londe-les-Maures, Francija.
- Bratko, I., Džeroski, S., Kompare, B., Walley, W., 1998: Analyses of Environmental data with machine learning methods. Center for knowledge transfer in information technologies, Institut Jožef Štefan, Ljubljana.
- Brentano, F., 1988: Philosophical Investigations on Space, Time and the Continuum. Crom Helm, London, Velika Britanija.
- Bucher, B. 2000: Users access to geographic information resources: a model of tasks and roles to specify intentional uses regarding available resources. 2000, EuroConference – Ontology and Epistemology for Spatial Data Standards, La Londe-les-Maures, Francija.
- Casati, R., Smith, B., Varazi, A. 1998: Ontological Tools for Geographic Representation. Guarino (ed.), Formal Ontology in Information Systems, IOS Press, Amsterdam, Nizozemska.
- Casati, R., Varazi, A. 1994: Holes and Other Superficialities. Cambridge, MIT Press, MA, ZDA.
- Casati, R., Varazi, A. 1995: The structure of spatial localization. International Journal of Philosophical studies, 82 (2), Routledge, Taylor & Francis Group, London, Velika Britanija.
- Čeh, M. 2002: Analiza geodetskih podatkovnih zbirk za potrebe kmetijstva. Doktorska

- disertacija, Univerza v Ljubljani.
- Frank, A. 1999: *Spatial Ontology: A geographical Information Point of View. Spatial and Temporal reasoning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nizozemska.
- Gallagher, L., Carnahan, L. 2000: *A general purpose registry/repository information model*. NIST Information Technology Laboratory, Washington, DC, ZDA.
- Gibson, J., 1986: *The Ecological Approach to Visual Perception*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NY, ZDA.
- Gomez, A., Benjamins, R. 1999: *Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods*. Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, IJCAI'99, Stockholm, Švedska.
- Gruber, T. 1993a: *A translation approach to portable ontologies*. Knowledge Acquisition, No. 5, Academic Press, New York, ZDA.
- Gruber, T. 1993b: *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing*. Workshop on Formal Ontology, Padova, Italija.
- Guarino, N., Masolo, C., Vetere, G. 1999: *Ontoseek: Using large linguistic ontologies for accessing on-line yellow pages and product catalogs*. IEEE Intelligent Systems, No. 14.
- Harvey, F., Kuhn, W., Pundt, H., Bishr, Y., Riedmann, C. 1999: *Semantic interoperability, A central issue for sharing geographic information*. The Annals of Regional Science No. 33, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Nemčija.
- Jasaper, Z., Uschold, M. 1999: *A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications*. IJCAI'99 Ontology workshop proceedings, Stockholm, Švedska.
- Kaptelinin, V., Nardi, B., Macaulay, C. 1999: *The activity checklist: a tool for representing the space of context*. Human-Computer Interaction. Vol. 1, No. 4, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, New Jersey, ZDA.
- Kononenko, I. 1997: *Strojno učenje. Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univeza v Ljubljani, Ljubljana*.
- Kuhn, W. 1996: *Semantics of geographic information*. Geo-info series, Vol. 7, Technical university Vienna, Dept. of Geoinformation, Avstrija.
- Kuhn, W. 2001: *Ontologies in support of activities in geographical space*. International Journal of Geographic Information Science, Vol. 15, No. 7, Taylor Francis Ltd., London, Velika Britanija.
- Laurel, B. 1993: *Computers as Theatre*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, ZDA.
- McGuinness, D. 1998: *Ontological issues for knowledge-enhanced search*. Formal Ontology in Information Systems, Trento, Italija.
- Ravi 1995a: *Coordinating Body for Geographic Information in the Netherlands. Half-year report on Ravi Netherlands*, Council for Geographic Information, Amersfort, Nizozemska.
- Ravi 1995b: *Geoinformation terrain model. A Dutch standard for: Terms, definitions and general rules for classification and coding of objects related to the earth's surface (NEN3610)*, Ravi Netherlands Council for Geographic Information, Amersfoort, Nizozemska.
- Rodríguez, F., Bravo, G., Navarro, A. 1996: *An ontology-based approach to spatial information modelling*. SDH'96, International Geographical Union, Vol. II, Delft, Nizozemska.
- Rosch, E. 1987: *Principles of categorization. Cognition and Categorization*, Erlbaum, Hillsdale, New York, ZDA.

- Smith, B., Mark, D. 2001: Geographical categories: an ontological investigation? *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 15, No. 7, Taylor Francis Ltd., London, Velika Britanija.
- Sowa, J. 2000: *Knowledge Representation, Logical, Philosophical, and Computational Foundations*. Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, California, ZDA.
- Stuckenschmidt, H. 2000: Knowledge based system for integration of geo data. Euro conference on Ontology and Epistemology for spatial data standards, La Londe-les Maures, Francija.
- Uitermark, H. 1996: The integration of geographic databases. Realising geodata interoperability through the hypermap and a mediator architecture, Second Joint European Conference, Exhibition on Geographical Information (JEC-GI, 96), Vol. I, IOS Press, Barcelona, Španija.
- Uitermark, H. 2001: *Ontology-Based Geographic Data Set Integration*. Doktorska disertacija, Thesis Enschede, Nizozemska.
- Uitermark, H., Oosterom, P., Mars, N., Molenaar, M. 1993: *Ontology-Based Geographic Data Set Integration*, (<http://ooa.kadaster.nl/~oosterom/STDBM993.PDF>).
- Uschold, M. 1998: Knowledge level modelling: Concepts and terminology. *Knowledge Engineering Review*, No. 13, Edinburgh, Škotska.
- Winter, S. 2001: Ontology: buzzword or paradigm shift in GI science? *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 15, No. 7, Taylor Francis Ltd., London, Velika Britanija.
- Zhan, C., Cox, M., Jones, D. 2000: *An Environment for Managing Enterprise Domain Ontology. Evolution to Business E-Commerce*, HICSS33, Maui, Hawaii, ZDA.

TRIRAZSEŽNOSTNE KARTOGRAFSKE UPODOBITVE PROSTORSKIH PODATKOV

Dušan Petrovič*

UDK 91:659.2:004:528.9

Izvleček

Trirazsežnostne kartografske upodobitve prostorskih podatkov

Sodobna računalniška tehnologija prinaša mnoge nove možnosti v oblikovanju in uporabi kart, med katerimi prednjači možnost neposredne predstavitve oblikovitosti zemeljskega površja – reliefa v nasprotju z dosedanjimi posrednimi načini prikaza s plastnicami, hipsometrijo, poltonskim senčenjem in drugimi. V trirazsežnostnem prostoru zapisan kartografski model je mogoče prikazati v obliki t. i. 3D karte kot trirazsežnostno (poševno) ali dvorazsežnostno (tlorisno) upodobitev. Prispevek obravnava poskus določitve načel za kartografsko oblikovanje izraznih sredstev – kartografskih znakov za 3D karte.

Ključne besede

trirazsežnostne karte, upodobitev kart, oblikovanje kartografskih znakov

Abstract

Three-dimensional cartographic presentations of spatial data

A computer technology development has brought many new possibilities in map design and map use. One of the key advantages is direct terrain representation possibility in comparison to so far existing ones, like contour lines, elevation tints, hill shading and others. A three-dimensional cartographic model can be visualised as a three-dimensional (incline view) or two-dimensional (vertical view) presentation, so called 3D map. An attempt for defining 3D maps' cartographic design principles is described in this paper.

Keywords

3-dimensional maps, map visualization, map design, cartographic symbolisation

1 UVOD

Sodobna računalniška tehnologija in tehnike navidezne resničnosti omogočajo nove možnosti pri upodabljanju prostorskih podatkov. Do sedaj prevladujoči papirni medij nadomešča računalniški zaslon, uporabnik se iz pasivnega »bralca« karte vse bolj spreminja v »izdelovalca« karte v končni podobi, spremlja lahko dinamične pojave in se premika v modelu realnosti.

Med nove možnosti sodi tudi možnost upodobitev, kjer je smer pogleda na sceno ni navpična, kot je to primer pri običajnih kartah. Takšne karte, kjer sceno gledamo poševno glede na vodoravno ničelno ploskev (perspektivne in nagnjene karte), so se kot panoramski

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

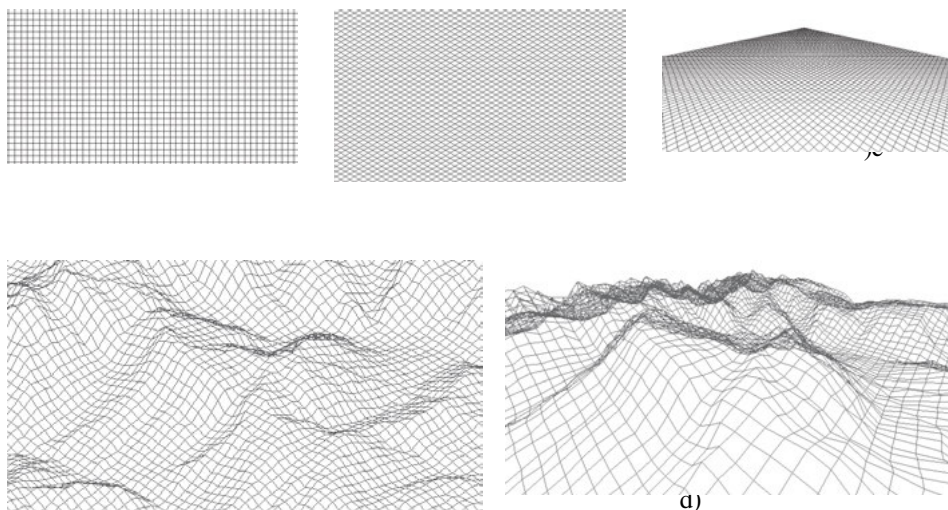
prikazi pojavljale že skozi stoletja, vendar nam šele sodobna tehnologija omogoča izdelavo tovrstnih kart na osnovi kartografskih znanstvenih načel. Množice podrobnih topografskih baz podatkov, zapisanih v treh razsežnostih, so omogočile širok razmah tovrstnih upodobitev. Večina današnjih poševnih upodobitev zemljišča skuša v čim večji meri posnemati resnično stanje v naravi, tako nastajajo t. i. fotorealistične upodobitve. Takšne upodobitve so res uporabnikovemu zaznavanju najbližje in omogočajo najboljšo prepoznavo prikazane scene. Vendar je njihova velika slabost omejena informativna vrednost, ki je eden osnovnih namenov kartografskih prikazov. Fotorealistični prikaz ne upošteva osnovnih kartografskih zakonitosti, kot sta kartografska generalizacija in prikaz s kartografskimi znaki, ki sta neobhodni za izdelavi preglednih in informativno učinkovitih kartografskih prikazov.

2 KARTOGRAFSKE UPODOBITVE

Z uporabo računalniške tehnologije pri izdelavi kart ter z razvojem geografskih informacijskih sistemov postaja meja med podatki za izdelavo karte, kartografskimi modeli, ki vse te podatke združujejo v ustrezno obliko, in samo karto, vse bolj nejasna. V skladu z definicijo Mednarodne kartografske zveze (ICA 2000) je karta kartografsko modelirana (simbolizirana) slika geografske resničnosti, ki prikazuje izbrane objekte ali lastnosti in je rezultat ustvarjalnega dela avtorja, namenjena uporabi, kjer so bistveni prostorski odnosi. Karta je torej slika, ki jo vidi človek – uporabnik. V človeškem telesu se slika vzpostavi šele v možganih na osnovi zaznave čutil, torej ni pomembno, s katerimi čutili jo zaznavamo, niti na kakšnem mediju jo opazujemo. Karta tako ne more biti analogna ali digitalna, lahko pa so podatki, na osnovi katerih vidimo sliko – karto, v analogni ali digitalni obliki in prav tako so tudi postopki izdelave karte analogni in digitalni.

V obdobju klasične kartografske tehnologije je bilo zbiranje in shranjevanje podatkov za izdelavo karte neposredno podrejeno končnemu videzu karte. Vsak podatek je bil glede na pomen, lego in obliko shranjen na nosilcu karte, ki je lahko bila bakrena plošča, steklena plošča ali plastična folija. Z uvajanjem računalniške tehnologije v proizvodnjo kart pa se je to pravilo ohranilo le v izjemnih primerih. Praviloma so podatki v računalniški (digitalni) obliki shranjeni v obliki vektorskih topografskih podatkovnih baz. Edini sestavni deli topografske baze so točka, odprti poligon (linija) in zaključeni poligon (ploskev). Podatkovni model, kjer je točka zapisana le s parom koordinat, ki določata njeno horizontalno lego na zemeljskem površju, imenujemo dvorazsežnostni (2D). Kmalu se je pokazala potreba po vključitvi nadmorske višine kot tretje dimenzije, ki je omogočala izdelavo analiz, povezanih z višinskimi odnosi. Model, v katerem je višina zapisana le kot atribut objekta, imenujemo dvo-in-pol-razsežnostni (2,5D). V pravem trirazsežnostnem modelu pa je vsaka točka zapisana s trojico koordinat (3D). Topološka urejenost podatkov omogoča poizvedovanja in prostorske analize, kar je tudi osnovni namen topografske baze. Šele z dodatno obdelavo topografske baze, ki obsega predvsem kartografsko generalizacijo in kartografsko modeliranje baze s kartografskimi znaki, izdelamo karto. Govorimo o *upodobitvi (vizualizaciji) topografske baze*. Upodobitev 2D in 2,5D modela omogoča zgolj izdelavo »klasične« tlorisne karte, medtem ko je mogoče pri upodobitvi 3D modela izbrati poljuben kot in višino pogleda ter poleg tlorisne izdelati tudi perspektivno ali ortogonalno panoramsko karto (slika 1).

Način opazovanja in uporabe 3D upodobitev je sicer odvisna od tehnoloških zakonitosti medija in morebitnih pripomočkov. Uporabnik zaznava tretjo dimenzijo na osnovi fizioloških (prirojenih) in psiholoških (pridobljenih, priučenih) dejavnikov (Schenkel 2000). Tehnike, ki omogočajo popolno fiziološko pogojeno 3D zaznavo (hologrami in prostorski prikazovalniki) zaradi različnih tehnoloških in tudi povsem praktičnih omejitev v vsakdanjo uporabo še niso množično prodrle, medtem ko so tehnike, kjer z uporabo dodatnih pripomočkov dosežemo delni fiziološki učinek (različne stereoskopske in anaglifne slike), bolj razširjene. Največkrat pa uporabnik zaznava prostor le na osnovi psihološko pogojenih učinkov pri opazovanju 2D slike.



Slika 1: Mreža kvadratov v a) navpičnem, b) ortogonalnem poševnem in c) perspektivnem poševnem pogledu; DMR v č) ortogonalnem in d) perspektivnem poševnem pogledu.

3 FOTOREALISTIČNI PRIKAZ ALI ZNAKOVNA SLIKA?

Če želimo o trirazsežnostnih prikazih površja govoriti kot o kartah, morajo zadostiti nekaterim zahtevam, ki veljajo za klasične 2D karte:

- določena geografska lega vsakega objekta, ki jo uporabnik lahko prebere,
- preslikava objektov in pojavov z realnega površja Zemlje v ustrezni koordinatni sistem na osnovi zakonov projekcij, ki zagotavljajo deformacije v določljivih mejah,
- oblikovanje kartografskih znakov kot sredstva za prenos prostorskih informacij med izdelovalcem karte in uporabnikom ter
- upoštevanje načel kartografske generalizacije, ki določajo nivoje berljivosti karte. Bistvene lastnosti, ki ločijo 3D karte od klasičnih 2D kart, pa so (Haerberling 1999):
- zaradi perspektivne projekcije je otežena konstrukcija geometrije karte (kartografske

- mreže),
- merjenje dolžin in razdalj zaradi spreminjajočega se merila s klasičnimi načini ni možno ter
- v določenih pogledih so nekateri objekti skriti.

Vendar mnogi avtorji pojmujejo 3D karte v skladu z naslednjo definicijo: 3D karta je računalniško izdelan, matematično določen, 3D visoko realističen prikaz zemeljskega površja z naravnimi in izgrajenimi objekti in pojavi (Bandrova 1998). Za pregledovanje tovrstne 3D karte se praviloma uporablja računalniški zaslon, ki je sicer dvorazsežnostni medij, vendar pa uporabnik na osnovi različnih učinkov, kot so imitacija naravnih elementov in materialov, sijaj, hrapavost, prosojnost, osvetlitev, sence in podobno, psihološko zaznava tretjo razsežnost. Glavni cilj izdelkov je čim bolj popolno približanje upodobitve stvarnosti. Kljub svoji »lepoti« in privlačnosti takšne upodobitve ne morejo nadomestiti kart z informacijskega vidika. Visoko realistične upodobitve so strokovno sprejemljive pri prikazu iz velike bližine, kjer so objekti in pojavi v ospredju prikazani v zelo velikem merilu, kot je to primer pri upodobitvah modelov mest (slika 2a) ali posameznih pomembnih objektov. Vendar že nekoliko bolj oddaljenih objektov zaradi omejene ločljivosti medija in omejene ločljivosti človeške zaznave ne moremo prepoznati. Razen posebej izstopajočih objektov (obelisk) je celotna vsebina neprepoznavna in celo »zmazana«. Informativna vrednost je omejena le na najbližji del prikaza. V primerih, kjer so objekti bolj oddaljeni, in je tako merilo prikaza manjše, pa visoko realistične upodobitve ne prinašajo prav nobene prednosti glede na navadno fotografijo (slika 2b).

Slika 2: Primera visoko realistične upodobitve kartografskega modela – a) Washington D.C. (Cramp-



ton 1999), b) (VTP 2001).

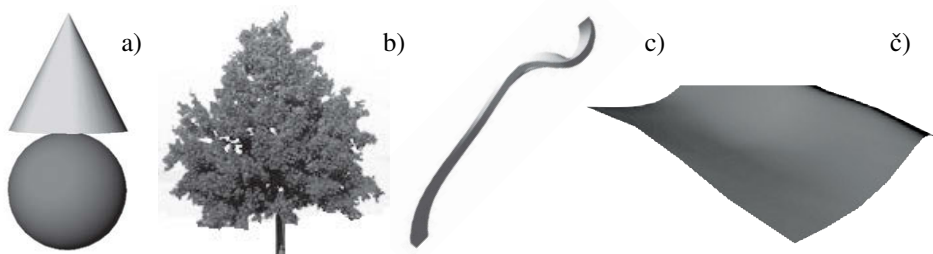
V literaturi so takšne visoko realistične 3D slike poimenovane *perspektivna slikovna karta*, skupaj z blok diagrami, regionalnimi pregledi in shematskimi kartami (Robinson et al. 1995). Perspektivno slikovno karto tako lahko primerjamo z ortofotokartami in visoko ločljivimi satelitskimi posnetki pri tlorisnih prikazih. Povsem jasno se zavedamo njihovih omejitev in slabosti v primerjavi s klasičnimi 2D kartami. Glavna prednost kart pred ortofotokartami je vsekakor modeliranje prikaza s kartografskimi znaki in upoštevanje kartografske generalizacije. Karta ne sme biti zgolj poizkus čim boljšega približka realnosti, ampak mora upoštevati tudi posebne zakonitosti človeške zaznave, njen osnovni cilj pa je informiranje uporabnikov z namenom izboljšave njihove predstave o svetu.

Zavedati se moramo, da je znanje in sposobnosti branja kart pri uporabnikih v glavnem posledica intuicije. Zaradi vsakodnevnega opazovanja 3D dinamičnega sveta človek bolje zaznava takšen prostor, in prav to dejstvo vodi večino kartografov k izdelavi visoko realističnih 3D prikazov. Vendar je morda dovolj, da 3D karta za optimalno zaznavo omogoča le enak način percepcije, kot jo človek izvaja v naravi, to pa je perspektivni pogled 3D modela. Seveda so na področju kart uporabniki navajeni statičnih 2D kart, zato jih bo potrebno priučiti na nov tip in jim pokazati, kakšne prednosti prinaša. Kartograf se mora delno prilagajati uporabnikom, a delno jih mora učiti in v teh dveh nalogah najti pravilno ravnovesje (Rojc 1986). 3D karta je torej lahko le *kartografski prikaz zemeljskega površja (reliefa) v perspektivnem pogledu z dodano topografsko vsebino, ki je kartografsko modelirana v skladu z legendo* (Petrovič 2001).

4 OBLIKOVANJE KARTOGRAFSKIH ZNAKOV ZA 3D KARTE

Kartografska upodobitev, prikazana in izdelana z računalnikom, je lahko pojasnjena z zvočnimi, vidnimi ali interaktivnimi multimedijskimi elementi. S tem se izboljša uporabnost tudi za laike (Buziek 1999). V naravi je vsak objekt 3D predmet, vendar imajo nekateri objekti prevladujoče razsežnosti in te vplivajo na izbiro o načinu – obliki kartografskega prikaza. Tehnologija nam omogoča precejšnjo izbiro različnih geometrijskih, vizualnih in zvokovnih, statičnih in dinamičnih oblik.

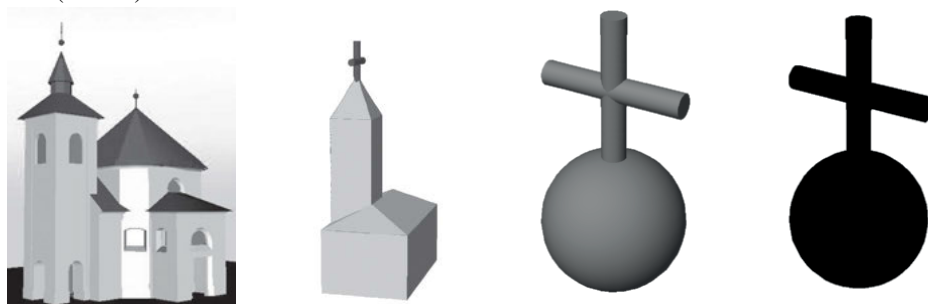
Osnova vsem 3D-kartografskim modelom je model oblikovitosti zemeljskega površja (reliefa). Ta se najučinkoviteje modelira kot mreža manjših likov, ki tvori ploskev v prostoru (DMR). Ti liki so lahko poljubnih oblik, vendar se v praksi največ uporabljajo kvadrati (GRID) in trikotniki (TIN). Na model reliefa so postavljeni kartografski znaki, ki so lahko različnih oblik. Znaki kot geometrijski *točkovni 3D objekti* so namenjeni prikazovanju t. i. točkovnih objektov (slika 3a). Znak je sestavljen iz geometrijskih teles in ima naslednje lastnosti: razsežnost (dimenzijo) v smeri vseh treh koordinatnih osi, površino zunanje ploskve, prostornino ter barvo, tonsko vrednost in vzorec na površini. Njegova oblika in velikost je konstantna za določen objektni tip in nivo podrobnosti. Pri nekaterih objektnih tipih, predvsem za objekte vegetacije, je namesto geometrijskih likov ustrezneje uporabiti tipski realnosti podoben 3D objekt (slika 3b).



Slika 3: a) Geometrijski točkovni in b) realistični tipski 3D objekt, c) linijski 3D objekt in č) ploskev v prostoru.

Objekte s prevladujočo eno dimenzijo in čim manj spremenljivo preostalo dimenzijo, kot so npr. komunikacije (ceste, poti, železnice, žičnice, daljnovodi in produktovodi), manjši vodotoki, ograje ipd. prikazujemo z *linijskimi 3D objekti* (slika 3c). V nekaterih primerih, kjer se objekt popolnoma prilagaja zemeljski površini (vodotoki, poti), je zadosten podatek horizontalni položaj, vertikalni položaj pa je določen z modelom reliefa. Pogosti pa so objekti, kjer je pomembna tudi višina vsake točke, saj ne ležijo ves čas (ceste, železnice na viaduktih, nasipih, v ukopih ali pa predorih) ali pa sploh nikoli (daljnovodi, podzemne napeljave, žičnice) na površju. *Ploskovni 3D objekti* (slika 3č) se uporabljajo za objekte in pojave z nespremenljivo le eno izmed treh dimenzij – največkrat je to višina objekta. Takšen primer so vse vrste pokritosti tal, ki se raztezajo na različnih površinah, a je zgornja plast večinoma enako oddaljena od površine Zemlje: rastje (gozd, rušje) ali pa npr. snežna odeja. 3D ploskovni objekt je lahko zgrajen kot polno telo, pogosteje pa se značaj objekta bolje prikaže s posameznimi točkovnimi objekti, pri katerih lahko določamo tudi njihovo gostoto. Zadnjo skupino predstavljajo *volumski 3D objekti*. Pri njih je potrebno za vsak posamezen objekt določiti njegovo celotno razsežnost v vseh treh smereh koordinatnih osi. Eden tipičnih primerov uporabe so veliki in pomembni (predvsem zgrajeni) objekti, ki jih zaradi velikosti in/ali pomena ni mogoče zadostno prikazati kot točkovni objekt. Drugi tip volumskih 3D objektov so vodne mase – jezera, morja ter večji vodotoki. Pri teh imamo določeno zgornjo ploskev z nadmorsko višino gladine, preostale meje objekta pa nam v popolnosti določa model reliefa zemeljskega površja.

Pri oblikovanju 2D kartografskih znakov osnovne grafične elemente (točko, linijo, ploskev) spreminjamo z uporabo šestih (Bertinovih) grafičnih spremenljivk: barva, oblika, vzorec, smer, velikost, tonska vrednost (Bertin 1974). V 3D upodobitvah so osnovni grafični elementi točkovni, linijski, ploskovni in volumski 3D objekt. Pri uporabi grafičnih spremenljivk moramo upoštevati nekatere omejitve. Na spremembo nekaterih grafičnih spremenljivk vpliva pri perspektivnih prikazih že sama sprememba merila in oddaljenosti. To velja predvsem za velikost, ki je zaradi tega ne moremo uporabljati za ločevanje posameznih objektih tipov. V nekoliko manjši meri se pri večanju oddaljenosti vsaj navidezno spreminjajo tudi oblika, tonska vrednost in vzorec. Pri oblikovanju kartografskih znakov za perspektivne prikaze moramo tako upoštevati nivoje podrobnosti – različen kartografski znak glede na oddaljenost objekta od opazovališča. Namesto popolnega zveznega prehoda izberemo določeno število nivojev podrobnosti prikaza glede na merilo, v katerem je prikazan objekt – podobno, kot če bi oblikovali kartografske znake za sistem meril tlorisnih kart (slika 4).

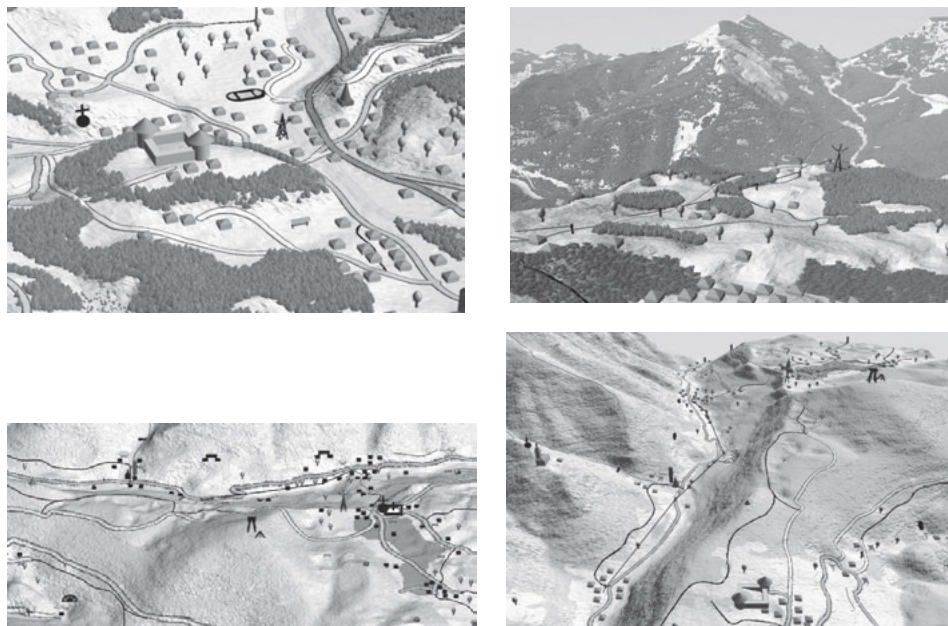


Slika 4: Nivoji podrobnosti 3D kartografskega znaka za prikaz cerkve.

5 PRIMERI 3D UPODOBITEV

Z upoštevanjem praga berljivosti, asociativnosti, preglednosti karte, kontrastnosti in estetskega videza sem oblikoval smernice za izdelavo kartografskega znaka za posamezni objektni tip in za posamezni nivo podrobnosti. Ustreznost oblikovanja posameznih kartografskih znakov se izkaže šele na karti, kjer se mora vsak posamezni znak ločiti od drugih in ustrezno predstaviti objekt, ki ga prikazuje. Problem kartografske generalizacije se razširi in poleg obstoječih metod so vključeni še principi prehodov med posameznimi nivoji podrobnosti ter skrivanja in odkrivanja zakritih objektov. Testni 3D kartografski model sem vzpostavil na 7×7 km velikem območju v dolini Kamniške bistrice, severno od Kamnika. Območje vključuje Kamniški vrh, del Velike planine z nihalko in spodnji del doline potoka Črne. Območje je reliefno dovolj razgibano in v dolinah precej poseljeno. Ker je bil moj cilj oblikovati izbrane reprezentativne 3D kartografske znake, sem na območju dodal tudi objekte in pojave, ki jih sicer tam ni (razgledni stolpi, ledenik, letališče, industrijski objekt ipd.). Poleg splošne topografske vsebine kartografski model vključuje tudi planinsko tematiko.

Slika 5 prikazuje nekaj primerov upodobitev, kjer so objekti in pojavi prikazani kot 3D objekti v prostoru.



Slika 5: Primeri 3D kartografskih upodobitev testnega območja.

6 SKLEP

Trirazsežnostne kartografske upodobitve postajajo v povezavi z multimedijskimi učinki in možnostjo interaktivnega poseganja uporabnikov najprivlačnejši načini predstavitev

prostorskih informacij. Široke možnosti računalniške tehnologije, množica dostopnih podatkov ter načinov zajemanja podatkov o objektih in pojavih v prostoru navdihujejo izdelavo čim bolj realističnih prikazov zemljišča. Vendar na ta način izgubljam glavno prednost kart pred fotografijami in po njihovih vzorih izdelanih prikazov – visoko informacijsko, komunikacijsko ter tudi umetniško vrednost. 3D kartografske upodobitve morajo poleg matematičnih zakonitosti slediti tudi oblikovalskim zakonitostim »klasičnih« 2D-kart. S tem vodilom so bili izdelani 3D kartografski znaki za posamezne objektne tipe in sintezno vključeni v upodobitve poskusnega 3D-modela. Nadaljevanje raziskav na tem področju pa bo moralo zajeti uporabnike ter na osnovi njihovega mnenja dopolniti načela oblikovanja in tudi izboljšati posamezne kartografske znake v trirazsežnostnih upodobitvah.

VIRI IN LITERATURA

- Bandrova, T. 1998: Cartographic Modelling of the Real World. Proceedings of E-mail Seminar of Cartography, Volume 1. University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofija.
- Bertin, J. 1974: Graphische Semiologie. Walter de Gruyter, Berlin.
- Buziek, G. 1999: Dynamic Elements in Cartography. V knjigi Cartwright et al. (ed.), Multimedia Cartography, Springer, Berlin.
- Crampton, J.W. 1999: Online Mapping - Theoretical Context and Practical Applications. V knjigi Cartwright et al. (ed.), Multimedia Cartography, Springer, Berlin.
- Haeberling, C. 1999: Symbolization in topographic 3D-maps: conceptual aspects for user oriented design. Proceedings of the 19th ICA International Cartographic Conference, Ottawa.
- International Cartographic Association (ICA), 2000. Organisation and activities 1999–2003.
- Petrovič, D. 2001: Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Robinson, A. H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimmerling, A.J., Guptill, S.C. 1995: Elements of Cartography, sixth edition. John Wiley & Sons, New York.
- Rojc, B. 1986: Prispevek k raziskovanju percepcije vsebine karte. Doktorska disertacija, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Schenkel, R. 2000: A Cartographic Systematisation of 3D Display Technologies. Proceedings of the International ICA Workshop on High Mountain Cartography 2000, Rudolfshuette, Austria.
- Virtual Terrain Project (VTP) 2001. <http://www.vterrain.org/Screenshots/index.html>.

RASTRSKA METODA OBNOVE KLASIČNO IZDELANIH KART

Krešimir Keresteš

UDK 528.9

Izvleček

Rastrska metoda obnove klasično izdelanih kart

Razvoj novih tehnologij predstavlja velik izziv tudi v kartografiji. V prispevku je predstavljena ena izmed metod za obnovo kart, ki so bile izdelane s starejšimi tehnološkimi rešitvami. Ker zaradi velikih razlik med staro in novo tehnologijo kart ni možno enostavno predelati v novo tehnologijo, je potrebno poiskati primerne rešitev za njihovo obnovo. Takšna obnova zahteva posebne metode zajema, obdelave in priprave za reprodukcijo.

Ključne besede

obnova klasično izdelanih kart, rastrska metoda, barvna kompozicija, barvno upravljanje, barvna paleta, reprodukcija karte

Abstract

Renovation of maps made on classic way with raster method

Development of new technologies presents big challenge in cartography. One of the methods for renovation of maps which were made with older technological solutions is presented in the article. New solution for map renovation should be found, because of big difference between old and new technology in map production. This renovation demands special methods of recapturing, processing and preparation for reproduction.

Keywords

renovation of maps made on classic way, raster method, colour composition, colour managing, colour palette, map reproduction

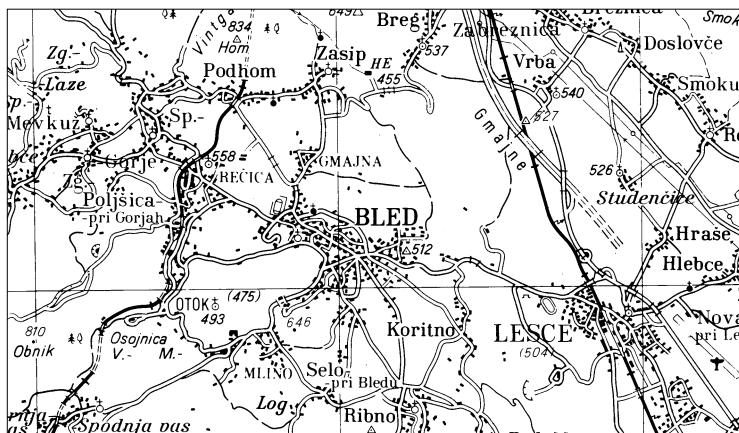
1 UVOD

Tehnologije izdelovanja kart se še vedno izpopolnjujejo. Tako nam ostaja vse več kart, izdelanih z že zastarelimi tehnologijami. Če zaradi večjih razlik med tehnologijami ni možno predelati karte v novo tehnologijo, je potrebno poiskati rešitev, ki nam omogoči, da lahko z novimi tehnologijami karto obnovimo. Obnova takšnih kart zahteva posebne metode zajema, obdelave in priprave za reprodukcijo. Največ kart imamo še vedno shranjenih po slojih na dimenzijsko stabilnih materialih. To so lahko založniški originali ali reprodukcijski originali kart, izdelani s klasičnimi metodami, lahko pa so to celo reprodukcijski originali kart, katerih digitalni podatki so izgubljeni. Prav tako je možno obnoviti karte, za katere nimamo drugih podatkov kot le natisnjen izvod.

* Geodetski zavod Slovenije d. d., Zemljemerska 12, 1000 Ljubljana, kreso.kerestes@gzs-dd.si

Za karto, ki jo želimo obnoviti, potrebujemo založniške ali reprodukcijske originale. Založniški originali (slika 1) predstavljajo posamezne barvne sloje, na primer površine voda, medtem ko reprodukcijski originali predstavljajo vso vsebino karte, ki jo tiskamo z eno od barv. Primer: original ciansko modre vsebuje rastrirane površinske vode, hidrografijo, modre znake in napise; rastriran gozd pa je na karti prikazan z zeleno, ki jo sestavljata raster ciansko modre in rumene. Te originale lahko pridobimo za vsako tiskano karto, če ti le niso bili izgubljeni ali uničeni.

Podatke zajemamo s skeniranjem posameznih originalov z visoko ločljivostjo. Pri uporabi reprodukcijskih originalov je priprava skenogramov zahtevnejša, ker so ti originali, za razliko od založniških, rastrirani. Na skenogramih reprodukcijskih originalov je zato potrebno določiti rastrirano površino, ki jo nato zapolnimo. Tako dobimo črno-bele površine posameznih barvnih slojev. Pri skeniranju starih in zaprašenih originalov, so ti originali polni »smeti«, ki jih odstranimo z ustreznim filtrom. Za čim boljše dimenzijsko ujemanje med posameznimi sloji, vsakega od teh transformiramo na preračunane koordinate. S tem odpravimo dimenzijske spremembe, ki so nastale na samih originalih in med procesom skeniranja. Tako pripravljene skenogrami posameznih barvnih slojev so primerni za nadaljnjo obdelavo.

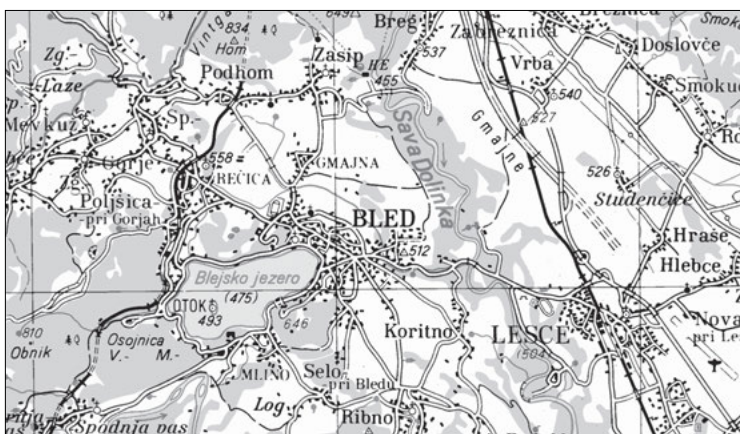


Slika 1: Skenogram založniškega originala.

3 OBDELAVA

3.1 Barvna kompozicija

Barvna kompozicija je postopek združevanja posameznih barvnih slojev v celoto. Vsakemu izmed slojev določimo posamezno barvo. Ko posamezne barvne sloje transparentno združimo, dobimo reprodukcijo karte (slika 2).



Slika 2: Barvna kompozicija – reprodukcija stare karte (brez plastnic).

Navadno naš cilj ni le reprodukcija stare karte, ampak tudi posodobitev in obnovitev njene vsebine. To je v rastrskem načinu možno s primernim upravljanjem z barvami.

3.2 Barvno upravljanje

Pri barvni kompoziciji in nadaljnji obdelavi moramo z barvami primerno upravljati. S primernim barvnim upravljanjem dosežemo avtomatsko obdelavo posameznih barvnih slojev, kar nam omogoča, da posamezne elemente v posameznih barvah neovirano rišemo, brišemo, prestavimo, spremenimo in separiramo. To pomeni, da pri brisanju in premikanju toponimov, ostanejo hidrografija in gozdne površine pod njimi nedotaknjene. Z risanjem vodnih površin dosežemo, da gozd in senčen relief avtomatsko brišemo.

Poznamo več načinov upravljanja z barvami. Eden izmed njih je tudi ta, kjer nam barvno upravljanje omogoča posebna barvna paleta. Barvno paletto sestavljajo osnovne barve slojev (preglednica 1) in njihove kombinacije.

Št. barve	Barva	Elementi karte
1	črna	toponimi, znaki
2	rjava	plastnice
3	modra	hidrografija, znaki
4	svetlo modra	vodne površine
5	zelena	vegetacija (gozdne površine)
6	rdeča	znaki
7	rumena	znaki
8	vijoličasta	znaki

Preglednica 1: Tabela osnovnih barv (primer).

Kombinacije osnovnih barv nastanejo, ker se posamezne barve na karti prekrivajo. To je potrebno, če želimo ločeno upravljati z vsako izbrano osnovno barvo. Pri uporabi barv

v preglednici 1 se na določenem mestu na karti pojavlja, da prek zelene gozdne površine (barva 5) poteka moder potok (barva 3). S kombinacijo obeh osnovnih barv dobimo novo barvo ($3 + 5 \rightarrow 23$ in $5 + 3 \rightarrow 23$). Če z območja pobrišemo potok, dobimo samo gozd ($23 - 3 \rightarrow 5$) in če bi pobrisali gozd, bi nam ostal le potok ($23 - 5 \rightarrow 3$). V danem primeru nastopa 2^8 , oziroma 256 barvnih kombinacij ($1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 \rightarrow 255$), ki določajo barvo vsakega posameznega piksla. Z barvnim upravljanjem je tudi možno določiti, da določene barve izbijajo druge. Tako v primeru, da prek gozda (barva 5) narišemo jezero (barva 4), dobimo le jezero ($5 + 4 \rightarrow 4$) in če to jezero nato pobrišemo, se bo prikazala bela barva ozadja ($4 - 4 \rightarrow 0$).

3.3 Obnova vsebine

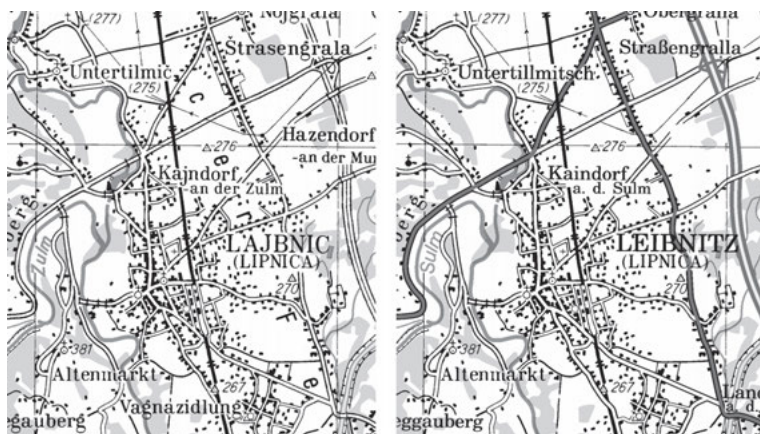
Da bi dosegli ažurnost kart, je potrebno njihovo vsebino obnoviti. Na kartah v rastrskih oblikah je to zelo zahteven postopek, ker je potrebno spremeniti vrednosti vseh določenih pikslov. Zato je najpreprosteje uporabiti vektorski način, kjer je možno definirati osnovne grafične gradnike (točka, linija, površina). V vektorskem načinu lahko gradnikom enostavno spreminjamo attribute, določamo obliko in položaj elementov karte. Po izrisu, oziroma po vnosu vektorskih podatkov in prikazu s primernimi kartografskimi elementi, vektorsko vsebino rastriramo. S tem postane del nove karte (slika 3).



Slika 3: Obnova vsebine z vektorskim načinom.

Pri obnovi vsebine karte je potrebno poleg risanja, oziroma dodajanja, posamezne elemente odstraniti ali premakniti. To nam omogoča že omenjeno barvno upravljanje v rastrskem načinu (slika 4).

RASTRSKA METODA OBNOVE KLASIČNO IZDELANIH KART



Slika 4: Branje in prestavitev toponimov – rastrski način, postavitev toponimov in cest – vektorski način.

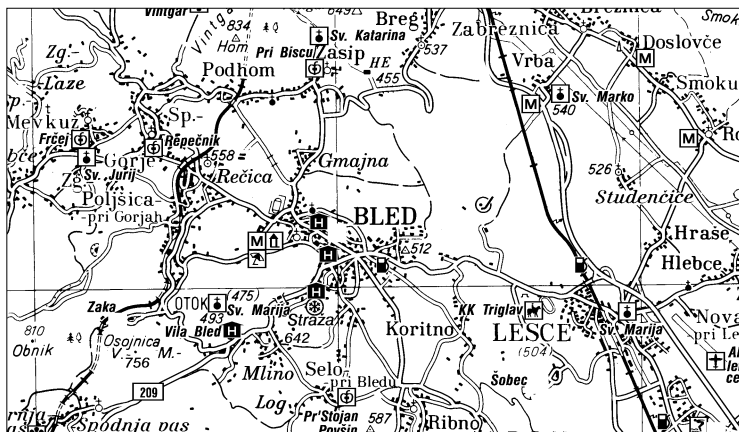
4 PRIPRAVA ZA REPRODUKCIJO

Priprava za reprodukcijo oziroma tisk je z uporabo barvnega upravljanja poenostavljena. Vsebino karte separiramo na reprodukcijske originale glede na separacijsko tabelo (preglednica 2). To določimo z vrednostmi le za osnovne barve po izbrani tiskarski lestvici (v primeru: CMYK in rjava za plastnice).

Št. barve	Barva	C	M	Y	K	rjava
1	črna	0	0	0	100	0
2	rjava	0	0	0	0	100
3	modra	100	0	0	0	0
4	svetlo modra	20	0	0	0	0
5	zelena	30	0	30	0	0
6	rdeča	0	100	100	0	0
7	rumena	0	0	100	0	0
8	vijoličasta	100	100	0	0	0

Preglednica 2: Separacijska tabela (primer).

V danem primeru bomo karto separirali na pet reprodukcijskih originalov (slika 5). Območje, kjer potok prekriva gozd (barva 23), bo predstavljeno s 100 % rastrom na ciansko modrem originalu in s 30 % rastrom na rumenem originalu (C: 100 % + 30 % = 100 %, M: 0 % + 0 % = 0 %, Y: 0 % + 30 % = 30 %, K: 0 % + 0 % = 0 %, rjava: 0 % + 0 % = 0 %).



Slika 5: Separacija – reprodukcijski original črne barve.

5 SKLEP

Opisana metoda obnove klasično izdelanih kart postaja vse bolj uporabljana metoda, ker je v današnjem času veliko klasično izdelanih kartografskih materialov zastarelo. Njihova posodobitev je nujna.

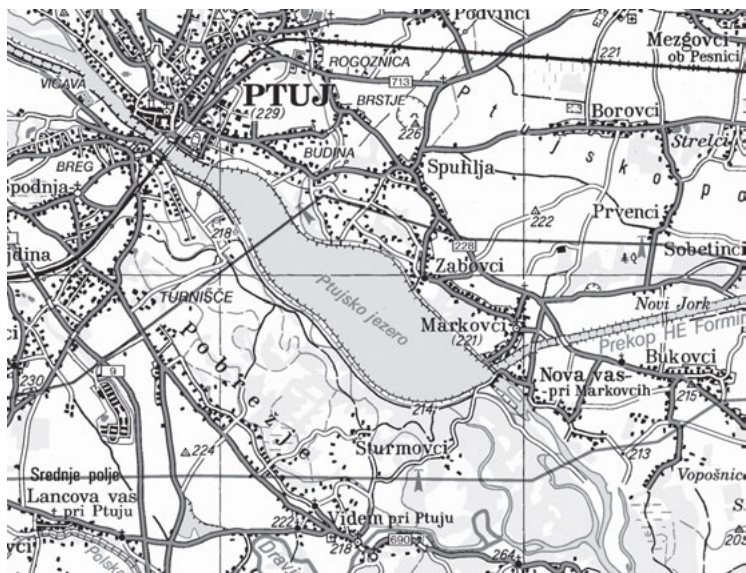
Prednost opisane rastrske metode je barvno upravljanje, ki omogoča istočasno obdelavo vseh posameznih barvnih slojev. Rezultati pri postopku skeniranja in obdelave podatkov so veliko boljši kot pri vektorizaciji in hitrejši od izdelave nove karte. Najboljša metoda bi bila tista, ki bi nam omogočala avtomatsko digitalizacijo. Dokler ne bomo postopka vektorizacije še bolj izpopolnili je omenjena metoda le začasna rešitev predelave in obnove klasično izdelanih kartografskih materialov. Zaradi vseh slabosti rastrskega načina, moramo trezno premisliti kdaj bomo staro karto obnavljali in kdaj se bomo odločili za novo izdelavo.

Na omenjen način smo na Geodetskem zavodu Slovenije obnovili stare jugoslovanske topografske karte v merilu 1 : 100.000, ki jih je izdelal Vojaški geografski inštitut iz Beograda in izdelali Turistični atlas Slovenije (slika 3). Vojaško topografsko karto 1 : 100.000 oziroma VTK 100 (slika 6) in Atlas Hrvaške (slika 7) pa še izdelujemo.

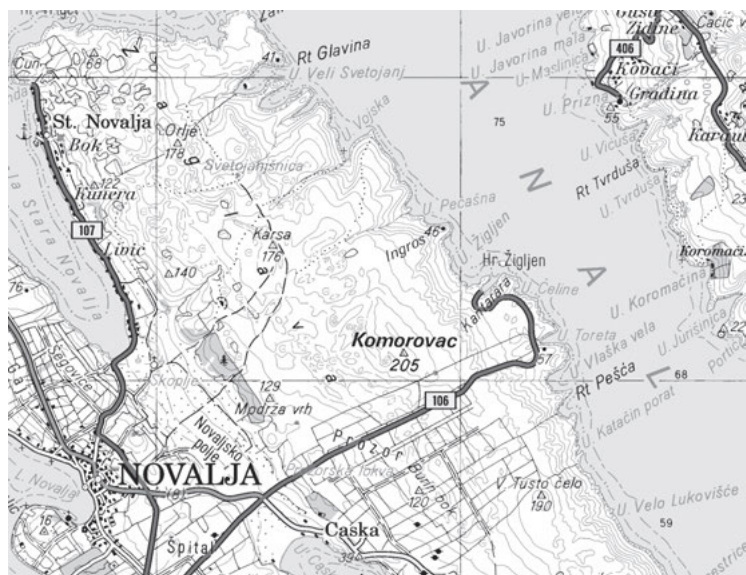
VIRI IN LITERATURA

Barco Graphics 1999: RasterMaster: Printout of RasterMaster Online Help. Barco Graphics nv. Belgija.

Keresteš, K. 2000: Postopek izdelave Turističnega atlasa Slovenije 1 : 100.000. Izdelavni elaborat. Ljubljana.



Slika 6: Vojaška topografska karta 1 : 100.000 v UTM koordinatnem sistemu (izsek brez plastnic in s koordinatno mrežo starega Gauß-Krügerjevega koordinatnega sistema, ki jo v nadaljnji obdelavi izbrišem).



Slika 7: Atlas Hrvaške 1 : 100.000.

METODE VIZUALNIH KONTROL KAKOVOSTI PROSTORSKIH PODATKOV

Tomaz Podobnikar*

UDK 91:659.2:004:528.9

Izvleček

Metode vizualnih kontrol kakovosti prostorskih podatkov

Metode vizualnih kontrol kakovosti so, poleg precej bolj znanih statističnih, izjemno pomembne pri ovrednotenju prostorskih podatkov v geografskih informacijskih sistemih (GIS). Na žalost so v praksi večinoma bolj zanemarjane kot bolj objektivne statistične. Opisane so osnovne statistične ter podrobneje vizualne metode za kontrolo kakovosti prostorskih podatkov, predvsem tistih, ki predstavljajo neko ploskev. Poleg opisov je navedenih tudi nekaj praktičnih primerov.

Ključne besede

geografski informacijski sistem, prostorski podatki, kontrola kakovosti, digitalni model reliefa

Abstract

Methods for visual quality control of spatial data

Visual methods for quality control are beside more known statistical, very important for evaluation of spatial data in geographical information systems (GIS). But in the praxis the visual methods are mainly more neglected than more objective statistical methods. In the article statistical methods for quality control are basically described and more precisely visual ones. All of the methods bases on the control of data sources which are presented by surface. Beside of methods description, some practical examples are presented.

Keywords

geographical information system, spatial data, quality control, digital terrain model

1 UVOD

GIS omogoča raznovrstne analize v prostoru in hkrati učinkovite vizualne prikaze, oblikovane na temelju digitalnih podatkov, zapisanih v obliki podatkovnih slojev. Eden najpomembnejših slojev, na katerem izvajamo najraznovrstnejše analize v GIS, je digitalni model reliefa (DMR).

V zadnjih letih so postale možnosti prikazov operativno vse enostavnejše in zmogljivejše predvsem po zaslugi razvoja programske opreme. Vizualne metode se v povezavi z digitalnimi podatki GIS najpogosteje uporablja pri upodobitvah, ki so podobne prikazom na topografskih ali tematskih kartah. Tak pristop je tudi najbolj logičen, saj poznamo tovrstne analogne prikaze v obliki zemljevidov že vrsto let, poleg tega pa so tudi standardi in tehnike prikazovanja podatkov izoblikovani in poznani.

* dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tomaz@zrc-sazu.si

V prispevku se ukvarjamo predvsem z možnostmi uporabe vizualnih metod pri kontroli kakovosti prostorskih podatkov v GIS, predvsem pri ovrednotenju kakovosti zveznih slojev, zapisanih v obliki celične mreže, TIN ali celo hibridne strukture, pri čemer največkrat mislimo prav na DMR. Pri tem pa ne gre zanemariti vizualnih kontrol vektorskih podatkov, ki predstavljajo ploskve, kot so na primer plastnice. Vizualne metode, ki jih lahko pri kontroli DMR imenujemo tudi geomorfološke, so bile (in so še vedno) precej zapostavljene v primerjavi s statističnimi. Kljub temu da izvajamo kontrolo kakovosti načeloma relativno enostavno in učinkovito tako s statističnimi kot tudi z vizualnimi metodami, lahko razloge za zanemarjanje vizualnih metod iščemo v tem, da:

- je bilo v preteklih letih glede na slabšo (grafično) zmogljivost računalnikov lažje izvajati statistične metode kot pa učinkovito prikazovati prostorske podatke,
- so statistične metode pogosto bolj objektivne (oprijemljive) kot vizualne,
- uporabniki prostorskih podatkov omalovažujejo vizualizacije kot metode, saj naj bi se z njimi ukvarjali le kartografi (pri tem je res, da je v kartografiji vizualni izgled mnogo pomembnejši kot pri digitalnih podatkih, ki se večinoma uporabljajo za analize),
- so bile že mnogo pred uvedbo GIS razvite statistične metode za obdelavo dvo- ali tridimenzionalnih ploskev ali objektov, kakršne obravnavamo v GIS.

Poleg tega moramo biti pri uporabi vizualnih metod bolj iznajdljivi kot pri statističnih, pri tem imajo nekateri probleme pri pravilni interpretaciji prikazanih podatkov v dvo- ali 2,5-dimenzionalnem prostoru. Vendar je pri tem (recimo kognitivnem kartiranju) pomembno dejansko poznavanje (interakcija) prostora (Held in Rekosh 1963) Eden zapletenejših zveznih slojev za izvedbo vizualnih kontrol kakovosti v GIS je DMR, ki ga v prispevku uporabljamo kot »model« za analizo posameznih predlaganih metod.

Vizualne metode kontrole kakovosti obravnavamo v petih skupinah, ki smo jih določili glede na način uporabe podatkov. Še pred vizualnimi metodami obravnavamo tudi statistične metode kontrole kakovosti.

2 METODE STATISTIČNE KONTROLE KAKOVOSTI

Informativno navajamo nekaj metod statistične kontrole kakovosti zveznih slojev v GIS, kot je na primer DMR, da bomo v naslednjem razdelku lažje opredelili vizualne. Nekateri imenujejo statistične kontrole kakovosti tudi geometrijske, saj gre za topografski opis odvisnosti posameznih objektov zveznega sloja, ali pa matematične (numerične), ker gre za matematične prijeme. Najpogostejša pristopa pri statističnih kontrolah kakovosti sta analitični in empirični. Analitični pristopi so uporabni predvsem v primerih, ko ni na razpolago referenčnih podatkov za testiranje. Ločimo *metode brez referenčnih podatkov* in *metode z referenčnimi podatki* (Martinoni in Bernhard 1998), kot so referenčni sloji in referenčne točke.

2.1 Metode brez referenčnih podatkov

Najprej naštejmo metode ovrednotenja (zveznih) slojev *brez referenčnih podatkov*, med katerimi računamo naslednje parametre: *aritmetična sredina* nadmorskih višin, naklonov

ipd.; *standardni odklon* σ ; *kovariantna funkcija* za nadmorske višine, naklone in prostornine Östman (1987); *rangiranje* (minimum, maksimum) in ugotavljanje *homogenosti* delov površja. Obstaja tudi več metod ovrednotenja *razgibanosti* površja ploskve, in sicer pri uporabi *Koppejeve formule* in nadgradnje z drugimi koeficienti (Ackermann 1978; Kraus 1994); *avtokorelacijska analiza* (za celotno območje ali lokalno; Lee in Marion 1994) in druge lokalne metode, kot so *opisi z variogrami in korelogrami* (Wood 1996; López 2000); *merjenje fraktalnih dimenzij* površja (Wood 1996) ter izračun *ukrivljenosti* površja.

Za analize vpliva privzetih nedoločnosti podatkov višin uporabljamo tudi *metode Monte Carlo* (Goodchild 1995, 77; Fisher 1996), *metodo grobe ocene*, ki temelji na statističnem izločanju podatkov, ki preveč odstopajo od obravnavane ploskve (niso dovolj avtokorelirane; Ecker 1999); *metodo ugotavljanja napak glede na okolico* izbrane točke na ploskvi (hipoteza idealnega nadzornika; López 2000); kompleksno analitično metodo *spektralne analize reliefa* (Tempfli 1980; 1999b; Frederiksen in Jacobi 1980; Russel et al. 1995; Russel in Ochis 1995) ter *analize občutljivosti* (Martinoni in Bernhard 1998).

Naslednji sklop numeričnih metod brez uporabe referenčnih podatkov so *topološke kontrole* (obravnavamo jih na podlagi plastnic), in sicer ugotavljanje, če imajo stičišča plastnic enake attribute; iskanje morebitnih presečišč plastnic; iskanje plastnic ali točk z enakimi koordinatami, vendar z različnimi nadmorskimi višinami; kontrola, če ima plastnica le eno točko, da je torej geometrično pravzaprav točka (Podobnikar 2001). Sledijo metode *ugotavljanja grobih napak ploskev*, na primer prevelikega naklona površja ter metoda *ugotavljanja razlik višin sosednjih plastnic* (Larson 1996).

2.2 Metode z referenčnimi podatki

Osnovni kriterij izbire podatkov za kontrolo kakovosti zveznih slojev (na primer DMR) z *referenčnimi podatki* je, da morajo biti ti vsaj tako dobri ali boljši od predvidene kakovosti zveznega sloja (USGS 1998). Pomembno je tudi, da so podatki za testiranje čim bolj reprezentativni (in da jih je dovolj), torej enakomerno in značilno porazdeljeni na testiranem območju. Potencialni referenčni podatki testiranja zveznih slojev (DMR) so v splošnem *zvezni referenčni sloji*, kot je visokokakovostni DMR, ali pa *referenčne točke in črte*, ki morajo biti sistematsko in čim bolj enakomerno ali naključno zajete.

Najprej si pogledjmo metode kontrol z *zveznimi referenčnimi sloji*. Poglavitna prednost teh metod je enakomerna porazdelitev testnih podatkov po celotnem območju. Problem pa je lahko, da za celotno območje testiranja ni na razpolago dovolj kakovostnih podatkov. Možne kontrole kakovosti z referenčnim slojem so določitev srednjega odklona M , srednjega kvadratnega odklona m , rangiranje (minimum, maksimum) ipd.; izračun statistične kovariance, regresije, histogramov in druge metode primerjave dveh ali več skupin ploskev in izračun prostornin razlik.

Metode statističnih *primerjav z referenčnimi točkami in črtami* so podobne primerjavam z zveznimi referenčnimi sloji. Temeljne razlike pa so, da je kakovost referenčnih točk in črt večja od kakovosti referenčnih slojev; da pogosto ni dovolj referenčnih podatkov prav na območjih, kjer je kakovost testirane ploskve že tako slabša ter da iz referenčnih točk in črt ne moremo izdelati izvedenih slojev za kontrolo (na primer naklonov in ekspozicij površja pri DMR).

3 METODE VIZUALNE KONTROLE KAKOVOSTI

Prva ocena kakovosti prostorskih podatkov, naj bodo to enostavne risbe ali zapleteni prostorski prikazi, je po pravilu vizualna (grafična). Take ocene temeljijo na izdelavi različnih postopkov vizualizacije (Wood in Fisher 1993). Nekoč smo si podatke ogledovali in jih ocenjevali na listu papirja, danes pa jih opazujemo na računalniškem zaslonu (Burrough in McDonnell 1998) ali s pomočjo drugih tehnik navideznosti. Pri vizualni oceni kakovosti pomaga tudi dobro poznavanje dejanskega površja, ki ga obravnavamo.

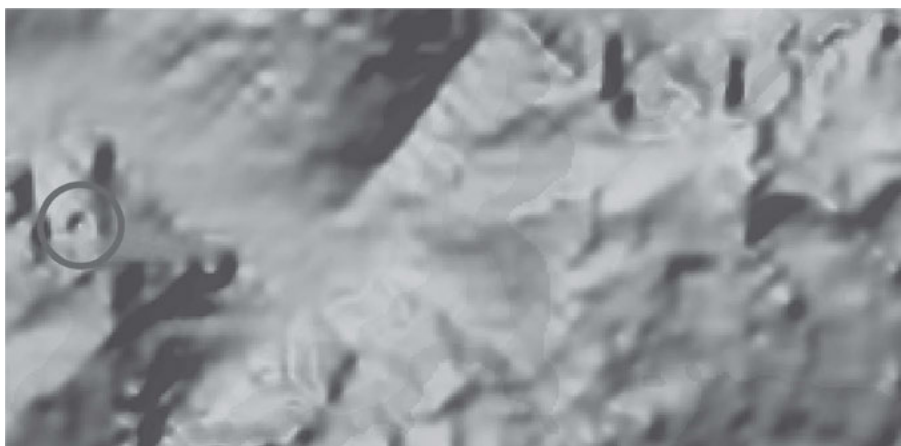
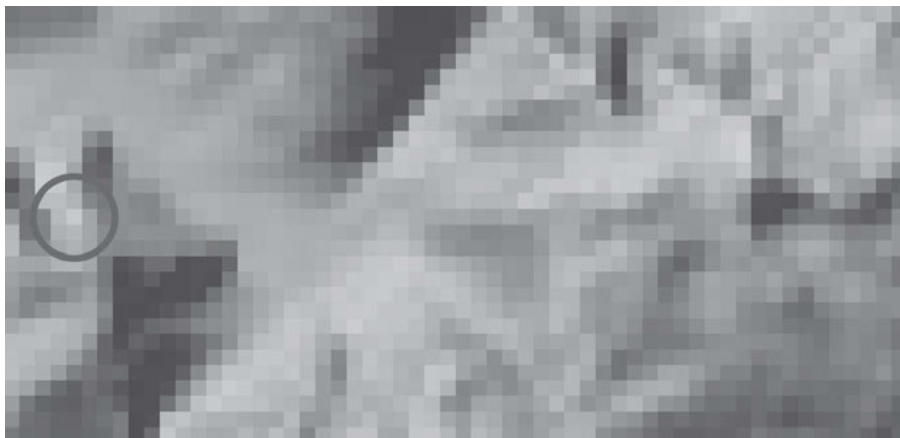
Metode *vizualne kontrole kakovosti* imenujejo nekateri *semantične*, saj gre pri njih lahko za precej subjektivno obarvane ocene pomena prostorskih podatkov. Glede na to, da lahko v primeru uporabe DMR z njimi učinkovito opazujemo morfološke značilnosti zemeljskega površja, jih lahko imenujemo tudi *geomorfološke* ali celo geografske. Pri vizualnih kontrolah kakovosti se v nadaljevanju ukvarjamo z naslednjimi skupinami ovrednotenj:

- kontrola videza slojev,
- primerjava pri prekrivanju posameznih slojev,
- vizualno ovrednotenje statističnih testiranj,
- neprostorske vizualizacije statističnih testiranj ter
- druge vizualne metode, ki ne spadajo med prej naštetе skupine.

3.1 Kontrola videza slojev

Pri *kontroli videza slojev virov* (na primer DMR) največkrat uporabljamo tako imenovane plastične metode, lahko pa tudi geometrične (na primer prikaz plastnic) ter kombinacije obeh pristopov. V nekaterih primerih je učinkoviteje sloje pred vizualizacijo (pre)klasificirati. K metodam vizualizacij s kontrolo videza spadajo tudi možnosti primerjav vseh slojev na tak način, da jih postavimo drug poleg drugega. Nekatere metode za kontrolo videza so naslednje:

- prikaz naklonov, ekspozicije (občutljivosti na manjše napake zaradi metode interpolacije), ukrivljenosti (velike občutljivosti na visokofrekvenčne razlike površja; Wood in Fisher 1993), razgibanosti površja, dimenzij (značilnosti) površja v smislu fraktalnosti (Li 1998; Cheng et al. 1999), zgoščene celične mreže (slika 1), stroškovnih ploskev ipd;
 - s hipsometrično ali drugo barvno lestvico prikaza površja;
 - s samodejnim senčenjem površja; prikaz je nekoliko podoben uporabi visokopropustnega filtra, deloma pa tudi prikazu naklonov; kontrast senc lahko spreminjamo;
 - z diskromatsko barvno lestvico po tako imenovani tehniki bipolarnega diferenciranja; uporaba linearne ali nelinearne lestvice, ki se kar najbolj prilagaja normalni porazdelitvi napak (Wood 1996; podobno tudi Rieger 1992; slika 2);
 - označitev območij prekrivanja posameznih slojev in vizualizacija razlik pri medsebojnem odštevanju;



Slika 1: DMR 100 s prvotno ločljivostjo (zgoraj) in po zgostitvi celične mreže na 20 m (z metodo zlepkov; spodaj) na območju okolice Triglava (6000 krat 3000 m). S krogom je označena groba napaka, ki se jo da opaziti šele na desni sliki.

- označitev napak z visokopropustnim (lokalnim) filtrom, še posebej stikov slojev in nepravilnosti na ravnih območjih;
- označitev porazdelitve značilnih točk, črt in območij (vrhov, dnov vrtač, sedel, grebenov, dolin, razvodnic itd. pri DMR, pa tudi plastnic; Li 1998); ugotavljanje pravilnosti porazdelitve ter lažnih struktur na osnovi ploskve ali plastnic;
- prikaz plastnic iz kartografskega gradiva ali neodvisen prikaz samodejno ustvarjenih plastnic (Ackermann 1978; Ivačič 1996; Carrara et al. 1997); podoben prikaz lahko izdelamo za hidrološko mrežo iz kartografskega gradiva ali za samodejno ustvarjeno hidrološko mrežo;
- označitev napak meja (na primer ob upoštevanju območij gozdov pri analizah) pri uporabi mehke logike (glej na primer Burrough in McDonnell 1998) z vizualizacijo.



Slika 2: Prikaz DMV 20 z metodo bipolarnega diferenciranja.

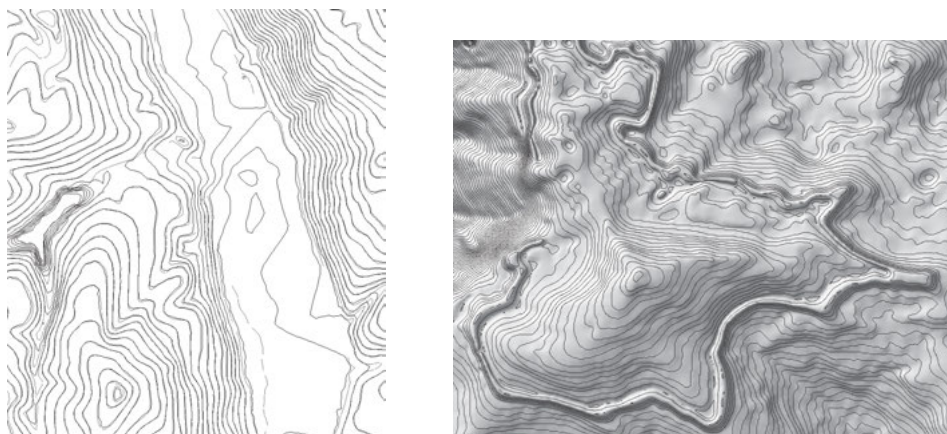
3.2 Primerjava pri prekrivanju posameznih slojev

Opisane metode izdelav in prikazov posameznih slojev so neprimerno učinkovitejše, če posamezne sloje medsebojno prekrivamo. Poglejmo si nekaj vizualnih kontrol s *primerjavo pri prekrivanju posameznih slojev*:

- prekrivanje slojev hipsometrične barvne lestvice, senc in samodejno ustvarjenih plastnic (DMR) ter plastnic iz kartografskega gradiva; lahko pa prekrijemo plastnice iz kartografskega gradiva in samodejno ustvarjene plastnice (oba primera sta na sliki 3; Ivačič 1998);
- prekrivanje sloja plastnic prek hipsometrične barvne lestvice, senc, ekspozicije, naklonov ali ukrivljenosti ploskve; položaj plastnic je neposredno odvisen od omenjenih elementov (Hutchinson in Gallant 1998);
- prekrivanje plastnic kartografskega gradiva ter iz njih izdelanih značilnih točk (na primer lokalnih ekstremov), črt in območij; plastnice lahko prikažemo z metodo barvne alternacije tako, da jih hierarhično obarvamo (slika 4);
- prikaz hidrološke mreže, izdelane s hidrološkimi analizami DMR (Hutchinson in Gallant 1998; Wood 1996) pri upoštevanju vrtač; prekrivanje in primerjava s hidrološkimi podatki iz kartografskega gradiva;
- prekrivanje plastnic iz kartografskega gradiva prek DMR, izdelanega iz njih (Carrara et al. 1997); v vsakem primeru, tudi če DMR ni izdelan le iz plastnic ali pa sploh ne

iz njih, so plastnice zanimive za dodatno kontrolo DMR;

- prikaz samodejno ustvarjenih značilnih črt in točk skupaj s plastnicami; sledi kontrola medsebojnega ujemanja;
- uporaba slojev za kontrolo DMR, ki pa nimajo neposredne povezave z izdelavo DMR, kot so satelitski, aero- (ortofoto) in drugi posnetki ter kartografsko gradivo; prek ortofota se da na primer učinkovito prikazati območja napak ali slabo določljive kakovosti (Wiggenhagen 2000);
- prekrivanje slojev z upoštevanjem Bayesove logike (Skidmore 1997); pri prekrivanju se upošteva predhodno in dejansko znanje (Eastman 1997);
- perspektivni prikaz sloja; kot ogrodje lahko uporabimo TIN, mreže točk, žične modele ipd.:
 - odstopanje dveh različno modeliranih slojev;
 - ploskev (DMR) in prek nje napet ortofoto (ali kaka druga podoba), na katerem lahko hitro opazimo grobe napake (Wiggenhagen 2000); primerjamo jo lahko tako, da zraven položimo s hipsometrično barvno lestvico obarvano ploskev (Wood 1996); dodatno lahko uporabimo prikaz s potencialno vidnostjo, izdelano s simulacijo Monte Carlo ali pa plastnice.



Slika 3: Vizualna metoda kontrole kakovosti za odkrivanje grobih napak plastnic. Levo: primerjava originalnega poteka plastnic GKB-reliefa (temno sivo) in izvedenih iz modela reliefa, izdelanega iz njih (svetlo sivo). Desno: kombinacija samodejnega senčenja DMR iz originalnih plastnic GKB-reliefa in prikaza plastnic, izvedenih iz DMR.

3.3 Vizualno ovrednotenje statističnih testiranj

V sklop metod vizualnega ovrednotenja statističnih testiranj spadajo:

- metode Monte Carlo; pri tem je koristno predhodno izvesti čim bolj realističen preizkus z dejanskimi podatki; metode so naslednje:
 - simulacija vidnosti pri upoštevanju napak sloja (Fisher 1996; Podobnikar 1998; Burrough in McDonnell 1998; Heuvelink 1998; Nackaerts et al. 1999); dodatna

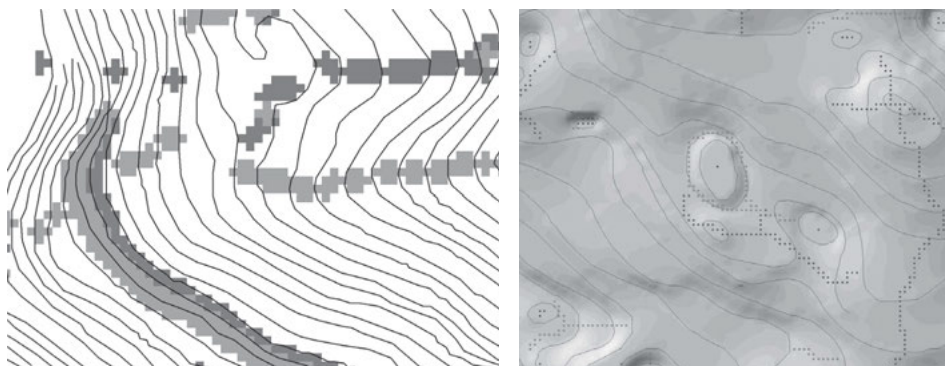
možnost je, da upoštevamo več modelov napak ali več različnih natančnosti ter vključimo tudi spremenljivko vpliva vegetacije in naklonov površja;

- simulacija napak naklonov (in ekspozicij) površja glede na napake DMR (Felicísimo 1994; Heuvelink 1998) in simulacija napak naklonov na TIN (Canters 1994);
- iskanje optimalne poti glede na nezanesljivost določitve ploskve; poraba energije pri gibanju (Ehlschlaeger in Shortridge 1996);
- simulacija napak hidrološke mreže; izkazalo se je, da že majhne napake modela reliefa močno vplivajo na izračun hidroloških značilnosti (Lee 1996); na napake vpliva tudi prostorska porazdelitev vzorca napak ter naklon površja (manjši je naklon, večje napake so možne; Veregin 1997);
- podobno kot v prejšnji alineji obravnavane napake hidrološke mreže je smiselno testirati tudi meje porečij – glej ugotovitve v Hutchinson in Dowling (1991) ter Wood (1996), kjer sicer ni povezave z metodami Monte Carlo; tudi testiranje dolžin vodotokov, značilnih črt in točk ipd. (Burrough in McDonnell 1998);
- simulacija napak plastnic (Peterca et al. 1974);
- simulacija za ovrednotenje primernih interpolacijskih parametrov (Burrough in McDonnell 1998) ipd.;
- pri pred tem omenjenih metodah Monte Carlo je smiselno izvesti tudi teste značilnosti Monte Carlo, na primer s primerjavo simuliranih slojev in sloja, za katerega menimo, da je pravičen (Openshaw 1992; Podobnikar 1998), ali pa s primerjavo distribucije napak glede na dejansko ugotovljene napake;
- izdelava fraktalnih ploskev (Wood 1996); metoda je uporabna za iste namene kot opisane metode Monte Carlo; spreminjanje fraktalnosti omogoča kontrolirano spreminjanje površja; pri tem lahko uporabljamo več metod;
- prikaz natančnosti in nedoločljivosti plastnic, izračunan z analitičnimi metodami (Tempfli 1980; Kraus 1994);
- odstopanje referenčnih točk od ploskve DMR, kar lahko prikažemo s »paličicami«, še najlepše v perspektivnem pogledu;
- prikaz naklonov DMR na območjih črt infrastrukture (ceste, železnice) če jih položimo prek DMR, lahko izračunamo naklone v smereh črt, ki jih potem vizualiziramo; označimo torej območja, kjer nakloni presegajo postavljeni prag.

3.4 *Neprostorske vizualizacije statističnih testiranj*

Oglejmo si še nekaj metod *neprostorske vizualizacije statističnih testiranj*:

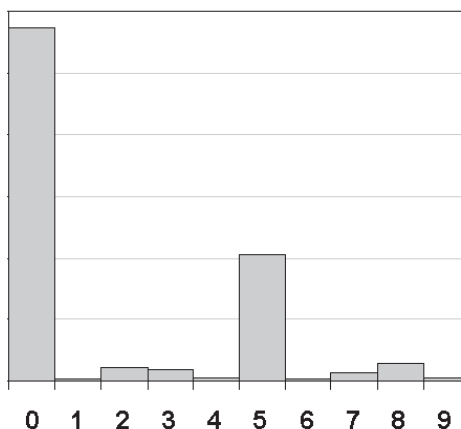
- histogram nadmorskih višin (Li 1998) ali ekspozicij in ukrivljenosti površja (Hutchinson in Gallant 1998):
 - vizualno ugotavljanje morebitnih nepravilnosti pri opazovanju frekvenc, kot je na primer izrazito zbiranje določenih višin ploskve okoli določenih vrednosti; histogram mora biti čim bolj zvezen glede na zvezno ploskev;
 - histogram relativnih nadmorskih višin (relativni histogram), ki je uporaben predvsem za DMR, izdelan iz plastnic; nadmorske višine vsakega intervala plastnic normiramo na vrednosti od nič do vrednosti ekvidistance; večja pravokotnost histograma pomeni večjo kakovost ploskve sloja (Carrara et al. 1997; slika 5);



Slika 4: Levo: napaka križanja plastnic (krog), ki se kaže kot lažna kombinacija grebena (temno sivo) in doline (svetlo sivo) pri samodejnem ustvarjanju območij grebenov. Desno: napaka napačnega atributa plastnic, ugotovljena s pomočjo senc in nenavadnega poteka značilnih linij (pikčasto).

- matrika sodogodka (angleško *co-occurrence*) za preučevanje zgradbe objektov; sicer se uporablja za analizo sivotonskih slik; na absciso nanesemo na primer nadmorsko višino, na ordinato pa povprečno nadmorsko višino bližnje okolice; z opazovanjem dobimo vpogled v avtokorelacijo ploskve, ki je večja, če se vrednosti zbirajo okoli glavne diagonale (Wood in Fisher 1993).

Slika 5: Relativni histogram za DMR 100. Vrednosti se zbirajo okoli plastnic z ekvidistanco 10 m ter okoli vmesnih vrednosti (5 m).



3.5 Druge vizualne metode

In še nekaj *drugih* metod vizualne ocene, ki ne spadajo v prej naštetе skupine:

- prikaz profilov ploskve sloja;
- opazovanje izrisovanja plastnic na »počasnih« računalnikih; v primeru znanega vrstnega reda izrisa, na primer hierarhičnega, od glavnih do pomožnih plastnic, lažje odkrivamo morebitne grobe napake (glej tudi Dobravec 2000);
- označevanje plastnic iz kartografskega gradiva z oznakami nadmorskih višin (Hutchinson in Gallant 1998).

4 SKLEP

Pri podrobnem pregledu in analizi posameznih metod kontrole kakovosti prostorskih podatkov v GIS se je pokazalo, da je spekter uporabe možnih vizualnih kontrol kakovosti obširnejši kot za statistične kontrole kakovosti. Poleg tega si upamo trditi, da postajajo vizualne metode kakovosti digitalnih podatkov (kamor spada tudi DMR) po uporabnosti enakovredne statističnim, v primerni kombinaciji z njimi pa pogosto tudi učinkovitejše.

Pri tem velja omeniti tudi problem uporabe metapodatkovnih zbirk. Dejanska kakovost prostorskih podatkov, ki jih vse pogosteje uporabljamo v GIS, je navadno manjša od pričakovane, natančneje, od parametrov, kakršne podajajo metapodatkovne zbirke. Poleg tega vsebujejo opisi v metapodatkovnih zbirkah navadno le statistične podatke o kakovosti, ne pa tudi geomorfoloških. Omenjene pomanjkljivosti pogosto povzročajo sive lase pri uporabi podatkov. Krivi so tudi pomanjkljivi standardi za metapodatke, ker ne vsebujejo vizualnih parametrov kakovosti (glej na primer ISO/TC 211 1997–2000).

Poleg tega lahko dobimo tudi zavajajoče informacije o kakovosti glede na razpoložljive metapodatke. Pogosto se namreč dogaja, da lastnik ali upravljalec določenih podatkov sploh ne ve, da ima slabše podatke, kot predvideva (glede na metapodatkovno zbirko). Vzrok so največkrat pomanjkljive metode kontrole kakovosti, ki se naslanjajo le na statistične analize ali pa na napačno interpretacijo rezultatov kontrol. Vizualne metode kontrole kakovosti prostorskih podatkov so pomembne in uporabne predvsem pri zveznih slojih ali ploskvah.

Glede na pomembnost vizualnih metod pri kontroli in ovrednotenju kakovosti prostorskih podatkov, kar obravnava prispevek, bi morali standardizirani metapodatki vsebovati tudi primerno vizualizacijo dejanskih podatkov, ki bi dodatno opisovala njihovo kakovost.

VIRI IN LITERATURA

- Ackermann, F. 1978: Experimental Investigation into the Accuracy of Contouring from DTM. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, letnik 44, št. 12, str. 1537–1548.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A. 1998: *Principles of Geographical Systems Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford University Press, (Oxford, Velika Britanija), 333 str.
- Canters, F. 1994: Simulating error in triangulated irregular network models. *EGIS/MARI '94*, (Amsterdam, Nizozemska), str. 169–178. <http://www.odyssey.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/egis/eg94019.html>
- Carrara, A., Bitelli, G., Carla', R. 1997: Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines. *International Journal Geographical Information Science*, letnik 11, št. 5, str. 451–473.
- Cheng, Y. C., Lee, P. J., Lee, T. Y. 1999: Self-similarity dimensions of the Taiwan Island landscape. *Computers and Geosciences*, Geological Survey of Canada, Elsevier Science, letnik 25, št. 9, str. 1043–1050. <http://www.elsevier.nl/gej-ng/10/13/38/show/index.htm>

- Dobravec, J. 2000: Postopek izdelave digitalnega modela reliefa Triglavskega narodnega parka. *Geodetski vestnik*, (Ljubljana), letnik 44, št. 4, str. 384–389.
- Eastman, J. R. 1997: IDRISI for Windows (software documentation, version 2.0). Clark University. Graduate School of Geography, (Worcester, ZDA).
- Ecker, R. 1999: Homogenisierung digitaler Geländemodelle unterschiedlicher Genauigkeit mittels linearer Prädiktion und robuster Schätzung. /delovna verzija/, (Dunaj, Avstrija), 8 str.
- Ehlschlaeger, C. R., Shortridge, A. 1996: Modelling elevation uncertainty in geographical analyses. Kraak, M. J., Molenaar, M. (ur.), *Advances in GIS Research II : Proceedings 7th. International Symposium on Spatial Data Handling*, (Delft, Nizozemska), str. 9B.15–9B.25.
- Felicísimo, A. M. 1994: Parametric statistical method for error detection in digital elevation models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, letnik 49, št. 4, str. 29–33. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/SIG/ICA95.html>
- Fisher, P. F. 1996: Animation of Reliability in Computer-generated Dot Maps and Elevation Models. *Cartography and Geographic Information Systems*, letnik 23, št. 4, *Journal of American Congress on Surveying and Mapping*, (ZDA).
- Frederiksen, P., Jacobi, O. 1980: *Terrain Spectra*. Technical University Denmark, (Danska).
- Goodchild, M. F. 1995: Attribute accuracy. Guptill, S. C., Morrison, J. L. (ur.): *Elements of spatial data quality*. Elsevier, str. 59–80.
- Held, R., Rekosh, J. 1963: Motor-sensory feedback and geometry of visual space. *Science*, št. 141, New York, (ZDA).
- Heuvelink, G. B. M. 1998: *Error Propagation in Environmental Modelling with GIS*. Taylor & Frances, London, Bristol.
- Hutchinson, M. F., Dowling, T. I. 1991: A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia. *Hydrological Processes*, John Wiley & Sons, št. 5, str. 45–58.
- Hutchinson, M. F., Gallant J. C. 1998: Representation of terrain. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (ur.): *Geographical information systems : Principles and Technical Issues*. John Wiley & Sons, New York, str. 105–124.
- ISO/TC 211 1997–2000: (International Standard Organization) *Geographic Information/ Geomatic*. (dokumenti v povezavi s kakovostjo)
- Ivačič, M. 1996: Izbrane metode ugotavljanja kakovosti prostorskih podatkov v geografskih informacijskih sistemih. Magistrska naloga, FGG, Oddelek za geodezijo, Univerza v Ljubljani, 123 str., Ljubljana.
- Ivačič, M. 1998: Kakovost digitalnega modela reliefa na primeru enostavne hidrološke analize. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998*, str. 91–97, Ljubljana.
- Kraus, K. 1994: Visualization of the Quality of Surfaces and Their Derivatives. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, letnik 60, št. 4, str. 457–462.
- Larson, K. S. 1996: Error Detection and Correction of Hypsography Layers. *Proceedings, Sixteenth Annual ESRI User Conference*, 20.–24. maj 1996. Environmental Systems Research Institute, Inc., (Redlands, Kalifornija, ZDA). <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/papers/P178.html>.
- Lee, J., Marion, L. K. 1994: Analysis of Spatial Autocorrelation of U.S.G.S. 1:250,000 Digital Elevation Models. *GIS/LIS*, (ZDA, str. 504–513. <http://www.sgi.ursus.maine>.

- edu/gisweb/spatdb/gis-lis/gi94064.html.
- Lee, J. 1996: Digital Elevation models: Issues of Data Accuracy and Applications. 1996 ESRI User Conference, (Palm Springs, Kalifornija, ZDA), 20.–24. maj. <http://www.esri.com/library/userconf/proc96/TO150/PAP145/P145.HTM>
- Li, M. 1998: Error and Uncertainty Management of Spatial Databases in GIS. Seminar. Key Centre for Social Applications of GIS, School of Geoinformatics, Planning and Building, University of South Australia, (Avstralija). <http://www.gisca.adelaide.edu.au/~mli/gpbsem/index.htm>
- López, C. 2000: On the improving of elevation accuracy of Digital Elevation Models: a comparison of some error detection procedures. *Transactions on GIS*, letnik 1, št. 1. <http://www.clearinghouse.com.uy/~carlos/papers/tog2000/>.
- Martinoni, D., Bernhard, L. 1998: A Conceptual Framework for Reliable Digital Terrain Modelling. *Proceedings 8th Symposium on Spatial Data Handling*, (Vancouver, Kanada), str. 737–750. <http://www.geo.unizh.ch/gis/research/dtm/papers/>
- Nackaerts, K., Govers, G., van Orshoven, J. 1999: Accuracy assessment of probabilistic visibilities. *International Journal of Geographical Information Science*, letnik 13, št. 7, str. 709–721.
- Openshaw, S. 1992: Learning to live with errors in spatial databases (Chapter 23). Goodchild, M., Gopal, S. (ur.): *Accuracy of spatial databases*. Taylor & Frances, str. 263–276.
- Östman, A. 1987: Quality control of photogrammetrically sampled digital elevation models. *Photogrammetric Record*, št. 12 (69), april 1987, str. 333–341.
- Podobnikar, T. 1998: Monte Carlo simulacije napak digitalnega modela višin. Krevs, M., Perko, D., Podobnikar, T., Stančič, Z. (ur.): *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998*. ZRC SAZU, (Ljubljana), str. 99–110.
- Podobnikar, T. 1999: Monte Carlo Simulations in Slovenia. *Modelling and Visualisation of Spatial Data Error*. *GIM International*, 7/13, str. 47–49. Nizozemska.
- Podobnikar, T. 2001: Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti/ Digital Terrain Model from Various Data Sources of Different Quality. *Doktorska disertacija*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 343 str., Ljubljana.
- Rieger, W. 1992: *Hydrologische Anwendungen des digitalen Geländemodelles*. Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Heft 39, *Doktorska disertacija*, (Dunaj, Avstrija), 97 str.
- Russell, E., Kumler, M., Ochis, H. 1995: Identifying and removing systematic errors in USGS DEMs. *GIS in the Rockies conference Proceedings (poster)*, (Denver, Kolorado, ZDA), 25.–27. September. http://www.ctmap.com/gis_journal/techno.html.
- Russell, E., Ochis, H. 1995: Mitigation Methods for Systematic Errors in USGS DEMs. (ZDA). http://www.ctmap.com/gis_journal/techno.html.
- Skidmore, A. K. 1997: GIS Applications and use of digital terrain modelling. *Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information*, Austria Center, (Dunaj, Avstrija), št. 1, str. 442–463.
- Tempfli, K. 1980: Spectral analysis of terrain relief for the accuracy estimation of digital terrain models. *XIVth ISP Congress, Commission II*, (Hamburg, Nemčija).
- Tempfli, K. 1999: *DTM Accuracy Assessment*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).

- USGS 1998: (United States Geodetic Survey) Digital Elevation Model Standards. <http://rmmcweb.cr.usgs.gov/public/nmpstds/demstds.html>, <http://rockyweb.cr.usgs.gov/nmpstds/demstds.html>.
- Veregin, H. 1997: The effects of Vertical Error in Digital Elevation Models on the Determination of Flow-path Direction. *Cartography and Geographic Information systems*, letnik 24, št. 2, str. 67–79.
- Wiggenhagen, M. 2000: Development of real-time visualization tools for the quality control of digital terrain models and orthoimages. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, (Amsterdam, Nizozemska), št. XXXIII, del B2, str. 987–993.
- Wood, J. D., Fisher, P. F. 1993: Assessing interpolation accuracy in elevation models. *IEEE Computer Graphics and Applications*, letnik 13, št. 2, str. 48–56.
- Wood, J. 1996: *The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models*. Doktorska disertacija, Department of Geography, University of Leicester, (Velika Britanija). http://www.geog.le.ac.uk/jwo/research/dem_char/thesis/index.html.
- Uporabljeni testni podatki: © Geodetska uprava Republike Slovenije.

MODELIRANJE PRETEKLIH ZVOČNIH KRAJIN

Dimitrij Mlekuž*

UDK 902:659.2:004

Izyleček

Modeliranje preteklih zvočnih krajin

Ljudje dojemamo pokrajine preko spektra čutov. Dosedanje GIS-študije preteklih pokrajin so se osredotočale na en sam čut – vid. V prispevku predstavljam koncept zvočne krajine in opišem implementacijo tega teoretskega koncepta v GIS.

Ključne besede

zvočna krajina, percepcija, mehke množice, arheologija, geografski informacijski sistem

Abstract

Modelling the past soundscapes

People perceive landscapes through a variety of senses. GIS studies of past landscapes have been concentrated on one sense only – vision. In the paper I introduce the concept of soundscape and describe the implementation of this theoretical concept in GIS.

Keywords

soundscape, perception, fuzzy sets, archaeology, geographical information system

1 UVOD

Uporaba geografskih informacijskih sistemov v arheologiji v poznih osemdesetih in zgodnjih devetdesetih letih je pomenila pravo revolucijo v preučevanju arheoloških krajin (cf. Stančič in Gafney 1991). V tem prvem obdobju so se arheološke študije osredotočale na lokacijske analize in analize poselitvenih vzorcev in so temeljile na nizu standardnih orodij, dostopnih v GIS.

V zadnjem času pa se čedalje več pozornosti preusmerja k vključevanju teoretskih konceptov moderne arheologije krajine v GIS. Nastajajo t. i. humanistični, reflektivni ali GIS-i čutov (ang. *humanistic, reflexive, sensuous GIS*; cf. Gillings in Goodrick 1996), imena, ki opozarjajo tako na humanistično – interpretativno epistemologijo teh študij, njihovo ekspliciranje teoretskih vprašanj in osrednjo vlogo percepcije pri študiju odnosov med ljudmi in pokrajinami.

Vendar trenutne arheološke študije percepcije bolehajo za enakimi težavami, kot prva generacija aplikacij GIS – temeljijo na generičnem nizu orodij, ki so del komercialnih paketov GIS. Tako so orodja tista, ki narekujejo raziskovalna vprašanja in vodijo tok raziskave.

Pri pisanju prispevka me je vodilo prepričanje, da morajo raziskave oblikovati svoja

* Oddelek za arheologijo Filozofske fakultete, Univerza v Ljubljani, Zavetiška 5, 1000 Ljubljana, dimitrij.mlekuz@uni-lj.si

orodja in ne obratno. Poglavitni izziv moderni arheologiji je oblikovanje novih konceptov, pristopov in orodij, ki omogočajo razumeti in oživeti preteklost. Zato menim, da je izziv kreativni uporabi arheološkimi GIS oblikovanje novih orodij, izhajajočih iz sodobnih arheoloških teorij in raziskav.

Ta prispevek je primer implementacije teoretskega modela t. i. *zvočne krajine* v GIS-u v luči sodobnih antropoloških pristopov k pokrajini. Geografski informacijski sistem sem uporabil kot hevristično orodje za razumevanje kompleksnosti odnosov med ljudmi in pokrajino.

Rezultat je novo orodje, model zvočne krajine, ki nam v povezavi z ostalimi modeli percepcije (cf. Wheatley in Gillings 2000) omogoča holistično razumevanje odnosov med posamezniki in kraji(nami).

2 PERCEPCIJA, GIS IN ARHEOLOGIJA

Krajine ustvarjajo ljudje – skozi svojo percepcijo in ukvarjanje z svetom okoli njih (Bender 1993, str. 11). Socialna krajina se tako oblikuje skozi percepcijo, človeške senzorične zmožnosti omogočajo izkušnjo sveta preko čutov okusa, tipa, vonja, vida in sluha. Naša zmožnost razumevanja sveta temelji na teh čutih.

Za modeliranje percepcije v GIS so pomembni predvsem zadnji trije čuti (vonj, sluh, vid), saj omogočajo posredno percepcijo okolja brez potrebe po bližnjem telesnem stiku in tako omogočajo pokrivanje večjih in oddaljenejših pojavov (Tschan et al. 1996, str. 44-45).

GIS-študije arheoloških socialnih krajin so se – v želji po bolj humanističnem pristopu k arheološkim krajinam – osredotočile na modeliranje percepcije posameznika v krajini, a so se omejile na uporabo ene same skupine orodij – analize vidnosti (ang. *viewshed*, *line of sight*). Poleg tega, da te študije podlegajo enaki težavi kot GIS-študije prve generacije – orodja vodijo raziskave – reducirajo percepcijo na en sam čut – vid.

To je najbrž posledica prevladujoče vloge vida in vidnih zaznav v zahodni kulturi (t. i. vizualna kultura) in dostopnosti orodij za analizo vidnosti. Če je vid že dobro integriran v humanistični GIS (cf. Wheatley in Gillings 2000) se v tem prispevku posvečam sluhu.

3 ZVOČNA KRAJINA

V gozdu je padlo drevo in tam ni bilo nikogar, ki bi ga slišal. Je nastal zvok? Ne. Nastalo je zgolj organizirano premikanje molekul v zraku, razlike v tlaku – premiku ali hitrosti delcev, ki se razširjajo v elastičnem mediju – zraku. Zvok pa je slušni občutek, ki nastane v ušesu kot posledica organiziranega premika molekul.

Nauk zgodbe je, da sta za poslušanje potrebna dva, izvor zvoka in poslušalec. Izvor zvoka ustvarja organizirano premikanje molekul v zraku, poslušalec pa preko ušesa iz tega ustvari zvok v svoji glavi. Zvok ima za poslušalca mnogo kvalitet, ki jih opišemo kot glasnost, ton, barva, ... S pomočjo namigov iz majhnih razlik v gibanju molekul lahko poslušalec natančno določi izvor zvoka, to je t. i. smerno dožemanje (ang. *binaural location*).

Ljudje živimo potopljeni v svetu zvokov, *akustičnem prostoru* (ang. *acoustic space*). Vendar niso vsi zvoki enako pomembni. Ljudje dajemo različnim zvokom različne pome-

ne, nekateri so vsakdanji del naših življenj, spet drugi tuji in moteči, tretji vir informacij in pomenov.

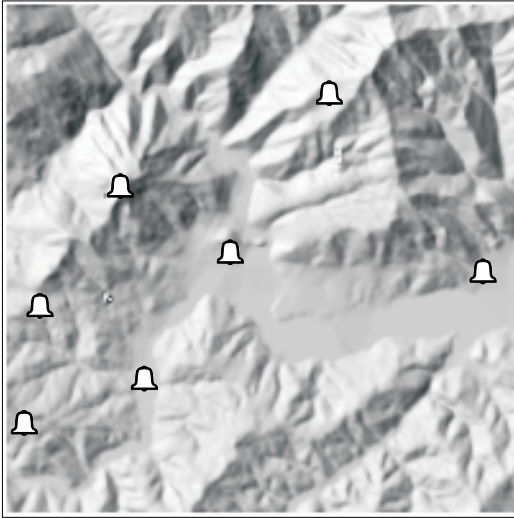
Da bi razumel vlogo zvokov v družbenem vsakdanjiku je kanadski muzikolog in komunikolog R. Murray Schafer (1994) iznašel koncept *zvočne krajine* (ang. *soundscape*). Ta temelji na predpostavki, da niso vsi zvoki, ki nas obdajajo, enako pomembni. Murray Schaffer razdeli zvočno krajino na več komponent. Prvo predstavljajo *vodilni zvoki* (ang. *keynotes*), to so zvoki v »ozadju«, zvoki, ki so tako običajni, da nanje nismo pozorni. Primer je šumenje vode za ljudi, ki živijo ob vodi ali poletna pesem škrlatov. Pomembnejši so *zvočni signali* (ang. *sound signals*), zvoki v »ospredju«, ki pritegnejo pozornost in nosijo informacije. Dober primer je hupanje avtomobila za nami, ko se vozimo po cesti. Zvočni signali, ki so posebej pomembni za neko skupnost, so *razpoznavni zvoki* (ang. *soundmarks*). V nadaljevanju si bomo ogledali primer zvonjenja kot razpoznavnega zvoka srednjeveške krajine (Schaffer 1994; Wrightson 2000, str. 10).

Za razumevanje zvočne krajine potrebujemo še koncept zvočnega horizonta (ang. *acoustic horizon*), ki je skrajni rob, do koder se neki zvok sliši. Zvočna krajina je lahko – prav tako kot krajina – del posameznikove identitete. Razmerje med zvočno krajino in krajino je podobno razmerju med sluhom in vidom. Če je krajina to kar vidimo (cf. Ingold 1993), je zvočna krajina to kar slišimo. Potemtakem je pokrajina holističen koncept, ki vsebuje tako (vidno) krajino, zvočno krajino, krajino vonjev, okusov in otipov.

4 MODELIRANJE ZVOČNE KRAJINE

Sestavili bomo model poznosrednjeveške zvočne krajine Polhograjskega hribovja (slika 1), pokrajine s razgibano topografijo in mnogimi cerkvami – večina jih je bilo zgrajenih do konca 15. stoletja – ki obvladujejo pokrajino. Poleg vizualne dominacije cerkva je bilo zvonjenje eden pglavitnih znakov človeške in cerkvene prisotnosti v pokrajini. Zvonjenje je bilo medij prenosa informacij, saj je skupnosti obveščalo o pomembnih dogodkih, kot so prazniki, smrti, nesreče, ... Ustvarjalo je ritme socialnega časa in tako oblikovalo časovnost (ang. *temporality*; cf. Ingold 1993) krajine. Bilo je tudi nosilec identitete. Vsaka skupnost je prepoznavala zvok »svoje« cerkve in tekmovala s sosednjimi v glasnosti in ubranosti zvonjenja. Zvonjenje je bilo tudi pomemben medij s katerim je cerkev ideološko obvladovala krajino, saj se je slišalo tudi tam in takrat, kjer in ko se cerkva ni videlo. O tem pričajo mnoge vraže o poganskih obredih in bajnih bitjih, ki imajo moč le izven akustičnega horizonta zvonov.

Prvi korak pri modeliranju zvočne krajine je modeliranje širjenja zvoka v prostoru. Okolje vpliva na razširjanje zvoka na zelo kompleksen način, kjer je vpleten skoraj vsak vidik naravnega okolja. Na širjenje zvoka v zraku preko neke pokrajine vplivajo skoraj vsi atmosferski dejavniki (temperaturni gradienti, vetrovi, delež vodne pare v ozračju, ...) in tudi odboji, absorpcije in ukloni na vsaki površini, s katero je zvok v stiku (pomembne so torej lastnosti površin, kot je topografija, vegetacija, tekstura, ...). Modeliranje širjenja zvoka v poljubni krajini je torej računsko zelo zahteven postopek, ki je odvisen od mnogih spremenljivk, katerih vrednosti v najboljšem primeru poznamo zelo slabo (Smith et al. 1996, str. 63-67). Še posebej to velja za preteklost. Rekonstrukcija zvočnega okolja v preteklosti – zamrznjenih zvokov v nekem trenutku – je torej nemogoča.



Slika 1: Študijsko območje: okolica Polhovga Gradca s cerkvami. Velikost območja je 5 krat 5 km.

Na srečo definicija zvočne krajine ne zahteva natančnega modeliranja zvokov v nekem prostoru. Če je zvočna krajina vzorec socialno konstruiranih zvokov v krajini, ni zamrznjen trenutek, temveč rezultat dolgoročnega bivanja ljudi v krajini.

Model zvočne krajine vsebuje pogoste zvoke, katerih širjenje v prostoru je odvisno od stabilnih (dolgoročnih) lastnosti krajine (topografije, vegetacije,...) in manj od nestabilnih (kot je na primer stanje atmosfere, razen, če gre za prevladujoče vzorce stanja v atmosferi). Tako je prvi korak k modeliranju zvočne krajine konstruiranje akustičnih horizontov pomembnih virov razpoznavnih zvokov, v tem primeru zvonov.

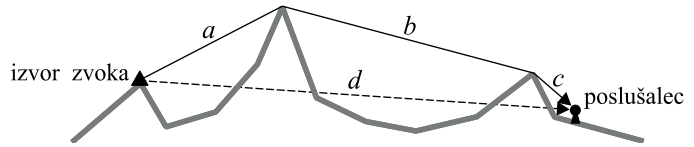
To opravi modul, imenujmo ga *horizont*, katerega vhodni podatki so digitalni model višin, položaj izvora zvoka (točka), glasnost izvora zvoka in valovna dolžina izvora zvoka (skalarja). Rezultat je glasnost izvora zvoka za vsako rastersko celico. Ta sloj prekvalificiramo v binarni sloj, kjer imajo vrednosti večje od 0 vrednost 1, manjše ali enake 0 pa vrednost 0. Rezultat je torej binarni akustični horizont (slika 4).

Edina spremenljivka, ki jo model trenutno upošteva, je topografija. Model oponaša širjenje zvoka iz točkastega izvora po znani formuli za širjenje zvoka iz točkastega izvora, $L_r = L_R - 20 \log_{10}(R/r) - E$, kjer je L_r glasnost zvoka v razdalji r , L_R glasnost zvoka v neki znani razdalji R in E izgube zaradi uklona zvoka na topografiji. Vrednosti E izračunamo s pomočjo metode, ki jo je razvil Z. Maekawa (1968), kjer je $E = 10 \log_{10}(3 + 40d/l)$; l je valovna dolžina zvoka in d razlika med neposredno dolžino in dolžino poti zvoka preko topografije ($a+b+c-d$ na sliki 2).

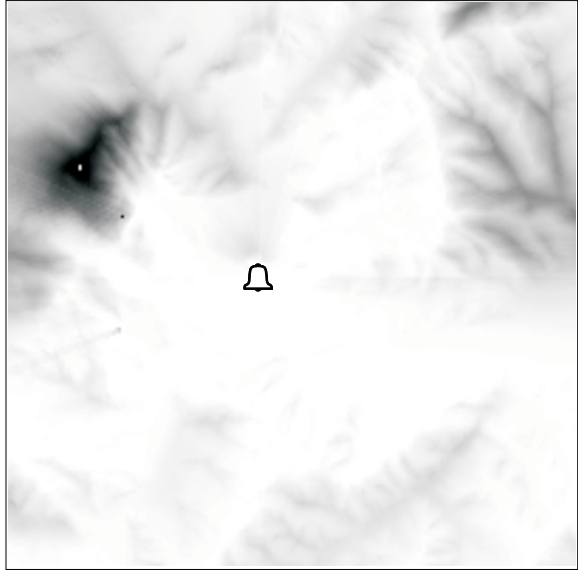
Vrednosti d izračuna s pomočjo tehnike sledenja žarku (ang. *raytracing*) modul *sledi-žarku*. Rezultat so nekakšne »zvočne sence« (slika 3), modul pa se da uporabiti tudi za modeliranje vidnosti, saj so celice, katerih d je enaka 0, vidne iz izvora zvoka. Poglavitna slabost modula je, da upošteva le vertikalne uklone (uklone »čez«), ne pa tudi horizontalnih (ukloni »okoli«).

Radij akustičnega horizonta je močno odvisen od mnogih okoljskih spremenljivk (glej zgoraj). Zato je rezultat modula *horizont* – binarni model akustičnega horizonta – naiven,

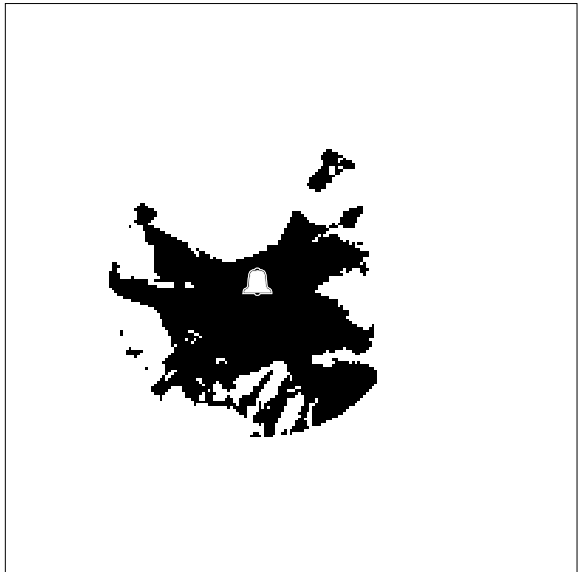
Slika 2: Princip delovanja modula sledenja žarku.



Slika 3: Rezultat sledenja žarku iz cerkve Marijinega rojstva v Polhovem Gradcu.



Slika 4: Binarni akustični horizont cerkve Marijinega rojstva pri 90 dB in valovni dolžini 0,44 m.



neustrezen in zavajajoč.

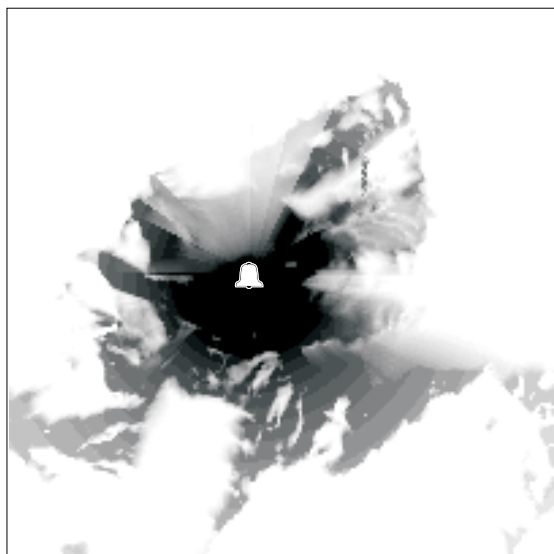
Ker negotovosti in nejasnosti, posledice nepoznavanja vseh spremenljivk, ki lahko definirajo obliko akustičnega horizonta, ne moremo odpraviti, jih raje vključimo v model.

Dvoumnost vključimo v model z modeliranjem zvočnega horizonta kot mehke množice (za pregled teorije mehkih množic glej npr. Bandemer in Siegfried 1996 ali Virant 1992; vključevanje mehkih množic v GIS je zelo dinamično in hitro rastoče polje, za pregled glej npr. Burrough in Frank 1996). To lahko utemeljim z mislijo L. A. Zadeha (1980), pionirja mehke logike, ki pravi, da »v splošnem velja, da sta kompleksnost in natančnost v obratnem razmerju; ko se kompleksnost problema povečuje, upada možnost, da ga analiziramo v preciznih terminih«. Pristopi z mehкими množicami so primerni za kompleksne situacije, kjer so nekatere spremenljivke slabo definirane (cf. Gillings 1998). Modeliranje slišnosti pa je prav tak problem.

V praksi sem se odločil, da je akustični horizont mehka množica s pripadnostno funkcijo, ki določa, da so celice znotraj intervala binarnega akustičnega horizonta izvora zvoka s glasnostjo 80 dB in valovno dolžino 0,67 m gotovo slišne, celice zunaj horizonta zvoka s glasnostjo 100 dB in valovno dolžino 0,34 m pa gotovo neslišne. Za celice, ki ležijo v akustičnih horizontih med obema ekstremoma, je pripadnost določena s številom horizontov v katerih ležijo, ko se glasnost spreminja za 1 dB in valovna dolžina za 0,1 m.

Pomembno je, da pristop z mehкими množicami ne zamenja binarne opozicije (slišno/neslišno) z enako naivno in neustrezno tripartitno delitvijo (slišno/manj slišno/neslišno). Razumeti ga moramo kot globlji izziv ideji o obstoju ostro definiranih kategorij, ki jih lahko prepoznamo in modeliramo. Pristop priznava tudi dinamično, vedno spreminjajočo se naravo zvočne krajine.

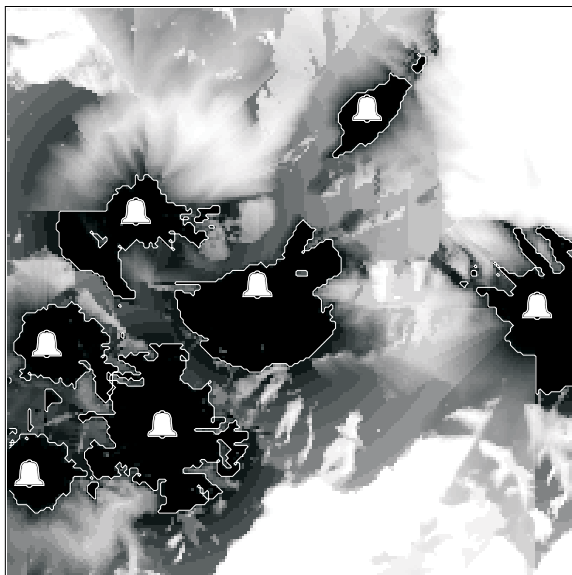
Modul, imenujmo ga *mehki-horizont*, z enakimi vhodnimi podatki kot modul *horizont*, vrne sloj z mehkim horizontom izvora zvoka (slika 5).



Slika 5: Mehki akustični horizont cerkve Marijinega rojstva.

Digitalni model zvočne krajine (slika 6) dobimo tako, da modeliramo mehki akustični horizont za vsak zvočni signal, v našem primeru zvon. Dodamo lahko še sloj z zvočnim ozadjem, ki je splošna mehka unija mehkih akustičnih horizontov izvorov zvokov zvočnega ozadja.

Slika 6: Zvočna krajina srednjeveške Polhograjskega hribovja: Splošna mehka unija vseh mehkih zvočnih horizontov. Zaradi preglednosti so s svetlo črto označeni obrisi gotovo slišnih delov akustičnih horizontov.

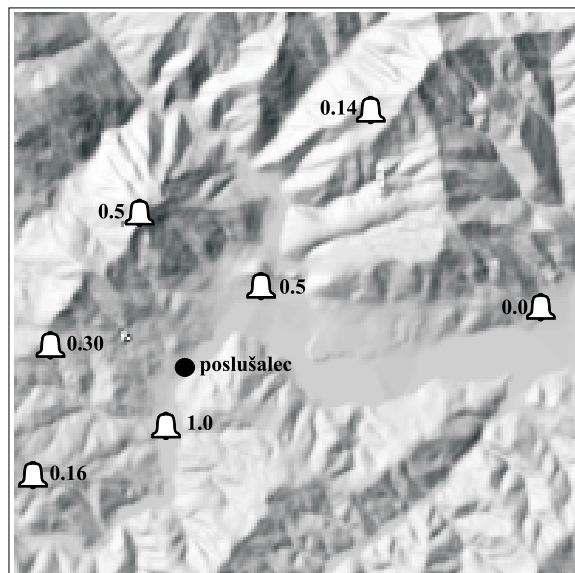


Vidimo (slika 6), da je večji del študijskega območja znotraj akustičnih horizontov cerkva. Vasi so brez izjeme vse v akustičnih horizontih svojih cerkva, kar ni presenetljivo, zanimivi pa so položaji nekaterih cerkva – pogosto starejših, ki so locirane na strateških mestih, daleč od vasi in katerih namen je obvladovanje krajine in zvočne krajine Polhograjskega hribovja. Natančna analiza srednjeveške pokrajine Polhograjskega hribovja bo predmet posebne študije (Mlekuž in Županek v pripravi).

Prvi korak je bilo modeliranje zvočne krajine, rezultat je množica slojev z mehкими zvočnimi horizonti izvorov zvokov ter sloj, ki vsebuje zvočno ozadje. Naslednji korak je modeliranje slušne percepcije posameznika v pokrajini. Od modula, imenujmo ga *karta-slišnosti*, katerega vhodni podatka sta položaj poslušalca in zvočna krajina pričakujemo, da vrne izvore zvokov, ki jih poslušalec na nekem mestu lahko sliši, torej množico točk s atributom, ki kaže »mehkost« slišnosti določenega izvora zvoka. Na slišnost in natančnost smernega dojetanja vpliva tudi zvočno ozadje, saj zniža prag slišnosti zvočnega signala, gre za t. i. maskiranje (ang. *masking*).

5 SKLEP

Digitalni model zvočne krajine je torej množica slojev mehkih zvočnih horizontov, množica izvorov zvokov (točk) ter slojev z zvočnim ozadjem. Ekvivalent karte vidnosti (ang. *viewshed map*) je karta slišnosti, ki pa ne vsebuje površin, temveč točke – izvore zvoka – skupaj



Slika 7: Karta slišnosti. Številke pri izvoriščih zvoka predstavljajo mehko slišnost.

Vsi opisani moduli so implementirani kot skripti v jezikih Perl in Bash znotraj geografskega informacijskega sistema GRASS, izvorna koda je dostopna pri avtorju.

s mehkim atributom slišnosti. Model zvočne krajine ni okoljska spremenljivka, čeprav je odvisna tudi od okoljskih parametrov (v tem primeru topografije), temveč družbeni konstrukt, produkt in medij družbene akcije.

Da bi razumeli odnose med ljudmi in pokrajinami holistično, digitalni model zvočnih krajin ne sme postati zgolj še en modul poleg modula za analizo vidnosti, temveč nov korak k integriranju vseh čutov v resnično multisenzorični GIS.

VIRI IN LITERATURA

- Bandemer, H. in Siegfried, G. 1996: Fuzzy sets, fuzzy logic, fuzzy methods: with applications. New York.
- Bender, B. 1993: Introduction: Landscape – meaning and action, v: B. Bender (ur.): Landscape: Politics and Perspectives. Oxford.
- Burrough, P. A. in Frank, A. U. (ur.) 1996: Geographic objects with indeterminate boundaries. London.
- Gillings, M. 1998: Embracing uncertainty and challenging dualism in the GIS-based study of palaeo-flood plain. European Journal of Archaeology 1(1). London.
- Gillings, M. in Goodrick, G. T. 1996: Sensuous and reflexive GIS: exploring visualisation and VRML. Internet Archaeology 1. http://intarch.ac.uk/journal/issue1/gillings_index.html.
- Ingold, T. 1993: The temporality of the landscape. World Archaeology 25(2). London.
- Maekawa, Z. 1968: Noise reduction by screens. Applied acoustics 1. New York.
- Schaffer, R. M. 1994: The soundscape. Vermont.
- Smith, J., Peters, R. J. in Owen, S. 1996: Acoustic and noise control. London.
- Stančič, Z. in Gaffney, V. 1991: Napovedovanje preteklosti, uporaba GIS v arheološki študiji otoka Hvara. Ljubljana.

- Truax, B. 1999: Handbook for acoustic ecology. CD-ROM, Cambridge.
- Tschan, A., Raczkowski, W. in Latałowa, M. 1996: Perception and viewsheds: are they mutually inclusive?, v: G. Lock (ur.): Beyond the map. Amsterdam.
- Virant, J. 1992: Uporaba mehke logike v sodobnih sistemih. Radovljica.
- Wheatley, D in Gillings, M. 2000: Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility, v: G. Lock (ur.): Beyond the map. Amsterdam.
- Wrightson, K. 2000: An introduction to acoustic ecology. Soundscape 1(1). London.
- Zadeh, L. A. 1980: Foreword, v: Wang, P. P. in Chang, S. K. (ur.): Fuzzy sets: theory and applications to policy analysis and information systems. New York.

UGOTAVLJANJE UKRIVLJENOSTI POVRŠJA Z DIGITALNIM MODELOM VIŠIN IN NJENA UPORABNOST V GEOMORFOLOGIJI

Mauro Hrvatin* in Drago Perko**

UDK 91:659.2:004:551.4

Izvleček

Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin in njena uporabnost v geomorfologiji

Ukrivljenost površja je odvisna od prostorskega spreminjanja naklona in ekspozicije. Ločimo navpično ukrivljenost površja, ki pomeni stopnjo prostorskega spreminjanja naklona površja, in vodoravno ukrivljenost površja, ki pomeni stopnjo prostorskega spreminjanja ekspozicije površja. Računalniško ugotavljanje ukrivljenosti površja je pomembna kvantitativna morfometrična metoda predvsem za geomorfološko preučevanje pobočij.

Ključne besede

ukrivljenost površja, navpična ukrivljenost, vodoravna ukrivljenost, digitalni model višin, geomorfologija, geografija, Slovenija

Abstract

Determination of surface curvature by digital elevation model and its application in geomorphology

Surface curvature depends on the rate of change of slope inclination and aspect, usually in a particular direction. It comprises profile and plan curvature. Profile curvature is the rate of change of slope inclination along a flow line, while plan curvature is the rate of change of aspect along a contour. The determination of surface curvature is an important quantitative morphometric method in the geomorphological analysis of hillslopes.

Keywords

surface curvature, profile curvature, plan curvature, digital elevation model, geomorphology, geography, Slovenia

1 UVOD

S preučevanjem razgibanosti površja so se na različne načine ukvarjali številni geografi, predvsem geomorfologi, in raziskovalci sorodnih znanosti (Perko 2001, 27–29), razvoj geografskih informacijskih sistemov pa je prinesel še nove možnosti. Med njimi je tudi možnost ugotavljanja ukrivljenosti površja iz podatkov digitalnega modela nadmorskih višin površja (Enander 1998; Wood 1996).

Prostorsko spreminjanje *nadmorskih višin površja* lahko opazujemo glede na vodoravno ravnino in ga izrazimo z *naklonom površja* ali glede na navpično ravnino in ga izrazimo z *ekspozicijo površja*. Naklon in ekspozicija površja sta torej stopnja spreminjanja nadmorske višine površja na dolžinsko enoto in ju običajno navajamo v kotnih enotah.

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

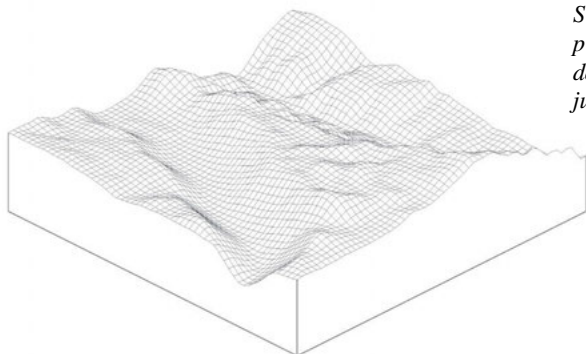
** dr., Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, drago@zrc-sazu.si

Če izračunamo prostorsko spreminjanje naklona ali ekspozicije površja, dobimo *ukrivljenost površja*, ki je razmerje med kotno in dolžinsko enoto, običajno med stopinjo ali radianom na meter, in je obratnosorazmerna z velikostjo oziroma polmerom pripadajočega namišljenega kroga. Na primer, če ima neko pobočje ukrivljenost 0,01 radiana na m (približno 0,57 stopinje na m), to pomeni, da mu lahko včrtamo krog s polmerom 100 m. Pozitivne vrednosti ukrivljenosti površja pomenijo konkavno ali vbočeno površje, negativne vrednosti pa konveksno ali izbočeno površje. Ukrivljenost 0 pomeni, da se naklon ali ekspozicija površja spreminjata enakomerno, premočrtno in da ima namišljeni krog neskončno velik polmer, kar pomeni, da je krog pravzaprav premica.

Ločimo dve vrsti ukrivljenosti površja: *navpična ukrivljenost površja* je ukrivljenost glede na vodoravno ravnino in pomeni stopnjo spreminjanja naklona površja, *vodoravna ukrivljenost površja* pa ukrivljenost glede na navpično ravnino in pomeni stopnjo spreminjanja ekspozicije površja. Obe ukrivljenosti sta pravokotni ena na drugo.

V matematičnem smislu naklon in ekspozicija površja slonita na prvem odvodu, navpična in vodoravna ukrivljenost površja pa na drugem odvodu spreminjanja nadmorske višine površja.

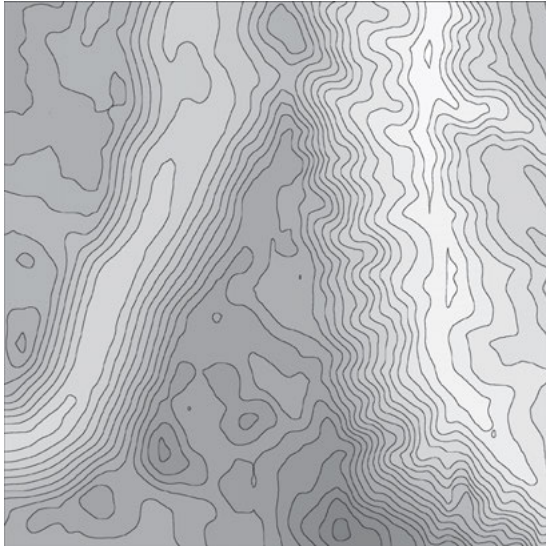
Ukrivljenost površja prikazujejo slike s 36 km² velikim izsekom iz stometrskega digitalnega modela nadmorskih višin Slovenije na reliefno zanimivem območju med suhim Čepovanskim dolom, ki loči zakraseli visoki dinarski planoti Trnovski gozd in Banjšice, ter razgibano dolino s Trebuščico, ki se izliva v Idrijco (sliki 1 in 2). Pripravljene so s programom SURFER (1999), ki ukrivljenost površja za vsako točko izračuna na podlagi nadmorskih višin izhodiščne točke T_1 ter točk T_s severno do nje, T_{sv} severovzhodno od nje, T_v vzhodno od nje, T_{jv} jugovzhodno od nje, T_j južno od nje, T_{jz} jugozahodno od nje, T_z zahodno od nje in T_{sz} severozahodno od nje, torej vseh osmih najbližjih sosednjih točk.



Slika 1: Navidezni trirazsežnostni prikaz območja med Čepovanskim dolom in dolino Trebuščice (pogled z jugozahoda).

1.1 Navpična ukrivljenost površja

Navpična ukrivljenost površja, ki ji lahko rečemo tudi prerezna, narisna ali naklonska ukrivljenost (angleško *vertical curvature*, *profile curvature* ali *slope curvature*), opisuje potek oziroma izoblikovanost površja v smeri največjega naklona. Površje s konveksno navpično ukrivljenostjo pospešuje vodne tokove in odnašanje gradiva, površje s konkavno navpično ukrivljenostjo pa jih zaustavlja in pospešuje odlaganje gradiva.



Slika 2: Nadmorska višina površja z vrednostmi med 0 m (najsvetlejši odtenek) in 1500 m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda 50 m.

Program SURFER jo z upoštevanjem stometriških razdalj med točkami izračuna po enačbi (sliki 3 in 4):

$$K_N = (k_1 + 2 \cdot k_3 + k_2) : (k_4 \cdot (1 + k_4)^{3/2})$$

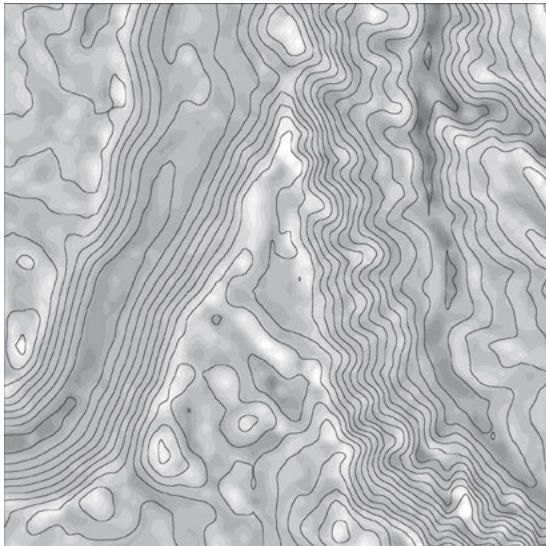
Pri tej enačbi velja, da so Z nadmorske višine točke T_i in njenih osmih sosednjih točk, in da je:

$$k_1 = ((Z_v - 2 \cdot Z_1 + Z_z) : 100^2) \cdot ((Z_v - Z_z) : (2 \cdot 100))^2$$

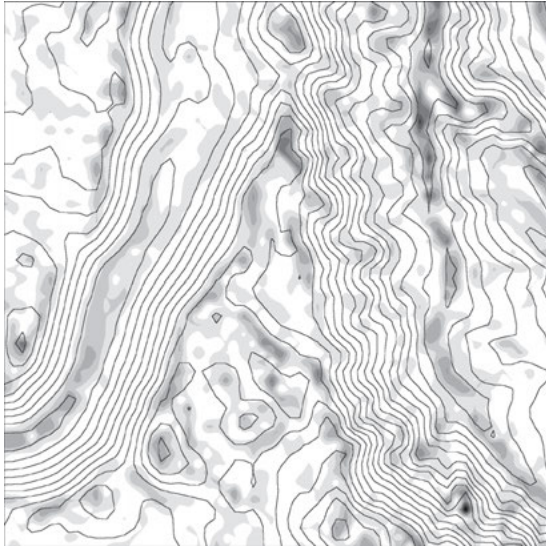
$$k_2 = ((Z_s - 2 \cdot Z_1 + Z_j) : 100^2) \cdot ((Z_s - Z_j) : (2 \cdot 100))^2$$

$$k_3 = ((Z_{sv} - Z_{sz} - Z_{jv} + Z_{jz}) : (4 \cdot 100 \cdot 100)) \cdot ((Z_v - Z_z) : (2 \cdot 100)) \cdot ((Z_s - Z_j) : (2 \cdot 100))$$

$$k_4 = ((Z_v - Z_z) : (2 \cdot 100))^2 + ((Z_s - Z_j) : (2 \cdot 100))^2$$



Slika 3: Navpična ukrivljenost površja z vrednostmi med $-0,01$ radiana na m (najsvetlejši odtenek) in $+0,01$ radiana na m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda $0,001$ radiana na m.

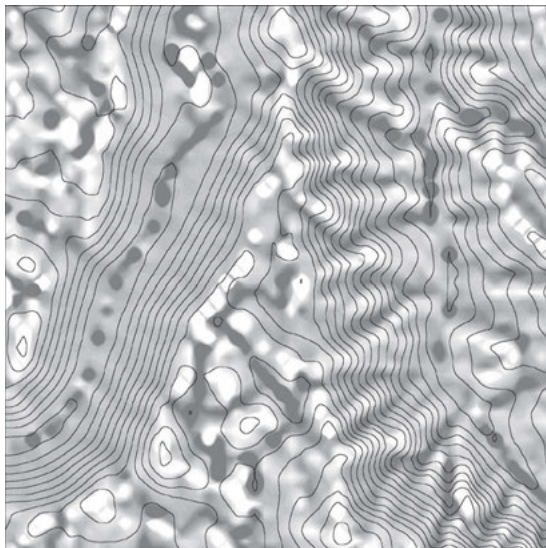


Slika 4: Navpična ukrivljenost površja z absolutnimi vrednostmi med 0,00 radiana na m (najsvetlejši odtenek) in +0,01 radiana na m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda 0,001 radiana na m.

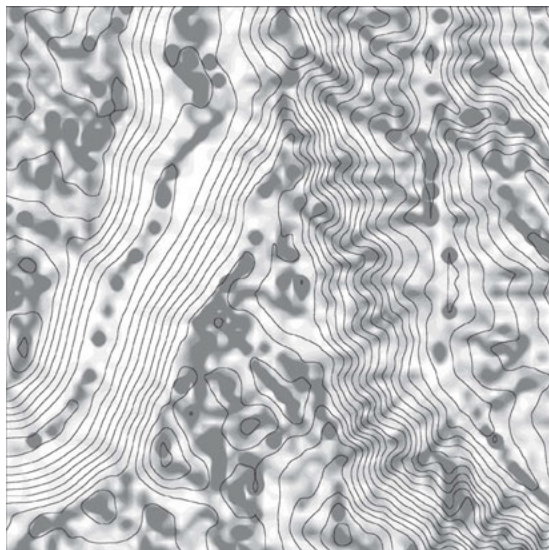
1.2 Vodoravna ukrivljenost

Vodoravna ukrivljenost površja, ki ji lahko rečemo tudi torisna, ekspozicijska ali izohipsna ukrivljenost (angleško *horizontal curvature*, *plan curvature*, *aspect curvature* ali *contour curvature*), opisuje potek oziroma izoblikovanost površja pravokotno na smer največjega naklona površja oziroma vzporedno s plastnico in ekspozicijo površja. Površje s konveksno vodoravno ukrivljenostjo je območje raztekanja vodnih tokov, površje s konkavno vodoravno ukrivljenostjo pa njihovega stekanja.

Program SURFER jo z upoštevanjem stometrskih razdalj med točkami izračuna po enačbi (sliki 5 in 6):



Slika 5: Vodoravna ukrivljenost površja z vrednostmi med $-0,01$ radiana na m (najsvetlejši odtenek) in $+0,01$ radiana na m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda 0,001 radiana na m.



Slika 6: Vodoravna ukrivljenost površja z absolutnimi vrednostmi med 0,00 radiana na m (najsvetlejši odtenek) in +0,01 radiana na m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda 0,001 radiana na m.

$$K_v = (k_1 - 2 \cdot k_3 + k_2) : (k_4)^{3/2}$$

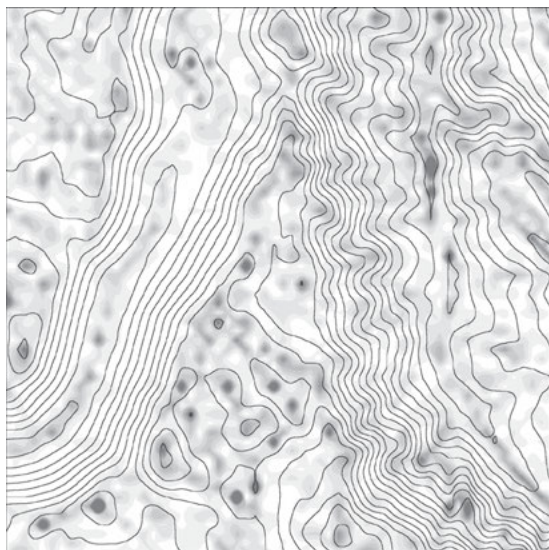
V tej enačbi so vrednosti za k_1, k_2, k_3, k_4 in Z enake kot pri enačbi za K_N .

1.3 Skupna ukrivljenost površja

Geometrično sredino med absolutnimi vrednostmi navpične in vodoravne ukrivljenosti površja lahko imenujemo *skupna ukrivljenost površja*. Površje z veliko skupno ukrivljenostjo je potencialno območje intenzivnih geomorfoloških procesov.

Program SURFER jo izračuna po enačbi (slika 7):

$$K_s = (|K_N| \cdot |K_v|)^{1/2}$$



Slika 7: Skupne ukrivljenosti površja z vrednostmi med 0,00 radiana na m (najsvetlejši odtenek) in +0,01 radiana na m (najtemnejši odtenek) ter velikostjo razreda 0,001 radiana na m.

2 UKRIVLJENOST POVRŠJA V GEOMORFOLOGIJI

Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin v okviru geografskih informacijskih sistemov predstavlja pomembno objektivno kvantitativno metodo, ki je uporabna predvsem pri geomorfološkem preučevanju pobočij.

Navpično ukrivljenost površja so geomorfologi doslej običajno ugotavljali tako, da so tridimenzionalno površje prikazovali z nizom dvodimenzionalnih profilov oziroma prereзов. Potekali so v smeri največjega strmca od ovršja do vznožja vzpetin in prikazovali spreminjanje naklonov, vendar je bilo pri močno razčlenjenih pobočjih marsikdaj težko izbrati take prereze, ki bi zadovoljivo ponazarjali celovito izoblikovanost površja. Oblikovne značilnosti prereзов so podajali predvsem z opisnimi oznakami, na primer: prerez je v zgornjem delu konveksen, srednjem premočrten in spodnjem konkaven.

Ločevanje med premočrtnim, konveksnim in konkavnim površjem glede na navpično ukrivljenost je za geomorfologe pomembno pri ugotavljanju morfoloških procesov. Konveksni deli pobočij najpogosteje nastajajo zaradi preperinskega polzenja, dežne erozije in površinskega spiranja, premočrtni zaradi raznovrstnih procesov polzenja, konkavni pa najpogosteje zaradi akumulacije (Selby 1985).

Na območju med Čepovanskim dolom in dolino Trebuščice pri navpični ukrivljenosti med konveksnimi deli površja z najbolj negativnimi vrednostmi izstopajo kopasti vrhovi na planotah, med konkavnimi deli površja z najbolj pozitivnimi vrednostmi pa dno doline Trebuščice.

Vodoravno ukrivljenost površja so geomorfologi zapostavljali, čeprav je za razumevanje geomorfoloških procesov, zlasti na pobočjih, izredno pomembna. Pri tovrstni ukrivljenosti so si pogosto pomagali zgolj z opisno oznako razčlenjenosti površja, na primer: pobočje razčlenjujejo grape in žlebovi.

Ločevanje med premočrtnim, konveksnim in konkavnim površjem glede na vodoravno ukrivljenost je pomembno zaradi različnega poteka tokovnic. Na konkavnih odsekih se tokovnice stekajo, zato ta območja oblikuje pretežno vodna erozija. Na premočrtnih odsekih so tokovnice vzporedne, kar običajno pomeni močno denudacijo, na konveksnih odsekih pa se tokovnice raztekajo, zato ta območja običajno oblikuje nekoliko šibkejša denudacija (Parsons 1988).

Na območju med Čepovanskim dolom in dolino Trebuščice pri vodoravni ukrivljenosti med konveksnimi deli površja z najbolj negativnimi vrednostmi izstopajo robni deli planot in nekatera stranska slemena v dolini Trebuščice. Med konkavnimi deli površja z najbolj pozitivnimi vrednostmi pa spadajo dna podolij na planotah ter dna dolin in stranskih grap.

Če združimo navpično in vodoravno ukrivljenost površja, dobimo devet temeljnih oblik ukrivljenosti površja (slika 8).

3 SKLEP

Geografski informacijski sistemi omogočajo ugotavljanje ukrivljenosti površja iz podatkov digitalnega modela nadmorskih višin površja, in sicer navpične ukrivljenosti površja, ki je ukrivljenost glede na vodoravno ravnino in pomeni stopnjo prostorskega spreminjanja naklona površja, in vodoravne ukrivljenosti površja, ki je ukrivljenost glede na navpično

		vodoravna		
		premočrtna	konveksna	konkavna
navpična	premočrtna			
	konveksna			
	konkavna			

ravnino in pomeni stopnjo prostorskega spreminjanja ekspozicije površja. Obe ukrivljenosti sta pravokotni ena na drugo.

Navpična ukrivljenost površja opisuje potek oziroma izoblikovanost površja v smeri največjega naklona, vodoravna ukrivljenost površja pa izoblikovanost površja pravokotno na smer največjega naklona površja oziroma vzporedno s plastnico in ekspozicijo površja.

Pri obeh ukrivljenostih ločimo premočrtno, konveksno in konkavno površje. Konveksni deli navpične ukrivljenosti pobočij najpogosteje nastajajo zaradi preperinskega polzenja, dežne erozije in površinskega spiranja, premočrtni zaradi raznovrstnih procesov polzenja, konkavni pa najpogosteje zaradi akumulacije.

Konveksne dele vodoravne ukrivljenosti pobočij običajno oblikuje nekoliko šibkejša denudacija, premočrtno močnejša denudacija, konkavne pa predvsem vodna erozija.

Geometrično sredino med absolutnimi vrednostmi navpične in vodoravne ukrivljenosti površja imenujemo skupna ukrivljenost površja. Površje z veliko skupno ukrivljenostjo je potencialno območje intenzivnih geomorfoloških procesov.

Na konkretnem primeru območja med Čepovanskim dolom in dolino Trebuščice pri navpični ukrivljenosti izstopajo kopasti vrhovi na planotah z najbolj negativnimi vrednostmi ter dno doline Trebuščice z najbolj pozitivnimi vrednostmi, pri vodoravni ukrivljenosti pa robni deli planot in nekatera stranska slemena v dolini Trebuščice z najbolj negativnimi vrednostmi ter dna podolij na planotah, kakor tudi dna dolin in stranskih grap z najbolj

pozitivnimi vrednostmi.

Predstavljena metoda ugotavljanja ukrivljenosti površja iz podatkov digitalnega modela nadmorskih višin ima za geomorfološko preučevanje površja več prednosti, najpomembnejše so: je objektivna in kvantitativna ter da jo lahko izračunamo za celotno površje in ne le za posamezne prereze. Z njeno pomočjo je med drugim veliko lažje kot v preteklosti iskati povezave med izoblikovanostjo površja ter morfološkimi procesi, kamninami, podnebjem, rastjem in drugimi sestavinami pokrajine.

VIRI IN LITERATURA

- Enander, H. 1998: Terrain attributes for an area of Graves county.
Medmrežje: www.murraystate.edu/qacd/cos/geo/gsc521/1998/henander/index.html, 10. 6. 2002.
- Parsons, A. J. 1988: Hillslope form. London.
- Perko, D. 2001: Analiza površja Slovenije s stometriskim digitalnim modelom reliefa. Geografija Slovenije 3. Ljubljana.
- Selby, M. J. 1985: Earth's changing surface. Oxford.
- SURFER 7.0. Golden software. Golden, Colorado, 1999.
- Wood, J. 1996: The geomorphological characterisation of digital elevation models. Doktorska naloga, Department of geography, University of Leicester. Leicester.

UČINKOVITA UPORABA MODERNIH INFORMACIJSKIH REŠITEV – IZZIVI SODOBNEGA ČASA

Matjaž Hribar* in Tomaž Kondrič**

UDK 004.738:621.39:659.2

Izyleček

Učinkovita uporaba modernih informacijskih rešitev

V času nenehnih tehnoloških sprememb na po-dročju informacijske tehnologije so različni uporabniki informacijskih tehnologij razpeti med zmožnostmi in potrebami, ki jih narekuje in omogoča razvoj moderne tehnologije. Izgradnja sistemov za uporabo storitev na daljavo (ASP - application service provider) odpira nove možnosti široke in splošne uporabe najnovejših informacijskih tehnologij.

Ključne besede

storitev na daljavo, spletni strežnik, aplikacij-ski strežnik, uporabniki, ponudnik storitev na daljavo

Abstract

Effective use of the newest achievements on IT

In the time of permanent improvements in the field of IT (Information technology), the different users are spread between the possibilities and needs enabled and forced by fast development of IT itself. Establishment of systems for ASP (application service provider) opens new perspectives for global and practical use of the newest achievements of IT.

Keywords

web service, web server, application server, users, application service provider

1 UVOD

V času nenehnih tehnoloških sprememb na področju informacijske tehnologije so različni uporabniki informacijskih tehnologij razpeti med zmožnostmi in potrebami, ki jih narekuje in omogoča razvoj moderne tehnologije. Pri tem se pojavljajo velike razlike pri učinkovitosti in kakovosti uporabe informacijskih tehnologij za potrebe racionalizacije poslovnih procesov podjetja. Posebej očitne so razlike na področju interdisciplinarnega obvladovanja prostorsko orientiranih podatkov v manjših podjetjih in lokalnih skupnostih, ki finančno niso pripravljene za velika vlaganja v vzpostavitev lastnih informacijskih centrov ali sistemov, ki jim zagotavljajo celovito in kakovostno obvladovanje prostorsko orientiranih podatkov v povezavi z njihovimi poslovnimi procesi. Izgradnja sistemov za uporabo storitev na daljavo (ASP - application service provider) odpira nove možnosti široke in splošne uporabe najnovejših informacijskih tehnologij in s tem posredno omogoča popularizacijo ter

* mag., Monolit d. o. o., Letališka 17, 1000 Ljubljana, matjaz.hribar@monolit.si

** Monolit d. o. o., Letališka 17, 1000 Ljubljana, tomaz.kondric@monolit.si

približevanje zahtevnih tehnologij različnim skupinam uporabnikov, ne glede na njihove organizacijske, kadrovske in finančne zmožnosti.

Dejstvo, da se v družbi pojavljajo sorodno orientirane organizacije, ki imajo podobne funkcionalne zahteve, nam odpira možnosti kakovostne izrabe modernih informacijskih in telekomunikacijskih tehnologij v smislu izgradnje informacijskih storitev, ki za svoje delovanje izkoriščajo internetne tehnologije in združujejo različne funkcionalnosti, ki so primerne za večje število sorodnih uporabnikov.

2 ORGANIZACIJSKI VIDIK STORITEV NA DALJAVO

Osnovne komponente vsakega ASP sistema so ponudniki storitve, naročniki storitve in uporabniške vsebine (aplikacije). Naloga ponudnika storitve je zagotavljanje kakovosti uporabe storitve. Kakovost ponudnika ocenjujemo z več vidikov, npr. njegova finančna stabilnost, ustreznost in uporabnost ponujenih vsebin, razpoložljivost in zanesljivost aplikacij, zagotavljanje varnosti v primerih neavtoriziranih dostopov do podatkov, ugodna cena in ponujena podpora in servisiranje.

Naročnik storitve je najpomembnejši člen ASP sistemov, saj je storitev namenjena prav njemu. Naročnik zagotavlja s svojo uporabo pogoje za obstoj in sprotni razvoj storitve. Storitve je smiselna takrat, ko ima dovolj veliko število uporabnikov, ki zagotavljajo njeno finančno uspešnost. S stališča naročnika je pomembno, da so storitve vsebinsko ustrezno zasnovane ter dostopne za ugodno ceno. Modularna izgradnja zagotavlja prilagodljivejšo uporabo in s tem omogoča kakovostnejšo trženje in prodajo. Modularna zasnova omogoča naročniku uporabo tiste storitve, ki jo v določenem trenutku potrebuje.

Uporabniške vsebine predstavljajo spletne aplikacije, ki zadovoljujejo potrebe uporabnikov. Aplikacije delujejo na komercialnem spletnem strežniku, ki praviloma združuje več vsebin sorodnih tematskih področij ali pa celotno ponudbo vsebin posameznega ponudnika storitev. Dostop do uporabe posameznih vsebin poteka preko spleta. Pomembno je, da ponudnik zagotavlja uporabnost v okvirih tehnoloških standardov, ki veljajo za uporabo aplikacij na spletu. Uporaba veljavnih standardov in protokolov pri izdelavi spletnih aplikacij je eden bistvenih zahtev, ki nam omogočajo kakovostno uporabo aplikacij predvsem s stališča možnosti integracije spletnih aplikacij v obstoječi poslovni sistem. Pri uporabi aplikacij je potrebno zagotoviti avtorizirano dostopanje do aplikacij. Avtorizacija uporabnikov zagotavlja kontrolo dostopov uporabnikov in s tem kakovostno in pravično obračunavanje uporabe storitev za posameznega uporabnika.

3 TEHNOLOŠKE ZAHTEVE ASP SISTEMOV

Tehnološko gledano sta osnovni komponenti ASP sistemov internetni strežnik in podatkovna povezava, ki zagotavlja dostop do strežnika. Pri arhitekturi ASP sistemov govorimo o trinivojski arhitekturi, ki vključuje aplikacijski strežnik, podatkovni strežnik in tanki odjemalec.

3.1 Tehnične zahteve spletnega strežnika

Strojno in programsko konfiguracijo internetnega strežnika določa zahtevnost aplikacij in število uporabnikov sistema. Za zahtevnejše aplikacije potrebujemo enega ali več strežnikov, ki kot celota pokrivajo zahteve delovanja spletne storitve. Aplikacije delujejo na t.i. aplikacijskem strežniku v okviru katerega deluje tudi HTTP strežnik, ki omogoča delo preko spleta. HTTP strežnik sprejeme zahtevo s strani uporabnika storitve in poskrbi, da se zahteva posreduje aplikacijskemu strežniku. Uporabniška zahteva se v okviru aplikacijskega strežnika izvede kot zagon spletnega programa, ki v obliki standardizirane datoteke vrne zahtevani rezultat.

Rezultat izvedene poizvedbe dobi uporabnik oziroma tisti, ki je zahtevo sprožil. Zagon spletnih programov in izmenjava podatkov poteka na osnovi standardiziranih protokolov za delo v spletnem okolju (HTTP, HTML, XML, SVG).

Večina spletnih storitev uporablja za shranjevanje in delo s podatki relacijske podatkovne baze. Podatkovna baza se običajno nahaja na ločenem podatkovnem strežniku v okviru katerega deluje sistem RDBMS. Praviloma sta zaradi performančnih zahtev podatkovni in aplikacijski strežnik fizično ločena strežnika.

3.2 Tehnične zahteve podatkovnih povezav

Poznamo različne vrste podatkovnih povezav, ki se ločijo po vrsti izvedbe in maksimalni možni prepustnosti prenosa podatkov (pasovni širini). Vrste povezav so:

- kabelske povezave s pasovno širino od 64 KBit/s do 1024 KBit/s,
- brezžične povezave s pasovno širino do 10 MBit/s,
- optične povezave s pasovno širino od 512 KBit/s do 100 MBit/s.

Pasovna širina, potrebna za učinkovito delovanje spletne storitve je odvisna od predvidene količine prenosa podatkov, ta pa je povezana z zahtevnostjo aplikacij in številom uporabnikov sistema.

Obe komponenti (spletni strežnik in pasovna širina dostopa) sta soodvisni, zato morata biti optimalno dimenzionirani. V primeru poddimenzioniranja spletnega strežnika prihaja do zastojev pri izvajanju spletnih aplikacij. Zastoji se pojavljajo v procesu izvajanja aplikacij na strežniku predvsem zaradi premajhne procesorske moči ali premajhne količine spomina spletnega strežnika. Neustrezna pasovna širina povzroča zastoje pri prenosu podatkov ali uporabniških zahtev na/iz strežnika.

4 FINANČNI VIDIK ASP STORITEV

Obračunavanje storitev se izvaja na tri načine:

- Zaračunavanje fiksne naročnine za določen čas uporabe. Tovrstno zaračunavanje vključuje neomejeno uporabo storitve. Ob koncu vsakega leta se preverja ali je zaračunavanje uporabe storitve v skladu z dejansko uporabo.
- Zaračunavanje storitve glede na uporabo. Posamezno poizvedbo ovrednotimo in na osnovi statistike dostopov zaračunavamo storitve glede na uporabo.

- Zaračunavanje storitve glede na dobiček, ki je bil ustvarjen z uporabo aplikacije.
Ne glede na izbrani način obračunavanja potrebujemo sistem za obračunavanje storitev. Sistem za obračunavanje v okviru uporabnikov aplikacij vodi statistiko dostopov, ki so osnova za obračunavanje.
Različne oblike zaračunavanja storitev omogočajo uporabniku lažje in fleksibilno odločanje o tem, kako začeti z uvajanjem nove informacijske rešitve v poslovne procese podjetja. V skladu za načinom uvajanja in svojim prepričanjem se lahko naročnik odloči za stroškovno najugodnejšo in funkcionalno najprimernejšo varianto.

5 PREDNOSTI IN SLABOSTI

5.1 Prednosti uporabe storitve v okviru ASP sistemov

Uporaba storitev v okviru ASP sistemov ima več prednosti:

- Manjši stroški uvajanja novih informacijskih rešitev v primerjavi s klasičnim uvajanjem informacijskih sistemov. V procesu uvajanja rešitve naročniku ni potrebno investirati v drago strojno in programsko opremo. Za uporabo storitve potrebuje uporabnik računalnik in priklop na internet.
- Manjši stroški vzdrževanja sistema. Glede na to, da se nahaja aplikacija na spletnem strežniku ponudnika, ta v okviru storitve zagotavlja profesionalno vzdrževanje sistema, ki ga opravljajo ustrezno usposobljeni strokovnjaki. Vzdrževanje sistema vključuje zagotavljanje nenehnega delovanja sistema, izdelavo varnostnih kopij, posredovanje v primeru nepredvidenih motenj delovanja, posredovanje v primeru poskusa neavtoriziranega dostopa, stalno spremljanje delovanja strežnika in s tem povezanega načrtovanje nadgradnje programske in strojne opreme.
- Ponudnik v okviru storitve zagotavlja stalni tehnološki razvoj informacijske rešitve.
- Uporaba informacijskih rešitev v okvirih ASP sistemov omogoča uporabnikom stik z najnovejšimi informacijskimi tehnologijami. Uporabnikom za te potrebe ni potrebno izobraževati in zaposlovati novih ljudi.
- Uporaba spletnih storitev omogoča standardiziranost postopkov določene industrijske panoge.

5.2 Slabosti uporabe ASP storitev

- Nezaupanje poslovnih organizacija v možnosti učinkovite uporabe tovrstnih storitev. V podjetjih še vedno prevladuje prepričanje o nujnosti obstoja lastnega močnega informacijskega centra, ki pokriva vsa področja informatike.
- Hitrost prenosa podatkov v internetnem omrežju ni konstantno enaka, ampak je vezana na količino prometa v omrežju. V primerih, ko je promet v omrežju velik prihaja do preobremenjenosti omrežja pri čemer se kakovost delovanje spletnih aplikacij zmanjša.
- Obstoj možnosti zlorabe podatkov.
- Obstoj možnosti vdora v sistem.
- Prenos poslovanja iz okolja podjetja v okolje določene internetne storitve predstavlja

strateško tveganje za posamezno podjetje. Prehod na internetne storitve je pogojen s sklenitvijo partnerstva z dovolj močnim ponudnikom storitve, ki nudi dovolj dobre storitve in servis ter je finančno stabilen.

6. PRIMERI SPLETNIH STORITEV V PRAKSI

6.1 Sistem Info Okno

Info Okno je sistem, ki je dostopen preko interneta in omogoča učinkovito obvladovanje prostora. Namenjen je tako lokalnim skupnostim in mestom kot poslovnim sistemom, ki z njegovo uporabo pridobijo kakovostno informacijo o prostoru. Uporabnik za dogovorjeno obdobje najame prostor na spletnem strežniku, kar mu zagotavlja sistemsko in aplikativno podporo, za delovanje sistema pa potrebuje le priključek na svetovni splet, spletni brskalnik in osnovne državne prostorske podatke, kot so:

- grafični del zemljiškega katastra – digitalni katastrski načrti (DKN),
- numerični del zemljiškega katastra – INKAT,
- evidenca hišnih števil – EHIŠ,
- digitalni ortofoto (DOF),
- register pravnih oseb – RPO,
- centralni register prebivalstva – CRP.

Našteti podatki omogočajo poizvedovanje o prostoru po različnih kriterijih.

Vsak dodatni digitalni grafični sloj, ki je lasten uporabniku, kot npr. Prostorski izvedbeni načrti in Prostorski ureditveni pogoji, območje plačevanja NUSZ, vodotoki, vodovodna napeljava, kanalizacija, javna razsvetljava, komunikacijska infrastruktura, avtobusna postajališča, pa dodatno izboljšuje kakovost informacije o prostoru.

6.1.1 Dostopnost sistema

Podatki o prostoru so dostopni neomejenemu številu pooblaščenih uporabnikov, ki jih določi naročnik. Pooblaščen uporabnik v ta namen pridobi uporabniško geslo, ki mu omogoča vstop v sistem. Po dogovoru se lahko določene funkcije sistema priredijo za dostop brez gesla, npr. občani/meščani lahko dostopajo do planskih dokumentov občine/mesta.

6.1.2 Varnost podatkov

Varnost podatkov je zagotovljena z ustreznimi in zanesljivimi metodami varovanja podatkov. Dodatno pa lahko naročnik zavaruje dostop nepooblaščenim osebam z uporabo IP naslova (vstop v sistem je mogoč le prek določene www vstopne točke).

6.1.3 Podatki in sistem Info Okno

V sistem Info Okno se lahko vključijo vsi digitalni podatkovni sloji iz že obstoječega geografskega informacijskega sistema, po dogovoru pa se izdelajo dodatni podatkovni sloji, ki jih uporabnik želi vključiti v sistem.

6.1.4 Uporabnost sistema

V odvisnosti od vsebine podatkovnih slojev, ki so vključeni v sistem so mogoče naslednje uporabniške funkcije:

- pregledi po parcelah in parcelnih delih,
- pregledi po lastnikih,
- pregledi po posestnih listih,
- pregledi po naslovih v Centralnem registru prebivalcev in Registru pravnih oseb,
- pregledi po različnih podatkovnih slojih in izdelava različnih analiz,
- izpis rezultata poizvedbe na vnaprej pripravljene obrazce,
- izračun in izdelava odločbe za komunalni prispevek,
- izračun nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč (NUSZ),
- nadzor nad delom uporabnikov sistema.

6.2 Sistem Sledenje.com

Sistem za sledenje vozil je niz rešitev, ki segajo od nadzora delovanja posameznega vozila preko, logistike transporta in upravljanja v prometu do podatkov za voznike tovornih vozil. Temelji na brezžičnem zajemu različnih podatkov, pridobljenih iz modernih telemetričnih sistemov nameščenih v vozilu. Gre za storitev, ki je uporabnikom dostopna preko spletne tehnologije, kar poenostavlja dostop do podatkov. S tem se izognemo visokim stroškom začetne postavitve sistema pri končnem uporabniku. Osnovne rešitve, ki jih nudi sistem so pozicioniranje vozil s pomočjo GPS naprave, dvosmerna komunikacija med vozilom in komunikacijskim centrom ter zbiranje in prenos podatkov, ki so v vsakem trenutku dostopni na spletu. Pozicija objekta se spremlja na osnovi kartografskih podlag, ki so izdelane v skladu s svetovnimi standardi, na območju Slovenije pa lahko spremljamo vozila na osnovi digitalnih načrtov mest Slovenije.

Sistem omogoča tudi spremljanje objektov kot so zabojniki, vagoni in drugi objekti, ki nimajo lastnega pogona.

6.2.1 Koncept delovanja sistema

Celoten sistem sestavljata dve logični enoti, naprava oz. delovna postaja v vozilu in komunikacijski strežnik, ki hrani podatke in uporabnikom preko interneta omogoča dostop do podatkov o vozilu. Vozilo je potrebno opremiti z ustrežno strojno opremo, ki omogoča brezžično komunikacijo (GSM, radijski prenos, TETRA, MOBITEX), s pomočjo katere se v obliki DATA ali SMS sporočil prenašajo podatki. Podatki na internetu, zaščiteni z ustreznim geslom, so uporabniku dostopni v vsakem trenutku. Hkrati so osnova za natančnejše analize stanja in izvedbo optimizacije poslovnih procesov.

Sledenje.com ni samo avtomatsko določanje lokacije vozila, saj z dodatnimi aplikacijami, narejenimi na osnovi specifičnih potreb naročnika, omogoča nadzor in obvladovanja večje skupine med seboj povezanih poslovnih procesov.

6.2.2 Koristi sistema za uporabnika

Uporabniku ni potrebno investirati v drago programsko in strojno opremo, ki je potrebna za delovanje sistema (strežnik, operacijski sistem, licence podatkovna baza, oprema za

varnostno arhiviranje, oprema za varen dostop preko interneta) ter zaposlovati nove kadre za vzdrževanje sistema.

Sistem se nenehno nadgrajuje in vse novosti so takoj na voljo vsem uporabnikom.

Dostop je mogoč vsepovsod in je vedno na mestih, kjer je omogočen dostop do interneta.

Pravičen sistem obračunavanja storitve, pri čemer uporabnik plačuje glede na uporabo storitve.

Sistem je odprto zasnovan in omogoča vzpostavitev specifičnih rešitev za posameznega uporabnika.

6.2.3 Komu je sistem namenjen?

Sistem je namenjen vsem podjetjem, ki imajo premikajoče se objekte, kot so, tovorna vozila, specialna vozila, osebna vozila, zabojnike, vagoni, ...

6.2.4 Zakaj potrebujemo sistem za sledenje objektov v gibanju?

Kontrola nad vozili omogoča spremljanje operativnega stanja vozil, upravljanje z vozili, logistično povezavo med vozilom in centrom, podatke potrebne za izdelavo planov in analiz, optimizacijo poti. Priključitev dodatnih modulov pa omogoča tudi spremljanje objektov, kot so zabojniki, vagoni, paketi. Vse navedeno podjetju zagotavlja konkurenčne prednosti, kot so zmanjševanje stroškov, izboljševanje storilnosti in povečevanje zanesljivosti in osnovo za optimizacijo različnih poslovnih procesov.

7 SKLEP

Razmišljanja in prvi koraki na področju sistemov za uporabo storitev na daljavo so se pričeli s popularizacijo internetnega omrežja. Tehnološka izvedba storitev na daljavo v tem trenutku ne predstavlja večjega problema. Kakovost storitev in število ponudnikov bo v prihodnosti raslo v skladu s tržnimi zakonitostmi. Uporaba storitev na daljavo v proizvodnih procesih podjetij pa je bolj kot s tehnologijo povezana predvsem s tržnim načinom razmišljanja, ki narekuje in omogoča kakovostno uporabo znanja, ki ga je mogoče dobiti na trgu po konkurenčnih cenah .

Uporabniki rešitev so mnogokrat razpeti med zmožnostmi in potrebami, med sredstvi in znanjem, ki jih imajo na razpolago ter jih pred njih postavlja okolje v katerem poslujejo. Pri sistemih za uporabo storitev na daljavo te dileme ni več. Le ti nudijo hitre, cenovno ugodne in hkrati učinkovite rešitve za številne potrebe, ki jih pred uporabnike postavlja današnji čas.

Sistema Info Okno in Sledenje sta dva praktična primera spletnih storitev, ki potrjujeta pravilnost naših odločitev za uvajanje storitev ASP.

VIRI IN LITERATURA

- Geldermans, S., Hoogenboom, C. 2002: Location Based Services. Let's Talk Serious. Geo Informatics 2. Emmeloord.
- Pahor, D., Drobnič, M. 2002: Leksikon računalništva in informatike. Ljubljana.

REGISTER PROSTORSKIH ENOT KOT PROSTORSKA DIMENZIJA V PODATKOVNEM SKLADIŠČU

Jože Senegačnik*

UDK 528.06:004.6

Izvleček

Register prostorskih enot kot prostorska dimenzija v podatkovnem skladišču

Obdelava vedno večjih količin podatkov zahteva posebno organiziranje teh podatkov podatkovnih skladiščih. Kar za 80–85 % vseh podatkov lahko določimo tudi njihovo prostorsko lokacijo, kar nam omogoča izvajanje dodatnih analiz. Za določitev prostorske opredelitve podatkov v podatkovnem skladišču potrebujemo prostorsko dimenzijo, ki nam skozi čas omogoča določitev pripadnosti posameznim vrstam prostorskih enot in analizo ne glede na dejstvo, da se lahko prostorske enote stalno spreminjajo. Članek obravnava teoretično zasnovo prostorske dimenzije za območje Republike Slovenije na podlagi podatkov Registra prostorskih enot, ki ga za območje Republike Slovenije vodi Geodetska uprava Republike Slovenije.

Ključne besede

Register prostorskih enot, RPE, prostorska dimenzija, podatkovno skladišče

Abstract

Registry of Spatial Units as a Source for Spatial Dimension in Data Warehouse

Bigger and bigger amounts of existing data demand a new approach in organizing this data in data warehouses. Almost 80-85 % of all data we can attribute with their spatial location. Spatial dimension in a data warehouse introduces new analysis of same data from a totally new perspective. To attribute data with their spatial component we need a properly organized spatial dimension which enables us with the possibility to attribute data with the location code regardless the fact that the shapes and the number of spatial units changes through time. The paper describes a theoretical background for preparation of spatial dimension based on the Registry of Spatial Units that is for the territory of Slovenia maintained by Survey and Mapping Authority of the Republic of Slovenia.

Keywords

Registry of Spatial Units, RSU, spatial dimension, data warehouse

1 UVOD

V zadnjih letih se pojavlja vedno večja količina poslovnih in drugih podatkov, ki jim je možno določiti tudi njihovo prostorsko komponento in s tem dodati nove možnosti za različne analize, kot tudi prikazovanje takih podatkov. Hranjenje teh podatkov v podatkovnih skladiščih omogoča povsem nove vidike za analizo teh podatkov. Vendar pa se izkaže, da zaradi spreminjanja prostorskih podatkov skozi čas, organizacija prostorske dimenzije v

* Aster d. o. o., Nade Ovčakove ulica 1, 1000 Ljubljana, joze.senegačnik@aster.si

podatkovnem skladišču ni tako preprosta, kot bi nekdo mislil na prvi pogled. V tem prispevku se bomo ukvarjali s teoretično zasnovo prostorske dimenzije za podatkovno skladišče na podlagi podatkov Registra prostorskih enot (RPE), ki ga imamo v Sloveniji na voljo. Register prostorskih enot, ki ga vodi Geodetska uprava Republike Slovenije, je idealna zbirka podatkov, ki nam omogoča geokodiranje podatkov na različnih nivojih, saj vsebuje digitalne meje prostorskih enot od osnovnega gradnika – najmanjše prostorske enote – prostorskega okoliša do države kot najvišje enote in tudi podatke o hišnih številkah. Vendar pa ob tem ne smemo pozabiti na dejstvo, da je register živa zbirka podatkov, v kateri se dnevno dogodi veliko sprememb, predvsem na nivoju hišnih števil. Nenazadnje se v zadnjem času prav pogosto dogajajo tudi spremembe na nivoju občin in tudi drugih prostorskih enot, ki nam dostikrat služijo za agregiranje podatkov na višjem nivoju. Zahteva po primerljivosti podatkov skozi časovno obdobje za določeno območje ob hkratnem spreminjanju tega območja postavlja pred snovalca take prostorske dimenzije v podatkovnem skladišču zahtevno nalogo. V tem prispevku se bomo ukvarjali s problemi modeliranja prostorske dimenzije tako z vidika časovne in hierarhične organiziranosti ter uvajanja modela počasi spreminjajočih se dimenzij v prostorsko dimenzijo.

2 DOLOČLJIVOST PROSTORSKE LOKACIJE

Skoraj vsak poslovni ali drug dogodek lahko opredelimo tudi s krajem, kjer se je ta dogodek zgodil. Tako lahko vedno določimo kje ima naš poslovni partner svoj sedež, od kod se delavec vozi vsak dan na delo, kje je lociran naš zobozdravnik, kam je potrebno dostaviti pošiljko in podobno. Na splošno danes velja v svetu trditev, da lahko 80–85 % poslovnim dogodkom določimo tudi njihovo prostorsko lokacijo. Prav ta pa nam omogoča nove možnosti analiziranja poslovnih podatkov in iskanja novih povezav med njimi.

Za določanje prostorske lokacije je za območje Republike Slovenije najprimernejša zbirka podatkov Register prostorskih enot (RPE), ki ga vodi Geodetska uprava Republike Slovenije. Slovenija je že za potrebe popisa prebivalstva v letu 1981 začela pripravljati takratni Register območij teritorialnih enot (ROTE) in Evidenco hišnih števil (EHŠ), ki sta leta 1995 z uvedbo lokalne samouprave v samostojni Sloveniji prerasli v združen Register prostorskih enot, ki vsebuje tako prostorske kot tudi atributne podatke za posamezne prostorske enote in hišne številke. RPE predstavlja idealni vir za pripravo prostorske dimenzije, saj zaradi vodenja zgodovine vseh sprememb, tako na nivoju grafičnih kot tudi atributnih podatkov, omogoča pripravo prostorske dimenzije z vsemi spremembami prostorskih enot.

V bazi RPE se vodijo digitalne meje prostorskih enot in centriodi hišnih števil. Prostorske enote delimo na osnovne prostorske enote, ki homogeno pokrivajo območje celotne države Slovenije, in dopolnilne (dodatne) prostorske enote, za katere ni pogoj, da homogeno pokrivajo območje celotne države. Med osnovne enote spadajo: država (DR), upravna enota (UE), občina (OB), naselje (NA), statistični okoliš (SO), katastrska občina (KO), prostorski okoliš (PO), ki je najmanjša in v hierarhiji najnižja prostorska enota in je gradnik za tvorjenje vseh po hierarhiji višjih prostorskih enot. Med dodatne enote spadajo enote v zvezi z volišči (volilne enote, volilni okraji, volišča za državnozborske in lokalne volitve, lokalne volilne enote), katastrski okraji, šolski okoliši, krajevne, vaške in četrtne skupnosti in statistične regije.

Poleg podatkov o prostorskih enotah se v bazi RPE vodijo tudi podatki o centroidih hišnih števil. Vsaka hišna številka nosi poleg atributne pripadnosti prostorskemu okolišu (PO) kot najnižji prostorski enoti tudi pripadnost enotam, ki sestavljajo njen »živi« ključ – govorečo šifro in sicer občini, naselju in ulici (slednja sicer ni prostorska enota v pravem pomenu besede, saj območje ulice ni prostorsko določeno, predstavlja pa gradnik v naseljih, kjer je uveden ulični sistem). Tudi kot za vsako hišno številko se tudi za prostorske enote vodi zgodovina vseh sprememb.

3 IDENTIFIKATORJI V BAZI RPE

Identifikacijo posameznih enot v bazi RPE predstavljajo navzven »govoreče« šifre, ki so lahko samostojne ali pa sestavljene iz govorečih šifer predmetne enote in višjih enot. Na primer šifra občine Ljubljana je 061, šifra naselja Ljubljana pa je sestavljena iz šifre občine in šifre naselja in je 061011, kjer predstavlja 011 dejansko šifro naselja. Slabost govorečih šifer je v tem, da so podvržene spremembam v primeru sprememb šifer višjih teritorialnih enot in so zato s stališča organiziranja podatkov v bazi podatkov lahko le atribut, ne pa ključ. Tako se v primeru sprememb mnogokrat zgodi, da določena šifra je pred spremembo pomenila nekaj, po spremembi pa pomeni povsem drugo.

Ravno zaradi te slabosti govorečih šifer pa so bili ob snovanju baze RPE postavljeni novi identifikatorji, ki se zaradi sprememb na višjih prostorskih enotah ne spreminjajo. Uveden je bil tako imenovani MID (Medresorski identifikator), ki je sedemestno število s kontrolno številko po modulu 11 na osmem mestu. Značilnost MID je, da je unikatna znotraj celotne baze RPE (se ne ponavlja znotraj posameznih enot). Ko je določena prostorska enota ali hišna številka dobila MID, se le ta ne more več ponoviti niti spremeniti. Sprememba MID bi zares pomenila, da gre za drug objekt. MID se tako podeli ob nastanku objekta (enote, hišne številke), je identifikator objekta ves čas, dokler tak objekt obstaja v veljavnem stanju in ostane z objektom tudi v zgodovini tudi po ukinitvi objekta.

Ker ima objekt, ki ima določen MID, v bazi RPE zaradi sprememb več različnih stanj, predstavlja primarni ključ poleg MID še datum nastanka določenega zapisa. Tako sestavljata primarni ključ občine koloni MID in datum nastanka (OB_MID, D_OD).

Če bi ob snovanju podatkovnega modela RPE povsem sledili teoriji, bi kombinacija MID in datuma nastanka morala predstavljati tudi povezavo (relacijo) med določenimi enotami (beri tabelami) v obliki tujih ključev. Na žalost pa bi takšna rešitev v primeru spremembe na višjih teritorialnih enotah zaradi spremembe atributnih podatkov na tej enoti povzročila implicitne spremembe na nižjih enotah. Zato v bazi RPE predstavljajo relacijo med prostorskimi enotami samo MID in zato kakršnakoli povezovanja vedno vsebujejo še pogoj glede časovnega obdobja veljavnosti posameznega zapisa (datum nastanka in datum prenehanja veljavnosti zapisa). S takim modeliranjem se je bilo mogoče izogniti velikemu številu implicitnih sprememb, ki jih povzročajo spremembe atributnih podatkov. Primer: če se spremeni atributni podatek o občini, bi to pomenilo, da se morajo v zgodovino sprememb zapisati vse nižje prostorske enote kot so: naselja, ulice, statistični in prostorski okoliši in hišne številke. Zgoraj omenjeni model izvedbe povezav pa omogoča, da se zapiše v zgodovino samo staro stanje za občino. Vendar pa se zaradi spremembe govoreče šifre na višji prostorski enoti spremenijo govoreče šifre vseh nižjih enot, katerih govoreča šifra

je sestavljena iz šifre višje enote. Na primer, ko se spremni šifra občine, se spremenijo govorče šifre vseh objektov, ki jih ta šifra sestavlja, konkretno šifre naselij, ulic, prostorskih okolišev in hišnih števil.

Vendar pa kljub vodenju unikatne identifikacije vseh objektov znotraj RPE v obliki MID tak sistem ni primeren za pripravo dimenzije, kot jo potrebujemo pri izgradnji podatkovnega skladišča. Samo povezava z MID enote ne zadošča, čeprav pomeni enolično identifikacijo enote (objekta). Vendar pa se je ta enota lahko skozi čas spreminjala in ima tako v bazi RPE več zapisov z istim MID in različnimi datumi nastanka zapisa. Lahko bi kot povezovalni ključ uporabili poleg MID še datum nastanka zapisa, vendar pa je sestavljen ključ ni najbolj primerna rešitev. V ta namen torej v prostorsko dimenzijo uvedemo nov dodatni primarni ključ, ki je po svoji naravi sicer nadomestni ključ (surrogatni ključ – surrogate key).

S tako rešitvijo pridobimo torej na preglednosti in enostavnosti povezave, se pa rešitev problema ponovno zaplete. Ker nadomestni ključ določimo kot primarni ključ, ki služi za povezovanje med nižjimi in višjimi prostorskimi enotami, ki smo jih do sedaj razreševali s pomočjo MID-a in povezave obdobja veljavnosti zapisa (datum nastanka in prenehanja veljavnosti zapisa), pa moramo sedaj za izvedbo pravilne povezave pripraviti vse možne kombinacije povezav med nadomestnimi ključi. Poglejmo si primer naselja BANJALOKA, kot ga prikazuje preglednica 1. Naselje je ob uvedbi dodatnih občin v letu 1998 spremenilo pripadnost občini, nato pa se je preimenovalo tako, da se glasi BANJA LOKA. Zaradi spremembe imena statistične regije konec marca 2000 je nastal v prostorski dimenziji nov zapis s vrednostjo nadomestnega ključa 1723, ki ga v bazi RPE ni (Statistične regije se kot dodatna enota vodijo v RPE od 1. 1. 2002 dalje), kot to prikazuje preglednica 2.

NA_MID	OB_ID	NA_ID	NA_IME	D_OD	D_DO
10099358	048	002	Banjaloka	01.01.1995	21.11.1998
10099358	165	002	Banjaloka	22.11.1998	11.01.2000
10099358	165	002	Banja loka	12.01.2000	

Preglednica 1: Podatki za naselje Banja loka iz baze RPE.

NADOM. KLJUČ	OB_ID	NA_ID	NA_IME	D_OD	D_DO	Statistična regija
1720	048	002	Banjaloka	01.01.1995	21.11.1998	Osrednjeslovenska
1721	165	002	Banjaloka	22.11.1998	11.01.2000	Osrednjeslovenska
1722	165	002	Banja loka	12.01.2000	30.03.2000	Osrednjeslovenska
1723	165	002	Banja loka	31.03.2000		Jugovzhodna Slovenija

Preglednica 2: Izsek iz prostorske dimenzije za naselje Banja loka.

4 HIERARHIJA PROSTORSKIH ENOT V RPE

Kot smo že omenili, se v RPE vodijo osnovne in dodatne enote. Za vse enote, ne glede na dejstvo, ali homogeno pokrivajo celoten prostor države, je zanimiva tudi njihova medsebojna nadrejenost oz. podrejenost. Hierarhija med enotami je določena s predpisi. Prav ti so ob uvedbi lokalne samouprave korenito spremenili odnose med posameznimi enotami. Tako je nastalo več različnih verig nadrejenosti. Osnovna veriga poteka od države, občine, naselja, statističnega okoliša, prostorskega okoliša do hišne številke. Druga je poteka od države preko upravne enote na naselja in naprej tako kot predhodna veriga. Obstaja še tretja osnovna veriga, ki poteka od države preko katastrskega okraja, katastrske občine, prostorskega okoliša do hišne številke. Hierarhija med dodatnimi enotami ni opredeljena.

Prav zaradi več vzporednih hierarhij je izvedba prostorske dimenzije še malo bolj kompleksna. Preglednica 3 ponazarja sestavo prostorske dimenzije. Vsi podatki so zajeti s stanjem 31. 10. 2001.

Veriga	Število v RPE	Število v prost. dim.	Enote, ki sestavljajo verigo
Hišna številka	602.425	595.882	hišna številka, prostorski okoliš, statistični okoliš, naselje, (krajevna ali druga skupnost), občina, upravna enota, statistična regija, država
Prostorski okoliš	83.219	37.594	prostorski okoliš, statistični okoliš, naselje, (krajevna ali druga skupnost), občina, upravna enota, statistična regija, država
Naselje	6687	8294	naselje, občina, upravna enota, statistična regija, država
Občina	205	271	občina, statistična regija, država
Upravna enota	59	76	upravna enota, statistična regija, država
Statistična regija	13	24	statistična regija, država

Preglednica 3: Verige (tabele), ki sestavljajo prostorsko dimenzijo.

Ko podrobneje pogledamo to preglednico, lahko ugotovimo, da je pri dveh najnižjih enotah število pojavitev v prostorski dimenziji manjše od števila zapisov v bazi RPE (tu so upoštevana vsa stanja za posamezno enoto – trenutno veljavno stanje in vsa prejšnja stanja). Zaradi vodenja zgodovine sprememb zaradi administrativnih potreb je število zapisov v bazi RPE večje od števila zapisov v enakovredni prostorski dimenziji oz. so se spremembe dogodile na enotah, ki ne sestavljajo prostorske dimenzije. Vsebinsko pa je sprememb manj in zato so le takšne spremembe osnova za izgradnjo prostorske dimenzije.

Iz gornje preglednice je tudi lepo razvidna različna členitev na nivoju upravnih enot, katerih območje se ne pokriva z območjem občin. Tako je kar precej primerov, ko občani ene občine urejajo svoje upravne zadeve na različnih upravnih enotah.

Glede na način vodenja baze RPE se odražajo vse spremembe mej posameznih prostorskih enot zgolj na mejah prostorskih okolišev. Če te spremembe upoštevamo kot

osnovo za nov zapis v prostorski dimenziji, se število zapisov primerno poveča. To je zlasti razvidno v primeru naselij, kjer se dogaja največ takih sprememb, saj se meja naselij prilagaja dejanski rasti naselja.

5 ČASOVNA POVEZLJIVOST PODATKOV V PROSTORSKI DIMENZIJI

Kot smo že ugotovili smo nadomestni ključ vpeljali v prostorsko dimenzijo prav zaradi lažje identifikacije posameznih stanj in medsebojnem povezovanju podatkov. Seveda pa bi želeli poleg tega zagotoviti tudi prostorsko primerljivost podatkov iz različnih časovnih obdobjih na tak način, da nas trenutna členitev prostorskih enot ne ovira. Takšno možnost imamo samo za podatke, ki so zajeti na nivoju hišne številke. Hišna številka je opredeljena s centroidom in tudi atributno pripadnostjo prostorskemu okolišu. Za vsako hišno številko (ali bolje rečeno njen centroid) lahko ugotovimo njeno pripadnost določeni prostorski enoti v poljubni časovni točki. To lahko ugotovimo na podlagi podatkov v bazi RPE ali pa tudi s pomočjo grafične metode določitve pripadnosti poljubne točke poligonu. Če imamo podatke za določeno časovno točko zbrane na nivoju hišne številke, lahko te podatke preračunamo na poljubno časovno točko na premici med 1. 1. 1995 in sedanjim trenutkom z uporabo ene od zgoraj omenjenih metod. Zaradi načina vodenja RPE se skoraj v vseh primerih da določiti pripadnost v poljubni časovni točki na podlagi atributne pripadnosti. Le v redkih primerih, kot je preračun ukinjenih hišnih številk na kasnejše časovno obdobje, je potrebno ugotavljanje po grafični metodi, saj ni na voljo atributnih podatkov.

6 SKLEP

Le redki uporabniki podatkov se zavedajo možnosti, ki jih nudi analiza podatkov z uporabo prostorske dimenzije. Na splošno se ne le v Sloveniji, ampak tudi v Evropi še ne zavedamo vseh možnosti analiz, ki jih omogočajo podatkovna skladišča in zato so le redke organizacije, ki so pristopile k izgradnji podatkovnih skladišč. Imamo pa veliko prednost pred drugimi prav v tem, da imamo na voljo izredno dobro vodeno in organizirano bazo podatkov Registra prostorskih enot.

KONCEPTUALNI MODEL GIS-A ZA GEOLOGIJO

Miran Ferlan* in Uroš Herlec**

UDK 91:659.2:004:55

Izyleček

Konceptualni model GIS-a za geologijo

Namen izgradnje geološkega GIS-a je zadovoljitev nujnih potreb družbe in stroke po ustrežnejšem sodobnem prikazu in vrednotenju življenjsko pomembnih, ožjih strokovnih in znanstvenih prostorskih geoloških podatkov. S sodelovanjem med Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Naravoslovnotehniško fakulteto, ki potrebuje ta ustrezen geološki GIS model, bomo lahko le-tega ustrezno povezali z drugimi prostorskimi podatki, ki so komplementarni z geološkimi. Predstavljeni model je predlog prihodnjega slovenskega standarda.

Največ izhodiščnih prostorskih geoloških podatkov nam nudijo geološke karte z bazami podatkov, na osnovi katerih so bile narejene. Geološke karte so interpretacijske tematske karte. Razumevanje geoloških kartografskih simbolov omogoča razumevanje nastanka in lastnosti kamnin, njihove lege v prostoru, tektonskih deformacij in vrste procesov in lastnosti, ki so bili in so še vedno pomembni za geološko zgodovino in razvoj ter, kar je bistvenega pomena, za kvaliteto človekovega življenja in nadaljnji gospodarski razvoj določenega ozemlja. Pomembni uporabniki geoloških podatkov so urbanisti, projektanti, zavarovalnice, vojska ter vse dejavnosti povezane z okoljevarstveno in prostorsko problematiko. Podrobneje so prikazani organizacijska in podatkovna struktura ter uporaba digitalnih geoloških podatkov. Model je predstavljen kot

Abstract

Conceptual GIS model for geology

The aim of forming the geological GIS is to fulfill the urgent need of the wider community and the experts in the field for a more suitable, up-to-date presentation and assessment of essential geological data, as well as more specialized scientific spatial geological data. By the co-operation between the Faculty of civil and geodetic engineering and the Faculty of natural sciences and technology, Department of Geology, who expressed the need for forming a suitable geological GIS model, it has been appropriately linked to other spatial data, complementary with geological data. The presented model is a proposal for the standard to be adopted in Slovenia in the future.

Most original spatial geological data is available from geological maps and databases used for their production. Geological maps are interpretive thematic maps. Understanding geological cartographic symbols enables the understanding of the formation, the characteristics, spatial position, tectonic deformations and a number of processes and characteristics; these were and still are important for the geological history, development, and, essentially, for the quality of human lives and economic development in a particular region. The important users of geological data include town-planners, construction planners, insurance companies, army and activists involved with environment protection

* dr., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, mferlan@fgg.uni-lj.si;

** mag., Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva cesta 12, Ljubljana, uros.herlec@ntfgeo.uni-lj.si

celota – relacijska baza podatkov. Oblikovanje takšnega sistema je velika razvojna naloga z veliko neznankami, ki jih je nujno treba razrešiti v začetni fazi izgradnje modela, saj vsaka napačna odločitev na začetku lahko močno zmanjša kasnejšo uporabnost modela. V prispevku je predstavljeno: vzpostavitev modela za geološki GIS na osnovi standardov za izdelavo geoloških kart, zajem geoloških podatkov (opazovanj in interpretacije) iz Pregledne in Osnovne geološke karte meril 1 : 100.000, 1 : 25.000 in drugih splošnih in tematskih geoloških kart večjih meril, ki so bile izdelane le za nekatere dela slovenskega ozemlja, razširitev modela s terenskimi podatki in vzpostavitev GIS-a za geologijo.

Ključne besede

geološki GIS, standard za geološke karte

and spatial problems.

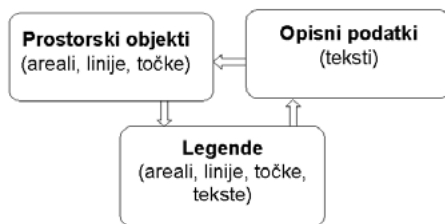
Presented in detail are organisational and data structures and the use of digital geological data. The model is presented as an entity, as a relational database. Creating a system like this is a large-scale development project with many problems that need to be carefully solved in the initial phase of the formation of the model because any wrong decisions could seriously affect its usefulness. The presentation includes: forming the model for the geological GIS on the basis of standards used for geological maps; collecting geological data (observation and interpretation) from Survey and Basic geological maps, scale 1 : 100.000, 1 : 25.000, and other general and thematic geological maps of larger scale that are only available for some regions of Slovenia; expanding the model with data from fieldwork and establishing GIS for Geology.

Keywords

geological GIS, standards for geological maps

1 UVOD

Geološke karte na splošno ločimo na: klasične splošne geološke karte in tematske geološke karte. Splošne geološke karte s simboli in opisno – s priloženim opisom – tolmačem prikazujejo najpomembnejše splošne lastnosti. Tematske geološke karte pa predstavljajo ožjo temo, na primer le litološke, hidrogeološke, inženirskogeološke, mineralne surovine, geofizikalne, geokemične in druge značilnosti. Lahko prikazujejo iz geoloških podatkov izpeljane posamezne analize, ali pa so to geološke analize, združene z drugimi podatki, ki predstavljajo zaključeno tematsko celoto. V predstavljenem GIS modelu so upoštevani vsi navedeni vidiki. Z ustreznim poljubnim naborom geoloških objektov, ki jih prikazujemo na poljubno oblikovanih tematskih digitalnih kartah, lahko predstavljamo tako izbrano kot splošno tematiko. Geološki objekti so na kartah prikazani kot areali, linije, točke, z obširno legendo in dodano tekstovno opremo.



Slika 1: Vrste objektov na geoloških kartah.

Prostorski objekti predstavljajo generalizirane geološke značilnosti v realnem svetu, ki so bile opazovane in kartirane na terenu, ter, kjer je bilo to zaradi zahtevnosti terena in zajema podatkov nemogoče, vmesne interpretacije/interpolacije. Podrobni opisni podatki, sicer večinoma generalizirano predstavljenih objektov, so prevedeni v relacijsko atributno bazo podatkov, ki natančno definirajo lastnosti posameznih prostorskih objektov – arealov, linij in točk. Legenda starih tiskanih in novih digitalnih kart predstavlja le generalizirane lastnosti/simbole geoloških objektov, ki pa za konkretno delo na terenu običajno ne zadostujejo. Za objektivno vrednotenje geoloških kart je nujno potrebna popolna dostopnost vseh naštetih vrst podatkov.

Predstavljeni podatkovni model geološkega GIS-a zagotavlja minimalno strukturo organizacije, shranjevanja in uporabe geoloških podatkov. Razširitve podatkov so vedno možne, vendar morajo biti prilagojene obstoječi strukturi. Podatkovni model je predstavljen kot entitetno-relacijski model, ki ustreza relacijsko-podatkovnim bazam in je na široko uporabljan v GIS-ih.

2 GEOLOŠKE KARTE

Geološke karte so torej zelo kompleksne karte, z različnimi tipi informacij, ki pa so bolj ali manj interpretativne. Za objektivno vrednotenje geoloških kart je zato nujno ločevati konkreten terenski zajem – strokovni opis opazovanih točk, natančno poznavanje metodologije zajema (metoda profilov, sledenja kontaktov, metoda vseh izdankov ipd.), kakor tudi možnost primerjave interpretacije z opisom in natančno lego točk ter z obhodno »maršrutno« karto. Zato mora biti omogočena čimprejšnja popolna dostopnost vseh naštetih vrst podatkov.

Slovenske Pregledne in Osnovne geološke karte so nastajale več kot petintrideset let. Sočasen razvoj novih raziskovalnih metod, nova znanstvena spoznanja in izkušnje so bili vzrok, da so novejšje karte večinoma bolj podrobne in dodelane. Razlike med listi, ki se pojavljajo na stikih in v legendi, je mogoče z ustrežno revizijo hitro odpraviti in obstoječo Pregledno geološko karto Slovenije 1 : 100.000 poenotiti tako, da bo lažje razumljiva tudi negeologom. Zaradi prevelike cene izdelave kartografskih originalov ni pričakovati, da bi jo tiskali na novo. Ustrezen geološki GIS pa bi omogočil revizijo, ažuriranje in sproten tisk po potrebi.

3 PRVINE IZGRADNJE MODELA

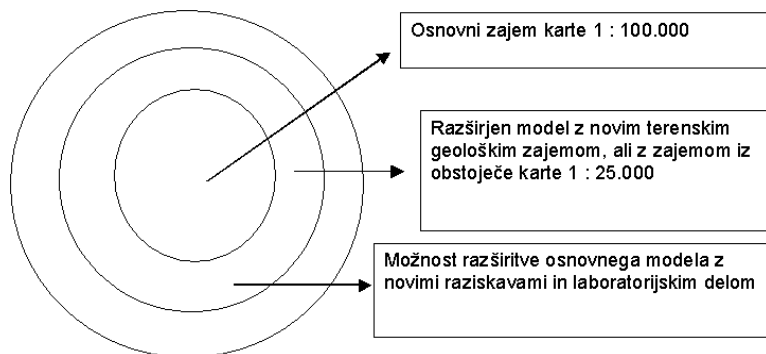
Osnovni cilj naloge je izdelati podatkovni model, ki bo v celoti omogočal enakovredno ali boljšo grafično predstavitev, uporabnost in izgled kot ga omogočajo klasične geološke karte ter uporabiti možnosti zgraditi podatkovno strukturo, ki se bo lahko ustrezno ažurirala in nadgrajevala z novimi podatki. Geologi in drugi uporabniki podatkov pa bodo lahko uporabili možnost izdelave poljubnih tematskih kart in izvajanja dodatnih analiz, potrebnih za njihovo delo. Predvsem bo mogoč enostaven, enoten in takojšen vpogled v množico podatkov na področjih naravnih in drugih nesreč, kar je izrednega pomena.

Jedro relacijskega podatkovnega modela obsega minimalno število podatkov, ki je skupno Pregledni geološki karti (1 : 100.000).

Razširitev modela v prvi fazi je predvidena z digitalnim zajemom rokopisnih Osnovnih geoloških kart v merilu 1 : 25.000 ter pripadajočih opisov terenskih obhodnih točk in laboratorijskih analiz.

V tretji fazi bi se morala dopolniti z rezultati vseh podrobnih kartiranj v merilih, večjih od 1 : 25.000, ter podrobnih prostorskih geoloških študij velikega gospodarskega pomena (rudniki, premogovniki) ali naravoslovnega/naravovarstvenega pomena (kraške jame, soteske ipd.).

Končni cilj je sprotni standardizirani vnos novih geoloških podatkov v enotno državno bazo geoloških podatkov.



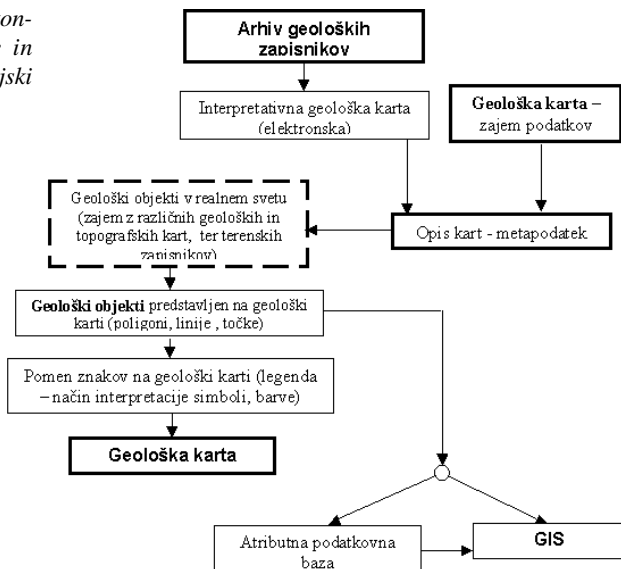
Slika 2: Faze zajemanja geoloških podatkov glede na izgradnjo geološkega podatkovnega modela.

Geološki model je zasnovan na relacijskem modelu podatkovnih baz, ki izhajajo iz osnovne geološke karte.

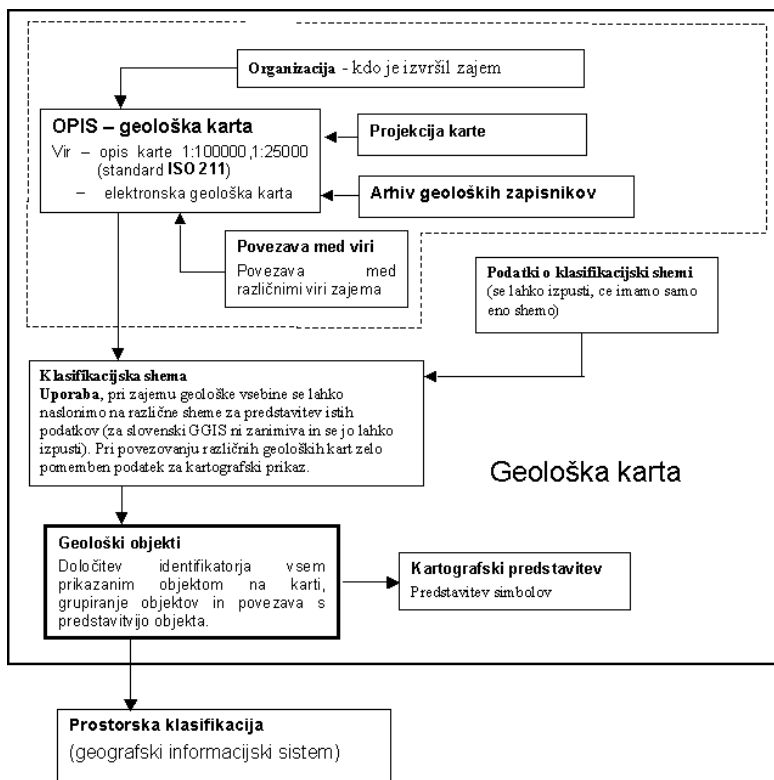
Kartografska predstavitev podaja povezave, ki določajo grafično predstavitev posameznih geoloških objektov. Podatkovni niz določa vrsto grafičnega elementa, prikazanega na geološki karti. Veliko geoloških elementov je sestavljenih iz več posameznih grafičnih objektov (simbol in opis ali simbol in simbol). Podrobni opisi sestavljenih kartografskih objektov so povezani z atributnimi podatki geoloških objektov. Sama tabela kartografske predstavitve objektov je izvedbeno (implementacijsko) neodvisna. Vse tabele, ki so povezane z njo, pa so v bistvu implementacijsko odvisne glede na uporabo programske opreme. Njihovi opisi so sicer splošni, a se predstavitev geološkega objekta v našem primeru veže na določeno programsko opremo. Uporabljena programska oprema je v našem primeru Microstation (zaščiteno ime podjetja Bentley) ali ACAD (zaščiteno ime podjetja Autodesk).

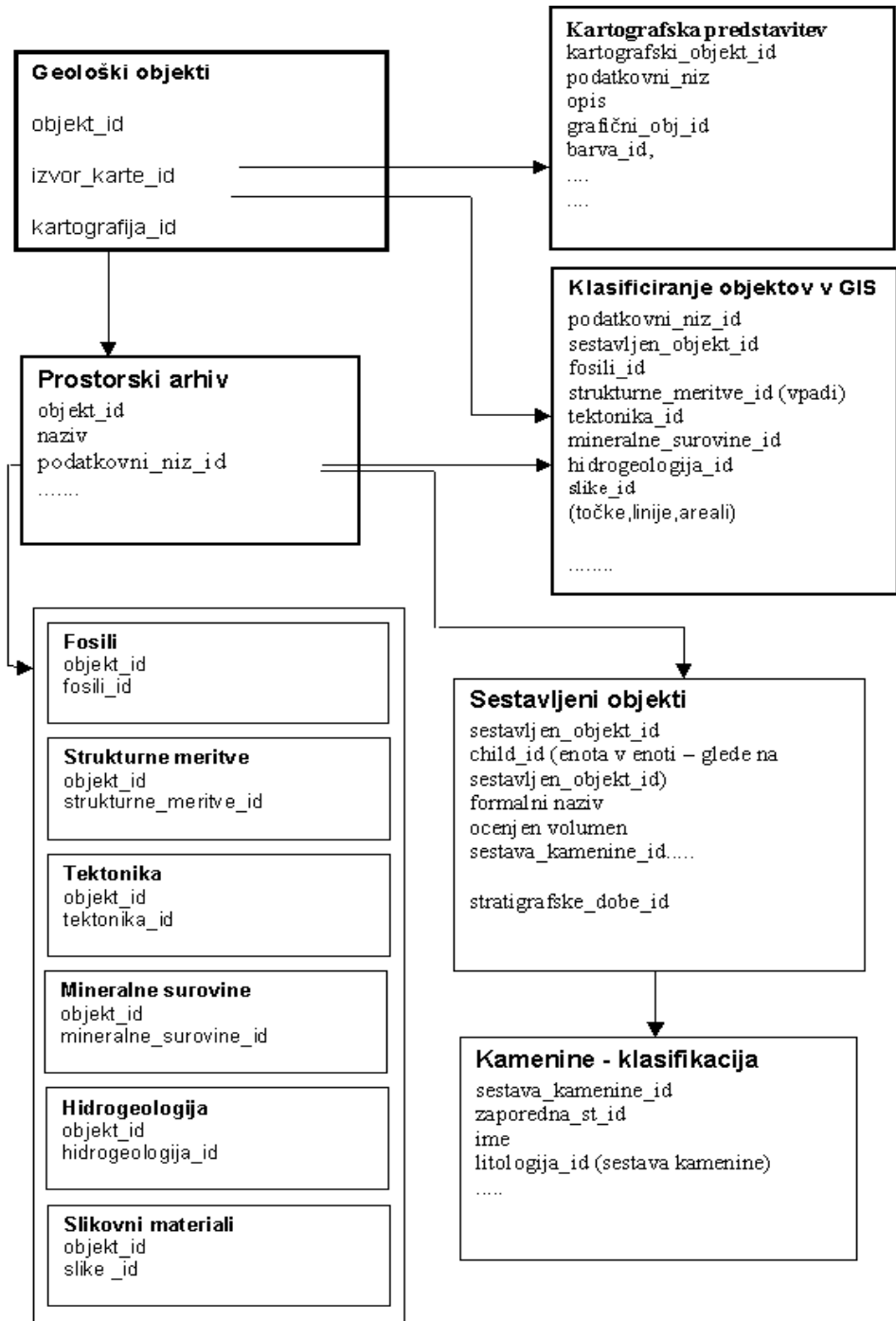
Tabela geoloških objektov predstavlja vse geološke objekte, zajete na terenu, in interpretirane na elektronski geološki karti ali zajete na klasični – analogni geološki karti. Vsak objekt je povezan s tabelo za kartografsko predstavitev posameznega objekta. Objekt je lahko kartografsko predstavljen na bodoči karti ali pa tudi ne, kar je odvisno izključno od kartografskih zahtev. Kartografsko so lahko spremenjeni ali generalizirani tudi položaji posameznih objektov. Ta del je bil že predstavljen na prejšnjem simpoziju GIS v Sloveniji. Vsak geološki objekt je opisan glede barve, nivoja (leyerja), kjer je predstavljen, kratkega opisa in simbola.

Slika 3: Prikazana sta osnovni koncept izgradnje geološke karte in nadgradnja v geološki informacijski sistem in GIS.

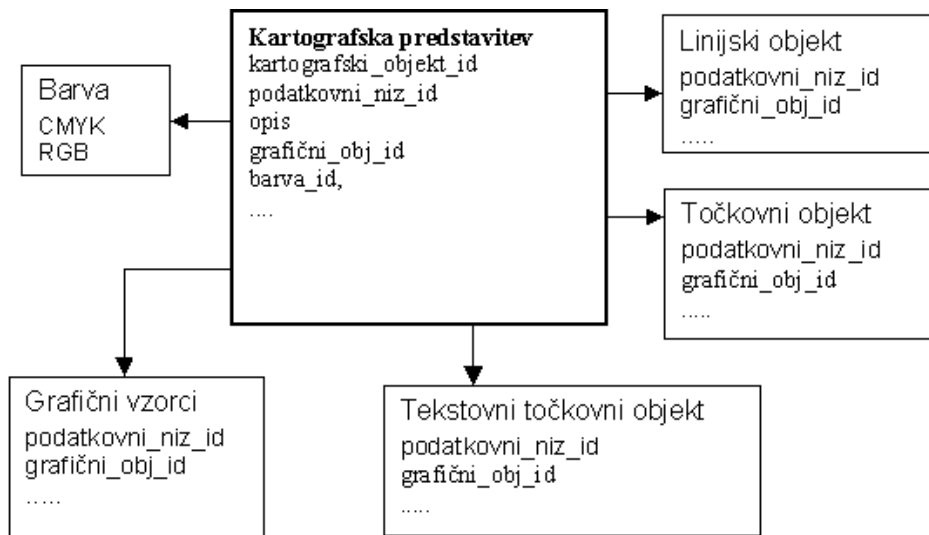


Slika 4: Opis in nastajanje GIS-a za geologijo.





Slika 5: Skrajšan konceptualni model geološkega GIS-a.



Slika 6: Kartografska predstavitev geoloških objektov, odvisna glede na izbrano programsko opremo.

Prostorska klasifikacija predstavlja lokacijo kot prostorski opis vseh objektov v knjižnici posamezne karte. Vse informacije glede oblike, velikosti, pozicije itd. so za posamezni kartografski pojav spravljene v tem arhivu, imenovanem prostorska klasifikacija. Običajno je koristna delitev geometrijskih tipov glede na kasneje uporabljene tematske sheme, ki so poimenovani podatkovni nizi.

Pravo GIS strukturo pa tvori *prostorski arhiv*, ki predstavlja prostorsko lokacijo ter opis vseh objektov v knjižnici posamezne geološke karte. V prostorskem arhivu je podana osnovna struktura celotnega GIS modela, ki se nadalje deli na:

- sestavljene objekte (kamnine ...),
- fosile (mikroflora ...),
- strukturne – meritve (vpadi ...),
- tektoniko (prelomi ...),
- mineralne – surovine (rudniki ...)
- in hidrogeologija (vode ...)

Vsak od predstavljenih nizov objektov je posebej strukturiran in ima svojo podatkovno strukturo, ki pa v prikazu ni navedena. Geološko najpomembnejši in z najzahtevnejšo strukturo so tako imenovani sestavljeni objekti. Posebnost sestavljenih objektov je, na primer, da lahko ena kamnina vsebuje tudi manjše vložke številnih drugih kamenin. Struktura je narejena tako (parent – child), da lahko osnovno kamnino dodatno opišemo in kamnine v bistvu sestavljamo. Osnovna litološka delitev je klasična:

- sedimentne kamnine,
- metamorfne kamnine in
- magmatske kamnine.

Sama klasifikacija vsake kamnine je zopet strukturirana, kar omogoča, da se lahko opiše kar se da natančno in brez omejitev.

4 SKLEP

Nujne potrebe družbe, stroke in znanosti po hitrem in nezahtevnem dostopu do geoloških podatkov, po njihovem ustreznem sodobnem prikazu in hitrem vrednotenju življenjsko pomembnih, kakor tudi ožjih strokovnih in znanstvenih prostorskih geoloških podatkih lahko zadovoljimo le z izgradnjo enotnega geološkega GIS-a. Oblikovanje takšnega sistema je velika razvojna naloga z veliko neznankami, ki jih je nujno treba razrešiti v začetni fazi izgradnje modela, saj vsaka napačna odločitev na začetku lahko močno zmanjša kasnejšo uporabnost modela ali ga celo na novo definira.

Uporabnost tematskega in s tem po definiciji parcialnega GIS-a, kot je geološki, je zagotovljena, če so vanj vključena osnovna konceptualna, metodološka in splošno veljavna prostorska izhodišča, kakor tudi zahteve naročnikov (predvsem države). Geološki informacijski sistem mora biti del večnamenskega GIS-a. Uporabnost na zadnjem nivoju uporabnikov – za negeologe, bo zagotovljena le, če bodo obenem upoštewane ustrezne dosedanje izkušnje drugih uporabnikov. Nujno pa je zadovoljiti specifične potrebe geologov. Zato so nujne celovite organizacijske, institucionalne in tehnične rešitve. Oblikovati je treba ustrezne standarde, ki bodo ustrezali širokemu krogu uporabnikov.

VIRI IN LITERATURA

- Brodaric, B., Boisvert, E., Lauziere, K. 1999: Geomatter: A Map-Oriented Software Tool for Attributing Geologic Map Information According to the Proposed U.S. National Digital Geologic Map Data Model. Digital Mapping Techniques '99 - Workshop Proceedings. U.S. Geological Survey Open-File Report 99-386. Denver, Colorado.
- Jachens, R.C. 2000: Three-Dimensional Geologic Maps and Visualization U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.
- Johnson, B.R., Brodaric, B., Raines, G.L. 1997: Digital Geological Map Data Model v4.2, 83 p. U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.
- Johnson, B.R., Brodaric, B., Raines, G.L., Hastings, J., Wahl, R. 1998: Digital Geological Map Data Model v4.3. U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.
- Soller D., Berg T.M. 2000:., Progress Toward Development of the National Geologic Map Database, Proceedings of a workshop on digital mapping techniques: methods for geologic map data capture, management and publication. U.S. Geological Survey Open File Report 97-269, pp. 37-40. Denver, Colorado.
- Soller, D. R., Berg, T. M., Wahl, R. 2000: Developing the National Geologic Map Database, Phase 3 — An Online, "Living" Database of Map Information Digital Mapping Techniques '00 — Workshop Proceedings. U.S. Geological Survey Open-File Report 00-325. Denver, Colorado.
- Sowder, K. H., Hill, R. T., Irwin, P. N. 2000: The Process of Presenting GIS Information - Making GIS User-Friendly Digital Mapping Techniques '00 — Workshop Proceedings U.S. Geological Survey Open-File Report 00-325. Denver, Colorado.

VKLJUČEVANJE ELEMENTOV GIS-A V ŠTUDIJSKI PROGRAM GEOLOGIJE

Miran Ferlan* in Uroš Herlec**

UDK 91:659.2:004:55, UDK 528.94:55

Izvleček

Vključevanje elementov GIS-a v študijski program geologije

Sistematično zbiranje in prikazovanje prostorskih podatkov je tudi del geologije. Zbiranje, analiziranje in interpretiranje terenskih in drugih geoloških podatkov ima dolgo tradicijo in v arhivih je izredno veliko podatkov. Velik del geoloških podatkov se že na terenskih obhodih direktno vnaša v topografske karte velikih in malih meril. Ostali atributi, ki podrobneje opredeljujejo litološke in/ali druge geološke parametre pa tvorijo bogato tekstovno bazo. Z vedno bolj natančnimi topografskimi kartami in/ali z uporabo GPS se je izboljšala pozicijska natančnost geoloških kart. Končni rezultat zbiranj podatkov so splošne in tematske interpretativne geološke karte. Z razvojem računalniške tehnologije so se povečale možnosti in potrebe po ustrežnejšem zajemu, hranjenju in s tem večji in hitrejši dostopnosti ter mnogostranski tematski predstavitvi podatkov. Na Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za geologijo smo začeli približevati CAD in GIS tehnologijo študentom s prvo resnejšo nalogo – zaslonko vektorizacijo Preglednih geoloških kart 1 : 100.000 in retrogradnim ustvarjanjem baze podatkov iz že obstoječih kart in baz podatkov.

V prihodnje načrtujemo uvedbo osnov teh tehnologij v redni študijski program. Pridobitev določenih dodatnih specialističnih znanj jim

Abstract

Incorporation of GIS elements to the geology study program

Systematic collection and presentation of spatial data is also part of the geology study program. Collecting, analyzing and interpreting field and other geological data has had a long tradition and resulted in files packed with data. To a great extent the geological data collected during fieldwork is directly included in topographic maps of large and small scale. Other characteristics, which determine in detail the lithological and/or other geological parameters, from a rich descriptive database. By using more and more precise topographical maps and/or by using the GPS, the position precision of geological maps has improved. The outcomes of data collection are general and thematic interpretive geological maps. The development of computer technology increased the possibilities and needs for appropriate collection, retrieval, easy and quick access and a multilateral thematic presentation of data. At the Faculty of natural sciences and technology, Department of Geology, we started to present CAD and GIS technology to the students by serious tasks: screen vectorisation of Survey geological maps 1 : 100.000, and creation of bases of old data from the existing maps and databases.

In the future, these technologies are going to be included in the geology study program. The students will be able to take part in special op-

* dr., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, mferlan@fgg.uni-lj.si;

** mag., Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva cesta 12, Ljubljana, uros.herlec@ntfgeo.uni-lj.si

bomo omogočili na posebnih izbirnih tečajih in delavnicah. V članku je podan okviren pregled znanj, ki bi ga morali geologi imeti za poznavanje in delo z GIS podatki in orodji.

tional courses and workshops. The presentation includes an overview of information needed by a geologist for knowing and understanding GIS data and tools.

Ključne besede

GIS, CAD, študijski program geologije, geološke karte

Keywords

GIS, CAD, geology study program, geological maps

1 UVOD

Stalno naraščanje povpraševanja po digitalnih prostorskih podatkih in sočasno večanje števila prostorskih podatkov sta postala velik problem tudi za geologe in druge uporabnike geoloških podatkov.

Izkušnje zadnjih let kažejo, da študij geologije od študentov zahteva znanja, ki avtomatizirajo postopke zbiranja in načine prikazovanja različnih geoloških značilnosti v prostoru, predvsem pri vajah pri predmetu »Geološko kartiranje«, pri izdelavi seminarskih nalog, ki so vezane na zajem in obdelavo prostorskih podatkov in pri diplomskem geološkem kartiranju. Informacije iz prakse kažejo, da naročniki geoloških raziskav terjajo zajem in predstavitev rezultatov v ustreznih GIS formatih. Zato se vse več študentov samostojno odloča za dodatno izobraževanje na tem področju.

Na Oddelku za geologijo zato že nekaj let pripravljamo vključitev sodobnih GIS znanj in računalniških orodij v redni študijski program. Uvajanje novih vsebin v univerzitetni študijski program je vedno težavna naloga. Treba je določiti vsebine in način izvedbe ter zagotoviti ustrezno strojno in programsko opremo.

Menimo, da morajo študenti vseh fakultet, katerih specializacija ima naravoslovni, prostorski ali organizacijski značaj, poznati osnove in splošne koncepte GIS-a, ki naj bo podprto s primeri iz njihovega strokovnega okolja. Seveda bi morala biti vsebina in oprema za te kratke programe posebej izbrana glede na naslednje dejavnike:

- osnovno znanje računalništva,
- možnosti nadaljnje uporabe,
- uporabniško usmerjenost,
- podprtost z ustrežno metodologijo in didaktiko poučevanja, saj je čas za izvedbo zelo omejen.

2 GIS IZOBRAŽEVANJE NA ODDELKU ZA GEOLOGIJO

Ali je GIS izobraževanje na Oddelku za geologijo potrebno? Ali ni to le domena informatikov, geodetov, geografov? To sta vprašanji, na kateri se lahko poda izčrpne odgovore.

Za GIS je izrednega pomena predvsem sodelovanje vseh strok, ki zbirajo prostorske informacije o istem prostoru, da lahko uporabniki informacij in seveda stroka sama pridobijo čim realnejšo sliko okolja. Za geologijo je značilno, da pridobiva in razpolaga z velikimi količinami podatkov, ki pa so vodeni neorganizirano in nepregledno (še vedno ročno) in se jim ne daje ustrezne pomembnosti glede na konkretne potrebe države in drugih potencialnih uporabnikov. Eden izmed ciljev vpeljevanja študijskega programa GIS na oddelku

za geologijo je, da študenti prek temeljnih znanj pridobijo vpogled v nadaljnje možnosti širše uporabnosti pridobljenih terenskih podatkov in jih tudi sami nadalje analizirajo. Brez potrebne informatizacije postopkov tudi še tako strokovno pridobljeni podatki izgubijo preglednost in s tem uporabno vrednost. Vključevanje GIS-a v izobraževalni sistem na področje geologije je nujno. Vključiti moramo naslednja znanja:

- metodologijo zbiranja podatkov v računalniški informacijski sistem,
- standardizacijo zbiranja podatkov,
- poznavanje raznovrstnosti in posebnosti zbiranja geoloških podatkov glede na druge podatke v prostoru,
- povezovanje topografske vsebine kart zaradi boljše predstavljenosti (razvejanost in oblikovanost zemeljskega površja ...) in večje uporabnosti za geološko delo,
- avtomatizacijo procesov obdelave geoloških podatkov,
- povezovanje geoloških podatkov z ostalimi podatki v prostoru,
- prostorsko vizualizacijo in modeliranje geoloških vsebin.

3 PODROČJA GIS IZOBRAŽEVANJA

GIS izobraževanje kot del geološkega izobraževanja lahko v grobem delimo na tri obširnejša področja:

- a) geološki informacijski sistem kot informacijski sistem, ki naj:
 - podaja različne vidike in metode zbiranja geoloških podatkov glede na geološke značilnosti prostora,
 - shranjuje geološke podatke in predvideva povezovanje z negeološkimi podatki v prostoru,
 - standardizira način zbiranja, procesiranja, analiziranja, predstavitve in razširjanje geoloških podatkov kot vir podatkov za pomembne odločitve pri gradnjah različnih objektov ipd.,
 - povezuje geološke vsebine z geodetsko izmero ter uporabo različnih kartografskih tehnik,
 - predvidi uporabo drugih tehnologij primernih glede na ekonomske možnosti, kjer ni mišljena obvezna uporaba GIS tehnologije;
- b) geografski informacijski sistemi kot del tehnologije informacijskih sistemov, ki se naj povezuje na 2D ali 3D prostorske podatke in naj vsebuje:
 - modeliranje, struktuiranje, standardiziranje in izmenjavo prostorskih geoloških podatkov,
 - transformacijo, analizo in vizualizacijo geoloških podatkov,
 - strojne (hardware) komponente GIS-a,
 - uporabo vektorskih in rastrskih GIS programskih orodij (funkcionalnost, delovanje in uporaba),
 - sistemsko planiranje in implementacijo ter
 - trende v GIS tehnologijah;
- c) uporaba GIS tehnologije pri geološkem kartiranju pa naj vsebuje tudi uporabo drugih potrebnih znanj za izobraževanje in šolanje, kot so:
 - geodezija in geofizika,

- navigacija,
- fotogrametrija,
- daljinsko zaznavanje ter
- varovanje okolja in planiranje.

4 KONKRETNA UPORABNA ZNANJA

Znanje, ki bi ga morali geologi imeti za poznavanje in delo z GIS podatki in orodji, so:

- vektorske in rastrske slike in datoteke,
 - pretvorbe iz rastrske v vektorsko obliko in obratno,
 - kartografske projekcije,
 - predstavitev Slovenske geološke karte in standarda za geološke podatke,
 - izdelava geološke karte v CAD okolju.,
 - kaj je GIS?,
 - podatkovni model,
 - topologija in analize in
 - kartografsko modeliranje.
- Uporaba GIS tehnologije v geologiji in geološkem kartiranju:
- vektorski GIS: Arc/Info-ArcView, Microstation Geographic ...,
 - rastrski GIS: Idrisi, Microstation Geographic ...,
 - 3D modeliranje,
 - daljinsko zaznavanje.

5 SKLEP

Sistematično zbiranje, analiziranje, interpretiranje in prikazovanje prostorskih podatkov je tudi del geologije. Končni rezultat zbiranj podatkov, ki jih hranijo klasični arhivi, so bile do sedaj splošne in tematske interpretativne geološke karte. Z razvojem računalniške tehnologije so se povečale možnosti in potrebe po ustrežnejšem zajemu, hranjenju in s tem večji in hitrejši dostopnosti ter mnogostanski tematski predstavitvi podatkov. Zaradi ter razlogov predlagamo uvedbo osnov GIS tehnologij v redni študijski program študija geologije. Izkušnje zadnjih let namreč kažejo, da študij geologije od študentov in prakse zahteva znanja, ki avtomatizirajo postopke zbiranja in načine prikazovanja različnih geoloških značilnosti v prostoru. V članku je podan okvirni pregled znanj, ki bi ga morali geologi imeti za poznavanje in delo z GIS podatki in orodji.

Uvajanje novih vsebin v univerzitetni študijski program je vedno težavna naloga. Potrebno je določiti vsebine in način izvedbe ter zagotoviti ustrezno strojno in programsko opremo. Najtežje je pridobiti ustrezno število ur predavanj in vaj, saj se mora stroka odpovedati "klasičnim" strokovnim vsebinam. Zato je treba doseči soglasje.

Hitremu napredku na področju GIS-ov je v klasično zasnovanem izobraževanju težko slediti. Zato je treba zagotoviti veliko prilagodljivost – možnosti za stalno dopolnjevanje vsebin in izboljšavo učnih metod. – ter možnosti dopolnilnega izobraževanja izkušenim kadrom iz prakse v sistemu stalnega strokovnega izpopolnjevanja.

VIRI IN LITERATURA

- Ferlan, M., Herlec, U. 2000: Priročnik za zajem »Osnovne geološke karte 1 : 25.000« in »Pregledne geološke karte 1 : 100.000«. Oddelek za geologijo, Ljubljana.
- Hafner, J. 1996: Geografski informacijski sistem za potrebe jedrske elektrarne Krško. Magistrsko delo, Knjižnica Oddelka za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta. Ljubljana.
- Uputstvo za izradu osnovne geološke karte SFRJ (Navodila za izdelavo osnovne geološke karte SFRJ). Savezni geološki zavod, Beograd, 1964.
- Žepič, F. et al. 1998: Necessary First Step in the Process of the Establishing National Geologic Information System – The Slovenian Experience. International Conference on GIS for Earth Science Applications. Ljubljana.

UPORABA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SISTEMOV PRI RAZMINIRANJU V JUGOVZHODNI EVROPI

Nataša Uršič in Borut Jagarinec*

UDK 91:659.2:004:623.36(4)

Izyleček

Uporaba geografskih informacijskih sistemov pri razminiranju v jugovzhodni Evropi

Mednarodna ustanova – fundacija za razminiranje in pomoč žrtvam min (v nadaljevanju ITF) s sedežem na Igu – je neprofitna organizacija, ustanovljena s strani države Slovenije z namenom, da pomaga državam JV Evrope pri humanitarnem razminiranju in rehabilitaciji žrtev min. V prispevku je predstavljena vloga ITF pri uporabi geografskih informacijskih sistemov (GIS) pri razminiranju v JV Evropi ter uporabljena tehnologija. Predstavljen je način pomoči ITF regionalnim centrom v JV Evropi pri humanitarnem razminiranju in način implementacije distribuiranega informacijskega sistema, katerega glavni člen je GIS.

Ključne besede

mine, humanitarno razminiranje, žrtve min, GIS, satelitski posnetki, digitalni model reliefa

Abstract

Implementation of the Geographical Information System for Mine Action in South-East Europe

International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF) is non-profit organisation established by the Slovenian government with the aim of helping mine affected countries in the region of South-East Europe in their mine clearance and mine victims efforts. In this contribution is presented the ITF part of the implementation of "Geographical Information System (GIS) for Mine Action in South-East Europe" and technology used for that. Presented are methods of help to the regional mine action centres in South-East Europe for demining and the implementation method of the distributed information system in which is the GIS main part.

Keywords

mine, demining, mine victims, GIS, satellite imagery, digital elevation model

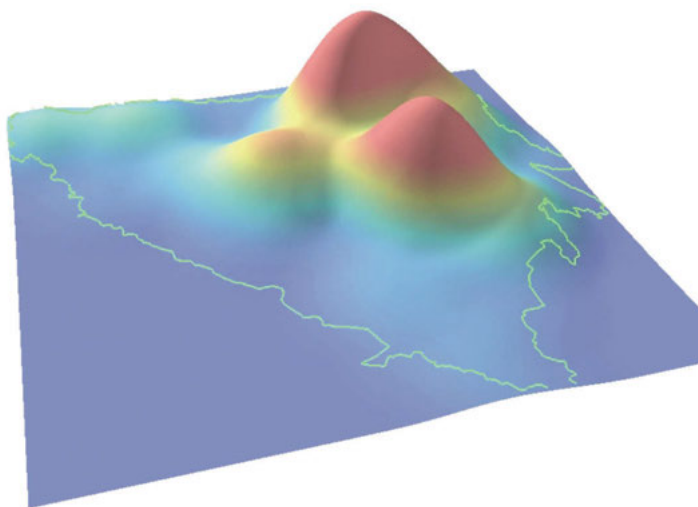
1 UVOD

Dne 8. decembra 2000 je bila podpisana pogodba o donaciji z Evropsko komisijo, katere predmet je bila izdelava regionalnega geografskega informacijskega sistema kot pomoč pri odstranjevanju min in neeksploziranih ubojnih sredstev (NUS) v JV Evropi. Kmalu zatem je bil sklenjen tudi sporazum med Mednarodno ustanovo – fundacijo za razminiranje in pomoč žrtvam min (ITF) in Združenimi Državami Amerike v katerem Združene države Amerike podpirajo projekt »Geographical Information System for Mine Action in South-East Europe« tehnično in tudi finančno z enakim zneskom kot Evropska komisija.

* Mednarodna ustanova – fundacija za razminiranje in pomoč žrtvam min, Ig 212, 1292 Ig, ur-sic@itf-fund.si, jagarinec@itf-fund.si

2 VLOGA ITF PRI UPORABI GIS PRI RAZMINIRANJU V JV EVROPI

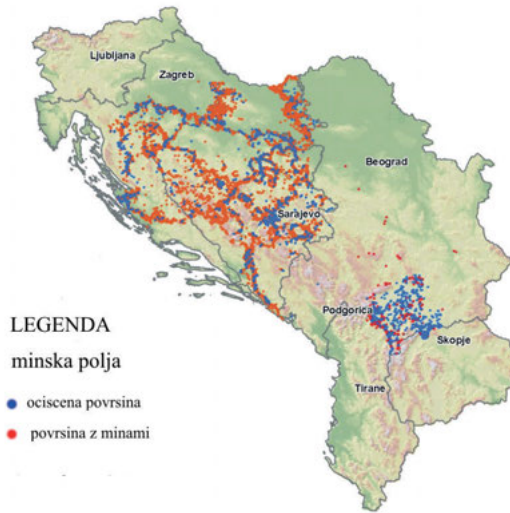
ITF naj bi vzpostavil regionalni GIS-center za države, ki se srečujejo s problemi razminiranja na področju JV Evrope. Na sedežu fundacije na Igu je v teku vzpostavitev računalniške baze podatkov o minskih poljih in najdiščih neeksplodiranih ubojnih sredstev. Baza se bo vzdrževala s pomočjo informacij, ki jih bodo v regionalni GIS-center po internetu sporočale regionalne pisarne in centri za razminiranje v posameznih državah regije. Podatki, ki bodo prihajali prek interneta, bodo enotni. Določili so že standard, ki ga države upoštevajo pri pošiljanju podatkov. V naslednji fazi bodo s pomočjo XML ta proces avtomatizirali. Cilj je vzpostaviti enoten kataster minske situacije v JV Evropi. S pomočjo GIS-tehnologije, satelitskih slik s klasifikacijo zemljišč in z digitalnimi modeli reliefa bomo v centru na Igu pripravljali kartografsko gradivo. Prikazovali bomo območja, kjer se nahajajo mine in NUS, območja, ki so že očiščena in območja z incidenti (minskimi nesrečami). Z namenom informiranja javnosti in posebej donatorjev bo večina gradiva objavljena tudi na spletnih straneh www.see-demining.org. Ob sprotni izmenjavi podatkov naj bi dobili tudi vpogled v proces razminiranja. To bi nam olajšalo presojo uspešnosti posameznih držav pri odstranjevanju min in NUS ter donatorjem omogočilo transparenten vpogled v trenutno stanje in s tem v smotrnost porabe njihovih doniranih finančnih sredstev.



Slika 1: Frekvenca minskih nesreč v Bosni in Hercegovini.

Težave, s katerimi se srečujemo pri vzpostavljanju baze podatkov, so neenotnost in nezdržljivost podatkov, saj podatki prihajajo iz različnih virov. Države, ki se soočajo s problemi min, uporabljajo pri reševanju problema različne metode, sisteme in tehnologije. Razlogi za težave so tako tehnične – nezdržljivost sistemov, nezdržljivost podatkov (oblika, ločljivost, različna izbira med rastrskim in vektorskim prikazom, projekcije ...),

različna tehnologija in podobno, kot tudi organizacijske narave (politika, tajnost podatkov, tekmovalnost ...) (Peckham 2000). Vse to bi bilo potrebno uskladiti in poenotiti, kar je tudi cilj naših skupnih delavnic. Delavnice prirejamo približno vsake tri mesece v prostorih Izobraževalnega centra za zaščito in reševanje (ICZR) na Igu. Delavnic se udeležujejo predstavniki iz regije JV Evrope s katerimi sodelujemo, Evropske komisije (Joint Research Centre in EU Satellite Centre), ZDA (James Madison University in US Department of State) ter strokovnjaki iz Slovenije. Namen delavnic je izmenjava informacij v regiji (kaj je bilo narejenega od zadnjega srečanja, problemi s katerimi se srečujejo v posameznih centrih v regijah, potrebe centrov za razminiranje ...).



Slika 2: Minska polja v JV Evropi.




3 GIS-TEHNOLOGIJA

GIS-tehnologijo pri razminiranju intenzivno uporabljajo na Hrvaškem, v BiH in na Kosovu, kjer se uporablja že kar nekaj časa, v Albaniji pa v zadnjem času. V pripravi so podprojekti vzpostavitve GIS-oddelkov znotraj centrov za razminiranje v Jugoslaviji in Črni Gori.

V okviru projekta je bil predlagan in sprejet večločljivostni pristop, ki razdeljuje kartografsko gradivo glede na uporabo in namen.

Eden od končnih produktov projekta so regionalne karte velikega merila, na katerih so označena minska polja, NUS, ozemlja, ki so očiščena, ter minske nesreče, skupaj s koordinatami nahajališč min, opisom minskih nesreč in vrstami min.

Na karte velikih meril se vnašajo predvsem območja minskih polj, katerih koordinate se določajo večinoma z diferencialnimi GPS ali s klasičnimi geodetskimi metodami. Te karte dobijo za potrebe svojega dela deminerske skupine, ki so bile izbrane za deminiranje posameznih območij. Pred uporabo GIS so bile vse karte (oz. skice) nahajališč min izrisane

Ločljivost / merilo	Pokrito območje	Posnetki / vektorji	Uporaba / namen	
KORAK 1 Nizka ločljivost 1 : 100.000	Vse države: Albanija BiH Hrvaška Kosovo Makedonija Črna Gora Jugoslavija	Posnetki: ortorektificiran Landsat 7 (1990 in 2000) Vektorji: državne meje obstoječe ceste, železniško omrežje, reke, vode, naseljena območja	klasifikacija zemljišč, detekcija sprememb klasifikacije zemljišč 1990-2000 posodobitev vektorjev nizke ločljivosti, regionalen vpogled & strategije posnetki v ozadju referenčni okvir, ki združuje celotni projekt	
KORAK 2 Srednja resolucija 1 : 25.000	Vse države: Albanija BiH Hrvaška Kosovo (EU satelitski center) Makedonija (EU satelitski center) Črna Gora (EU satelitski center) Jugoslavija	Posnetki: ortorektificiran IRS PAN/LISS, fuzija DMR Vektorji: ceste, železnica, reke, jezera, urbana naselja, imena in populacija	osnova za digitalizacijo vektorjev iz posnetkov (ceste, reke, urbana naselja...) ortorektifikacija regionalno planiranje lokalni vpogled & planiranje aktivnosti za razminiranje	
KORAK 3 Visoka ločljivost 1 : 5.000	izbrane lokacije po prioriteti	Posnetki: IKONOS, EROS, Quickbird, zračni ortorektificirani posnetki Vektorji: območje minskih polj	natančno določanje minskih polj in sumljivih območij (območje minskega polja). načrtovanje, ocenjevanje, monitoring aktivnosti za razminiranje detaljno lokalno planiranje, terensko delo	

Preglednica 1: Večločljivostni pristop (Earth Satellite Corporation 2002).

ročno. Zaradi manjše natančnosti tako izdelanega kartografskega gradiva je večkrat prišlo do nesreč na deloviščih.

Centri za razminiranje držav JV Evrope uporabljajo pri svojem delu naslednjo GIS programsko opremo:

- GIS - programska oprema v Sloveniji, Albaniji in na Kosovu
 - o ESRI ArcGIS (ArcView, ArcInfo, Spatial Analyst, ArcIMS, ArcEurope)
 - o Erdas Imagine Professional
- GIS - programska oprema v BiH in na Hrvaškem
 - o MapInfo Professional
 - o MapInfo MapXtreme
 - o Blue Marble Geographic Geographic Transformer

4 SKLEP

GIS-tehnologija pridobiva v procesu razminiranja vedno večjo vlogo. ITF pomaga državam JV Evrope, ki se srečujejo s problemom min in deminiranja, tudi na tem področju, saj skrbi za nabavo strojne opreme, programske opreme ter nabavo in produkcijo prostorskih podatkov. Velik poudarek pa je tudi na izobraževanju in usposabljanju ustreznih strokovnjakov.



Slika 3: Minska polja v BiH skupaj z ITF projekti.

ITF namerava del rezultatov svojega delovanja redno objavljati na svoji spletni strani in tako omogočiti dostop do informacij tudi drugim uporabnikom. Kompleksna slika poteka razminiranja (in napredka) bo namenjena tudi državam, ki s svojimi donacijami omogočajo odpravljanje tega velikega problema. ITF ob tehnični pomoči Evropske komisije (JRC) in Združenih držav Amerike (JMU) sodeluje pri vzpostavljanju GIS-sistema z več domačimi in tujimi podjetji in ustanovami, kar prinaša vsestranske koristi vsem sodelujočim.

VIRI IN LITERATURA

- Earth Satellite Corporation. 2002: Imagery and land Cover: Base Layers for a Regional Planning GIS. Rockville. USA.
- Peckham, R. J. 2000: Proceedings of the workshop »Towards Harmonised Information Systems for mine Action in South Eastern Europe«. European Commission, Joint Research Centre, Ispra. Italija.

IZDELAVA KARTE NARAVNIH DANOSTI PROSTORA ZA ODLAGANJE NIZKO IN SREDNJE RADIOAKTIVNIH ODPADKOV V GIS-OKOLJU

Jasna Šinigoj* in Janko Urbanc**, Peter Tomše***

UDK 91:659.2:004:621.039.7

Izvleček

Izdelava karte naravnih danosti prostora za odlaganje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v GIS-okolju

V sklopu prizadevanj za zagotovitev odlagališča NSRAO v Sloveniji je Agencija za radioaktivne odpadke začela s ponovnim postopkom izbora lokacije. Štiristopenjski postopek temelji na kombiniranem pristopu, pri katerem se skuša opredeliti ustrezne lokacije ob hkratni uporabi ocenjevalnih meril ter sodelovanju ponudnikov lokacij. Prvi operativni korak v postopku je vrednotenje celotnega slovenskega prostora glede primernosti za odlagališče s stališča naravnih danosti prostora. Karta naravnih danosti prostora za odlaganje NSRAO je osnova za nadaljevanje postopka izbora lokacij odlagališča NSRAO v Sloveniji.

V članku je predstavljena izdelava karte naravnih danosti prostora za odlaganje NSRAO. Kriteriji, ki so bili uporabljeni v postopku izdelave karte, pogojujejo lastnosti lokacije s stališča naravnih danosti. Nanašajo se na geološko oziroma hidrogeološko zgradbo ozemlja ter njegove hidrološke, klimatske in reliefne značilnosti.

Prostor celotne Slovenije je bil obdelan v GIS okolju z večparametrsko metodo utežene vsote. Vsakemu parametru je bila določena stopnja primernosti (koristnosti) in nato še njegov pomen glede na ostale parametre, ki nastopajo v procesu izbora. S tem je bil dosežen bolj realen prispevek posameznega parametra h končni oceni lokacije. Poleg tega je bil v postopku obdelave prostora

Abstract

The production of the GIS map of natural suitability for the low and intermediate level waste (LILW) disposal sitting

For the purpose of a LILW disposal in Slovenia, the Agency for Radwaste Management has reopened the procedure of LILW disposal sitting. A four-degree procedure is based on a combined approach in which suitable locations are identified using assessment criteria and in co-operation with the location bidders. The first step in the procedure was evaluation of the entire Slovenian territory according to its suitability for a LILW site from the point of view of natural suitability of the area. A map of natural suitability for a LILW disposal site is the basis for the procedure for LILW disposal sitting in Slovenia.

In this paper we would like to present the production of a map of natural suitability for LILW disposal site. The characteristics of the disposal site from the point of view of natural characteristics are dependent on the criteria used for the production of the map. They are associated with the geological and hydrogeological characteristics of the area, as well as with its hydrologic, climatic and morphologic characteristics.

The data on the entire Slovenian territory has been transferred into GIS environment with the multi-parametric method of a weighted summation. A degree of suitability (utility) was assigned to each parameter, and later also its importance regarding other parameters included

* Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, jasna.sinigoj@geo-zs.si

** dr., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, janko.urbanc@geo-zs.si

** Agencija za radioaktivne odpadke, Parmova 53, 1000 Ljubljana, peter.tomse@gov.si

veden poseben faktor, s katerim je bila zmanjšana končna ocena primernosti tistih lokacij, ki so glede enega ali večih temeljnih parametrov izrazito slabo ocenjene, kar bi v praksi močno ogrozilo možnost lociranja odlagališča NSRAO.

Ključne besede

radioaktivni odpadki, večparametrna analiza, geografski informacijski sistem

in the process of selection. In this way, more realistic contribution of each parameter to the final evaluation of each location was established. Additionally, a special factor was introduced into the spatial processing. It lowered the final value of suitability of the locations that were distinctly low evaluated in one or more basic parameters, which would considerably jeopardize the possibility for finding suitable location for LILW disposal site.

Keywords

radioactive waste, multicriteria evaluation, geographical information system

1 UVOD

Odlaganje je zadnje dejanje v postopku ravnanja z nizko in srednje radioaktivnimi odpadki (v nadaljevanju NSRAO). Odlagališče NSRAO je jedrski objekt, za katerega mora biti izkazana zadostna varnost. Varnost odlagališča je dosežena zlasti z vzpostavitvijo pregrad, ki po eni strani omejujejo prehajanje radioaktivnih snovi v okolico, po drugi pa ščitijo odlagališče pred dostopom ljudi ali živali. V svetu je uveljavljen način doseganja predpisane varnosti s sistemom večkratnih pregrad, ki ga sestavljajo: pakirani radioaktivni odpadki v ustrezni obliki, odlagalni objekt s polnilnimi, tesnilnimi in prekrivnimi materiali in ustrezni geološki pogoji na lokaciji (geološko okolje).

Geološko okolje v katerem je zgrajeno odlagališče, omogoča dolgoročno izolacijo odpadkov od biosfere oziroma od ljudi in okolja, saj zagotavlja fizično zaščito odlagališča, omejuje prenos radioaktivnih izotopov iz odlagališča in zadržuje radionuklide v širši okolici odlagališča.

Pogoje za dolgoročno varnost odlagališča narekujejo posamezne značilnosti geološkega okolja (prostornina in enostavnost strukture geološke formacije, litološka sestava kamnin, hidrogeološke in geokemične lastnosti, nestabilnost kamninskih in preperinskih mas, seizmične in tektonske značilnosti območja, ...). Na osnovi teh dejavnikov smo overednotili potencial ozemlja za odlaganje NSRAO oziroma ekspertno določili izhodiščna potencialna območja

Na osnovi smernic oziroma priporočila za presojo primernosti lokacije za odlagališče NSRAO (IGGG 1995, IRGO 1995, IBE 1995) smo izdelali karto naravnih danosti prostora za odlaganje NSRAO, in sicer ločeni karti za površinski in podzemni tip odlagališča. Končna karta naravnih danosti prostora predstavlja združitev obeh kart. Pri izdelavi karte smo upoštevali samo naravne danosti, ki vplivajo na kakovost lokacije, torej dejavnike, ki niso odvisni od človekovih dejavnosti na nekem območju: geološki, hidrogeološki, hidrološki, klimatski in reliefni. Drugi dejavniki, npr. poseljenost ozemlja, oddaljenost od infrastrukture, zaščitna območja ipd., bodo upoštevani v nadaljevanju postopka.

Uporabljeni so bili sledeči parametri:

- prostornina geološke formacije,
- enostavnost strukture geološke formacije,
- litološka sestava kamnin,
- hidrogeološke lastnosti kamnin,
- geokemične lastnosti zemljin in kamnin,
- stopnja seizmične aktivnosti,
- strukturno-tektonske značilnosti kamnin,
- trdnost kamnin,
- degradacijski učinki površinskih vod,
- ekstremne klimatske razmere,
- morfologija terena.

2 METODA VREDNOTENJA

Prostor celotne Slovenije smo obdelali v GIS okolju z večparametrsko metodo utežene vsote (Nijkamp et al. 1990). Metoda ima več izrazitih prednosti:

- metoda je enostavna, kar je ugodno za postopek izbora, saj bodo vanj vključene različne skupine ljudi z različno stopnjo znanja; pomembno je, da bodo razumeli mehanizem postopka odločanja;
- metoda utežene vsote omogoča dober pregled vpliva posameznega parametra na končni rezultat. Pri mnogih tovrstnih metodah zaradi bolj kompliciranega postopka namreč ni mogoče videti, na kakšen način se bo vrednost določenega parametra odražala v končni oceni primernosti, kar poveča možnost napačne presoje posameznih parametrov v odločitvenem postopku.

Pri uporabi metode utežene vsote moramo vsakemu parametru določiti najprej stopnjo primernosti (koristnosti), poleg tega pa moramo določiti tudi relativni pomen določenega parametra glede na ostale parametre, ki nastopajo v procesu izbora. Ocene primernosti posameznih parametrov kakor tudi ocene pomena parametrov smo razdelili v pet skupin (Nijkamp et al. 1990).

Pri ocenjevanju primernosti parametrov v bistvu opravimo proces normalizacije podatkov, saj parametrom z različnimi vrednostmi pojavljanja pripišemo ocene z enako vrednostno lestvico. Odločili smo se, da poleg številčnih ocen primernosti uporabimo tudi opisno lestvico ocen primernosti posameznega parametra, saj so opisne ocene v načelu primernejše za ocenjevanje (Rajkovič 1987). Uporabili smo sledečo lestvico ocen primernosti:

- 5 – zelo primerno
- 4 – primerno
- 3 – srednje primerno
- 2 – manj primerno
- 1 – zelo nizka stopnja primernosti
- 0 – izjemoma primerno

Vsi parametri seveda nimajo enakega pomena za oceno možnosti izvedbe odlagališča.

Če bi privzeli enako težo vseh parametrov, bi se zares pomembni parametri nekako izgubili v povprečju, tako da bi lahko izrazite prednosti posamezne lokacije v glavnih parametrih izničile z slabšimi ocenami manj pomembnih parametrov. Z ponderiranjem ocen pomena parametrov lahko dosežemo bolj realen prispevek pomena posameznega parametra h končni oceni lokacije (Carver 1991). Uporabljali smo sledečo lestvico ocenjevanja pomena parametrov:

- 5 – zelo pomemben
- 4 – pomemben
- 3 – srednje pomemben
- 2 – manj pomemben
- 1 – praktično zanemarljiv

Oceno primernosti posamezne točke določimo na osnovi vsote uteženih ocen primer-
nosti posameznih parametrov:

$$O_{sk} = \sum O_{pr} \cdot O_{po}$$

O_{sk} skupna ocena primernosti lokacije

O_{pr} ocena primernosti parametra

O_{po} ocena pomena parametra

Nekateri parametri so tako pomembni, da v veliki meri pogojujejo primernost po-
samezne lokacije. Ker je bil naš namen obdelava prostora brez vnaprejšnjega izločanja
posameznih lokacij (brez uporabe izločilnih kriterijev), je potrebno zelo velik pomen
takšnih parametrov oziroma kriterijev v postopek izbora vgraditi na drugačen način. Tudi
če temeljnim kriterijem pripišemo visoke ocene pomena, po naših izkušnjah slabe loka-
cije v povprečju dobijo še vedno previsoko število točk. Lokacije ocenjujemo namreč na
osnovi več kriterijev, tako da ena izrazito slaba ocena v primerjavi z ostalimi ocenami ne
pomeni prav veliko.

Zaradi tega smo v postopku obdelave prostora uvedli poseben faktor, s katerim smo
zmanjšali končno oceno tistih lokacij, ki so glede enega ali večih temeljnih parametrov
izrazito slabo ocenjene, kar bi v praksi močno ogrozilo možnost lociranja odlagališča
NSRAO. Ta faktor smo imenovali redukcijski faktor (F_r), njegove vrednosti so v razponu
od 0 do 1. Redukcijski faktorji so bili določeni na osnovi ekspertnega ocenjevanja v fazi
kalibracije modela primernosti. Z redukcijskim faktorjem pomnožimo skupno število točk,
ki jih je dosegla določena lokacija (Urbanc et al. 2001).

$$O_{sk} = F_r \sum O_{pr} \cdot O_{po}$$

F_r redukcijski faktor

O_{sk} skupna ocena primernosti lokacije

O_{pr} ocena primernosti parametra

O_{po} ocena pomena parametra

Če ima lokacija več redukcijskih faktorjev, njihov skupni učinek seštejemo po formuli:

$$\frac{1}{F_r} = \frac{1}{F_{r_1}} + \frac{1}{F_{r_2}} + \dots + \frac{1}{F_{r_n}}$$

V praksi so bili uporabljeni redukcijski faktorji med 0.5 in 0.7 pri sledečih parametrih:

- litološka sestava kamnin,
- degradacijski učinki površinskih vod,
- morfologija terena.

Končno ustreznost posamezne celice smo izrazili v odstotkih glede na največje mož-

no število točk, ki ga lahko dobi posamezna celica. Za grafično prikazovanje smo ocene posameznih lokacij razdelili v dva razreda.

3 POSTOPEK IZDELAVE KARTE NARAVNIH DANOSTI V GIS OKOLJU

Izvajanje večparametrskih analiz v GIS okolju nam nudi močno orodje za podporo pri odločitvah (Maleczewski 1996, Carver 1991, Pereira et al. 1993, Heywood et al. 1994).

Pri izdelavi karte so bili uporabljeni standardni postopki, ki jih izvajamo v GIS okolju, kot so: spreminjanje razredov (reklasifikacija), prekrivanje, algebra karte, boolove operacije, ploskve in območja oddaljenosti, združevanje osnovnih operacij in preproste operacije za upravljanje podatkov (Kvamme et al. 1997).

Izdelava karte naravnih danosti za odlaganje radioaktivnih odpadkov je potekala v sledečih stopnjah (Urbanc et al. 2001):

- zbiranje digitalnih podatkov,
- ugotavljanje kakovosti,
- priprava digitalnih podatkov za analizo,
- izdelava kart primernosti posameznih parametrov,
- izdelava karte naravnih danosti
- za površinski tip odlagališča
- za podzemni tip odlagališča,
- izdelava skupne karte naravnih danosti za odlaganje radioaktivnih odpadkov.

Analize smo izvajali v Arc/Info okolju (GRID modul), uporabili pa smo digitalne baze prostorskih podatkov, ki prekrivajo celotno Slovenijo (tabela 1). Za velikost celice smo določili 100 x 100 m.

Za vsak posamezen parameter smo izdelali karto, ki prikazuje oceno primernosti za odlaganje NSRAO (slika 1).

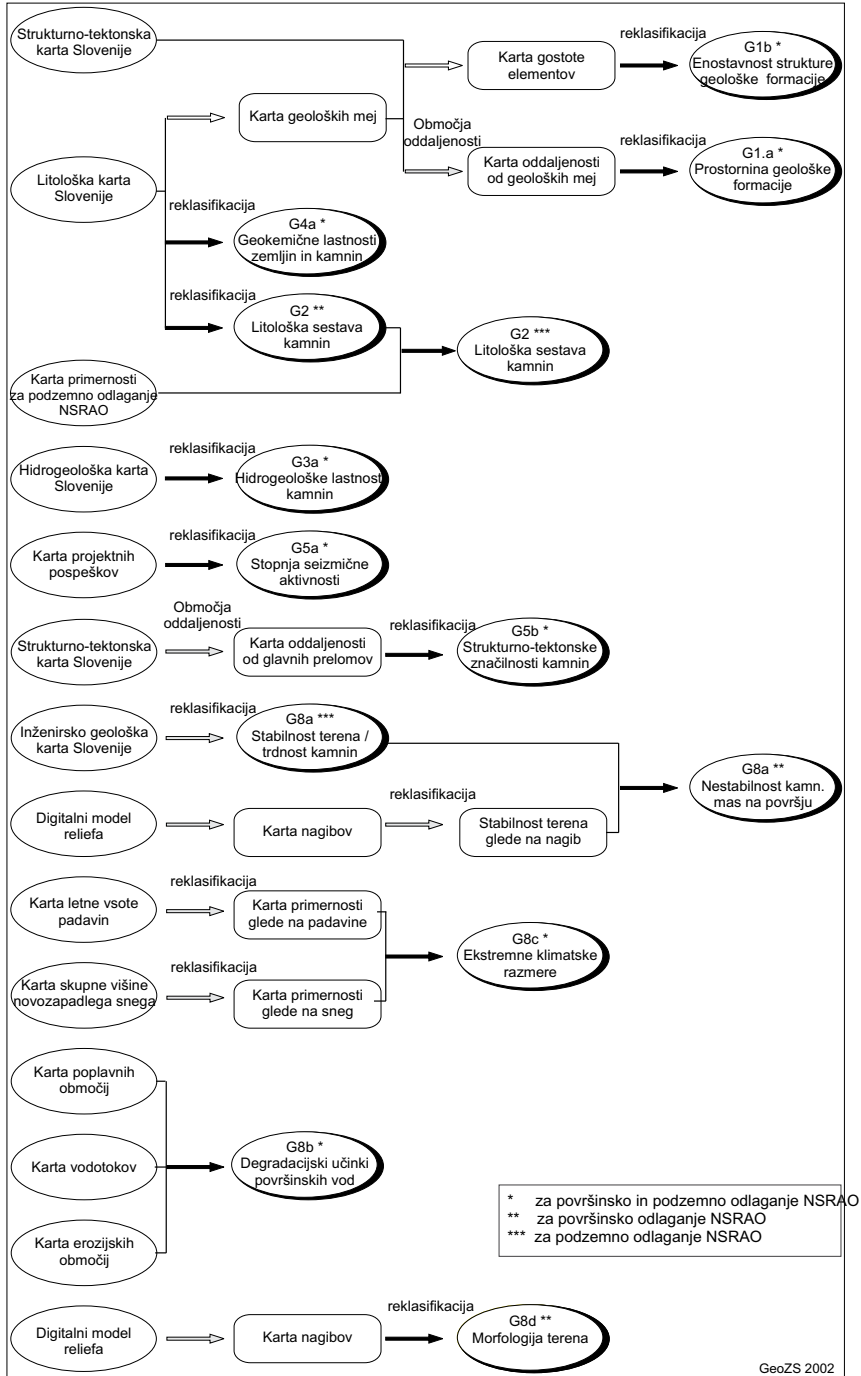
Karte primernosti za odlaganje NSRAO za posamezne parametre smo utežili, jih sešteli, nato pa uporabili še redukcijske faktorje (slika 2). Izdelali smo dve karti naravnih danosti prostora za odlaganje NSRAO, in sicer za površinski in podzemni tip odlagališča. Končna karta naravnih danosti prostora predstavlja združitev obeh kart (slika 3). Karti smo združili po pravilu maksimuma, saj bomo na lokaciji zgradili le en tip odlagališča, bodisi površinski ali podzemni (Urbanc et al. 2001).

4 SKLEP

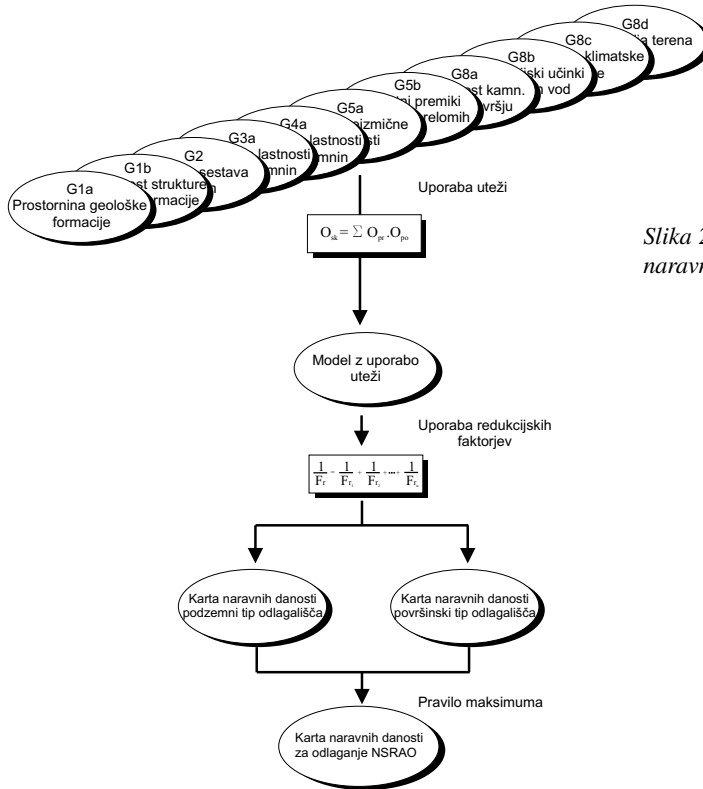
Karta naravnih danosti predstavlja izhodiščna potencialna območja iskanja lokacij za odlagališče NSRAO. Območja iskanja lokacij so tista območja, na katerih obstaja določena verjetnost, da bo z naknadnimi terenskimi raziskavami mogoče najti primerno lokacijo za odlaganje radioaktivnih odpadkov. Gre torej za potencialno primerna območja, katerih primernost bo treba potrditi z nadaljnjimi raziskavami. Karta je nastala s kabinetnim pregledom ozemlja celotne Slovenije, ki predstavlja prvo stopnjo postopka izbora lokacije.

Parameter	Oznaka	Podatkovne zbirke
Prostornina geološke formacije	G1a	Litološka karta Slovenije
Enostavnost strukture geološke formacije	G1b	Litološka karta Slovenije, Strukturno-tektonska karta Slovenije
Litološka sestava kamnin	G2	Litološka karta Slovenije Karta potencialne primernosti območij za podzemno odlaganje NSRAO
Hidrogeološke lastnosti kamnin	G3a	Hidrogeološka karta Slovenije
Geokemične lastnosti zemljin in kamnin	G1a	Litološka karta Slovenije
Stopnja seizmične aktivnosti	G5a	Karta projektnih pospeškov tal za povratno periodo 475 let
Strukturno-tektonske značilnosti kamnin	G5b	Strukturno-tektonska karta Slovenije
Nestabilnost kamninskih in preperinskih mas na površju	G8a	Inženirsko geološka karta Slovenije, DMR Slovenije
Degradacijski učinki površinskih vod	G8ba	karta poplavnih linij Karta vodotokov Karta erozijskih območij
Ekstremne klimatske razmere	G8c	Karta povprečne skupne višine novozapadlega snega Karta prostorske porazdelitve letne vsote padavin
Morfologija terena	G8d	DMR Slovenije

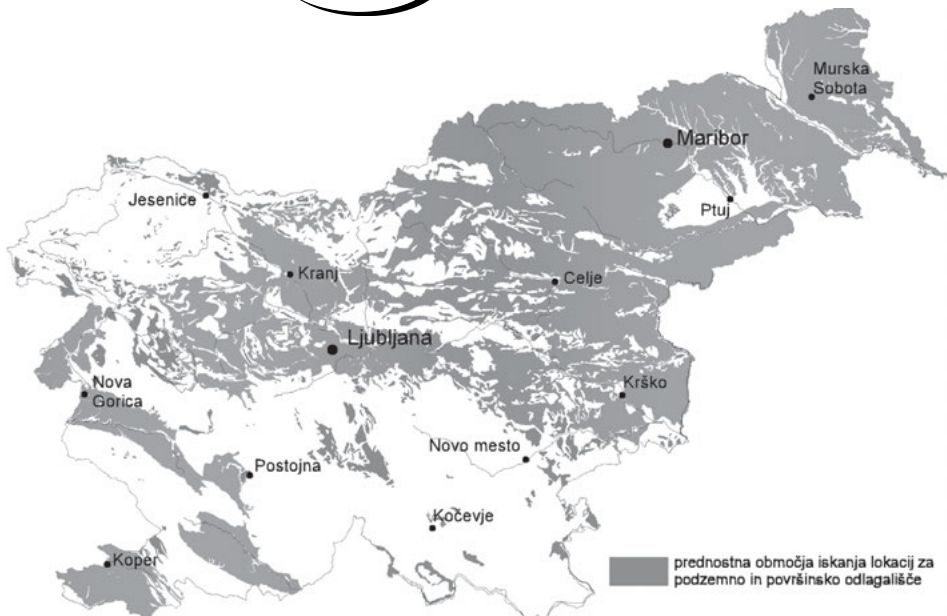
Tabela 1: Uporabljene podatkovne zbirke.



Slika 1: Postopek izdelave kart primernosti za odlaganje NSRAO po posamezenih parameterih.



Slika 2: Postopek izdelave karte naravnih danosti.



Slika 3: Karta naravnih danosti za odlaganje NSRAO.

VIRI IN LITERATURA

- Carver, S.J. 1991: Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 5.
- Heywood, I., Oliver, J., Tomlinson, S. 1994.: Building an Exploratory Multi Criteria Modeling Environment for Spatial Decision Support. EGIS.
- IAEA 1994: Siting of Geological Disposal Facilities, Safety Series No. 111-G-4.1, IAEA. Vienna.
- IAEA 1995: Načela ravnanja z radioaktivnimi odpadki, Zbirka o varnosti, št.: 111-F, IAEA, Dunaj, 1995, prevod URSJV in DJS, Ljubljana. 1996
- IBE 1995: Kriteriji za izbor lokacije globinskega odlagališča nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov, Proj. št. NRXX-1KG-MS01, Ljubljana.
- IBE 1999: Površinsko odlagališče NSRAO, Idejna rešitev, IBE. Ljubljana.
- IBE 2000/1: Program varnostnih analiz za odlagališče NSRAO, IBE. Ljubljana, 2000
- IGGG 1995: Geološke smernice za izbor lokacije podzemnega odlagališča NSRAO. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, arh.št. J-II-30d/b14-23/1-v, Ljubljana.
- IRGO 1995: Geološke smernice za izbor odlagališča NSRAO, REV 1. Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Ljubljana.
- IRGO 1999: Podzemno odlagališče NSRAO, IRGO Consulting. Ljubljana.
- Marušič, I. 1998: Izbor lokacije za odlagališče NSRAO: Prikaz večparametrskega postopka – kombinacija modelov. Biotehnična fakulteta, Ljubljana.
- Komac, M., Šinigoj, J., Urbanc, J. 2000: Obdelava digitalnih geoloških podatkov za potrebe Agencije RAO – hidrogeološka, tektonska in inženirsko-geološka karta. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Kvamme K., Oštir-Sedej K., Stančič S., Šumrada R. 1997: Geografski informacijski sistemi, Znanstvenoraziskovalni center SAZU. Ljubljana.
- Malczewski, J. 1996: A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 10/8.
- Milnes, A.G. 1985: *Geology and Radvaste*. Academic Press, London.
- Nijkamp, P., Rietveld, P., Voogd, H. 1990: Multicriteria evaluation in physical planning. North-Holland, Amsterdam.
- Pereira, J.M.C., Duckstein, L. 1993: A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation, *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 7/5.
- Rajkovič, V. 1987: Večparametrski odločitveni postopek, ki temelji na metodah kibernetike in umetne inteligence. Disertacija, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana.
- RUJV 1991: Smernice za izbor lokacije odlagališča nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov v Republiki Sloveniji, Republiška uprava za jedrsko varnost, RUJV-RP-004 Revizija 1, Ljubljana.
- Šinigoj, J., Komac, M., Ivačič, M. 1999: Ocena kakovosti prostorskih podatkov za potrebe Agencije RAO, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Šinigoj, J., Urbanc, J., Loose, A., Marc, D. 1998: Searching for nuclear waste disposal sites: A combined GIS-multi-criteria evaluation approach to facility location. *International Conference on GIS for Earth Science Applications*. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.

- Urbanc, J., Šinigoj, J., Duhovnik, B. 1998: Izbor lokacije za odlagališče NSRAO – Določitev načina uporabe kriterijev in rangiranje področij po primernosti za lokacijo odlagališča NSRAO 1. in 2. del. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana.
- Urbanc, J., Šinigoj, J., Šlander, M. 1999: Izbor lokacije za odlagališče NSRAO - Ocena potencialne geološke primernosti območij za podzemno odlaganje. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Urbanc, J., Šinigoj, J., Komac M., kumelj, Š., Duhovnik, B., Marušič, I., Golobič, M. 2001: Izbor lokacije za odlagališče NSRAO - Vrednotenje prostora po posameznih parametrih in prikaz potencialno primernih območij po posameznih parametrih.
- Urbanistični inštitut RS 2000: Strokovne podlage za prostorski plan RS za področje radioaktivnih odpadkov, 2. faza. Urbanistični inštitut Republike Slovenije. Ljubljana. www.gov.si/arao/model/g_index.htm.

HIDROGRAFSKA IZMERA OBALNE ČRTE IN PRIOBALNEGA PASU SLOVENSKEGA MORJA

Igor Karničnik*, Dalibor Radovan** in Aljoša Žerjal***

UDK 528.9:004:527

Izvleček

Hidrografska izmera obalne črte in priobalnega pasu slovenskega morja

Opisana je hidrografska izmera 200-metrskega obalnega pasu slovenskega morja. Izdelanih je bilo več kot 50 hidrografskih originalov v merilu 1 : 1000. Na hidrografskih originalih je prikazana vsebina meritev, ki kasneje služi izdelavi klasičnih pomorskih ali pa elektronskih navigacijskih kart. Meritve obalne črte in obalnih objektov za navigacijo so bile opravljene z GPS po metodi RTK. Merjeno je stanje obale ob srednji visoki vodi kot predpisuje standard IHO za izdelavo mednarodnih pomorskih kart.

Ključne besede

hidrografija, pomorska kartografija, meritve, hidrografski originali, obalna črta

Abstract

Hydrographic survey of Slovenian coastline and near-coast sea

Hydrographic survey of the Slovenian sea within the range of 200 m from the coastline has been accomplished at full length. Consequently, more than 50 fair sheets at the scale of 1 : 1000 were produced. The contents of fair sheets serves for the compilation and update of nautical paper charts and electronic navigation charts (ENCs). The survey of the coastline and related navigational objects was performed with GPS RTK method. The coastline was identified at the mean high water level as prescribed by the IHO standard for international nautical charts.

Keywords

hydrography, nautical cartography, survey, fair sheets, coastline

1 UVOD

Slovenija je pomorska država, od 15. 4. 2002 pa tudi uradno polnopravna članica Mednarodne hidrografske organizacije (*International Hydrographic Organization, IHO*). To poleg pravic prinaša Sloveniji tudi odgovornost in nove naloge na področju hidrografije. Imamo pomembno mednarodno luko v Kopru, ki je z železniškim in cestnim omrežjem povezana z državami srednje in jugovzhodne Evrope. Kljub temu da premoremo le okrog 45 km obale, pa moramo za nacionalni akvatorij nenehno zagotavljati varnost plovbe, pri čemer so ključnega pomena ažurni hidrografski podatki in pomorske karte.

* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, igor.karnicnik@geod-is.si

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

*** Harpha Sea d. o. o., Čevljarska ulica 8, 6000 Koper, cale@harphasea.si

Prve hidrografske meritve slovenskega morja po osamosvojitvi je v sodelovanju s slovenskimi hidrografi izvedel ameriški *Naval Oceanographic Office* jeseni 1998. Spomladi 1999 je Geodetski inštitut Slovenije (takrat Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo) na osnovi pridobljenih podatkov izdelal prvo slovensko pomorsko karto Koprskega zaliva v merilu 1 : 12.000. To karto v angleški različici je spomladi 2001 priznala tudi IHO kot mednarodno karto s stalno serijsko številko (INT 3469), pred validacijskim postopkom pa je tudi elektronska različica (*Electronic Navigation Chart, ENC*). Ob prvih meritvah so bili nekateri priobalni deli v plitvem morju zaradi oteženega dostopa izmerjeni pomanjkljivo, obalna črta pa je bila povzeta po topografskih podatkih Geodetske uprave Republike Slovenije. Ker priobalne podatke potrebujemo zaradi ažuriranja pomorskih kart, te se popravljajo sproti, pa tudi za izdelavo kart marin, je Ministrstvo za promet sprejelo odločitev o detajlni izmeri 200-metrskega priobalnega pasu in obalne črte, kar v nadaljevanju opisuje ta članek. Hidrografske meritve je opravilo podjetje Harpha Sea d. o. o. iz Kopra, izdelavo hidrografskih originalov in validacijo podatkov pa Geodetski inštitut Slovenije.

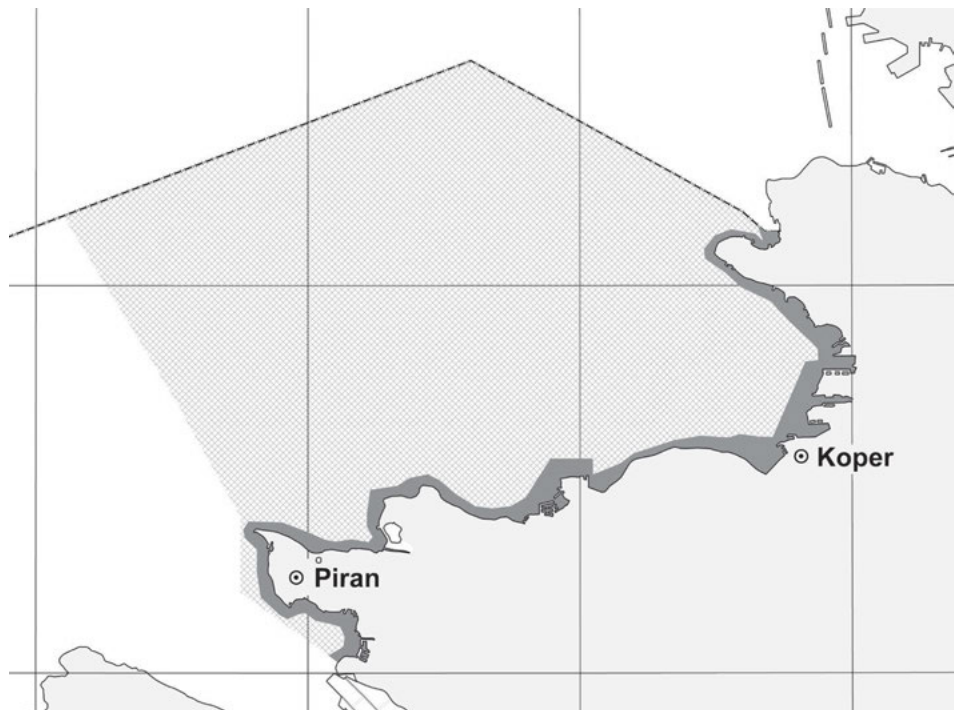
Pozimi in spomladi 2002 je bil z ladjo Mednarodne pomorske akademije iz Trsta ob sodelovanju slovenskih, italijanskih in hrvaških hidrografov premerjen še akvatorij od Strunjana do Zambratije pri Savudriji, ki obsega celotno območje pomorske karte Piranski zaliv v merilu 1 : 12.000. S tem so pridobljeni osnovni podatki za dokončno kartografsko pokritje slovenskega obalnega morja.

2 HIDROGRAFSKA IZMERA PRIOBALNEGA PASU

Jeseni 1999 in 2000 sta bili opravljeni hidrografski izmeri celotnega 200-metrskega obalnega pasu slovenskega morja (slika 1). Izvzet je bil le kratek odsek tik pred izlivom Dragonje. Glede na oblikovanost dna in tip obale je bilo planiranje snemanja profilov narejeno za 4 različna območja:

- priobalni pas z zelo plitvim morjem (linije izmere pravokotne na obalo),
- priobalni pas z globljim morjem (linije izmere vzporedne z obalo),
- marine in pristani (linije izmere vzporedne s pomoli),
- Luka Koper z bazeni in pomoli (linije izmere vzporedne s pomoli).

Meritve so bile izvedene z dvema ploviloma (barko in čolnom) z enosnopnim sonarjem ter ponekod ročno z žico. Območje med linijami izmere je bilo pregledano s stranskim sonarjem. Sprotno z izmero so bili spremljani tudi ostali hidrografski parametri in objekti: plimovanje, hitrost zvoka v morski vodi, površinske in podvodne ovire. Položaj plovila je bil usmerjan z diferencialnim GPS na 1 m natančno glede na planirano linijo izmere, točke meritev vzdolž linij izmere pa so si sledile na 1 m. Oslonilne točke na obali za diferencialne meritve z GPS so bile znane iz predhodnih geodetskih meritev. Sonar, GPS in prenosni računalnik na plovilu so bili sinhronizirani na GPS čas. Gladina morja med meritvami je bila merjena z latami na več lokacijah in z mareografom v Kopru. Privzeta hidrografska ničla se nanaša na srednji nivo nižjih nizkih vod živih morskih men in je 63 cm pod srednjo gladino morja. Hidrografska izmera je bila tako izvedena skladno s standardom IHO in ustreza kriteriju Order-1, ki zahteva, da so razmaki med linijami izmere manjši kot 25 m, da je natančnost določitve položaja merjenih globin boljša od 5 m in da je natančnost



Slika 1: Območje prve hidrografske izmere iz leta 1998 (do meje na morju z Italijo) in 200-metrski pas priobalnih meritev iz let 1999 in 2000.

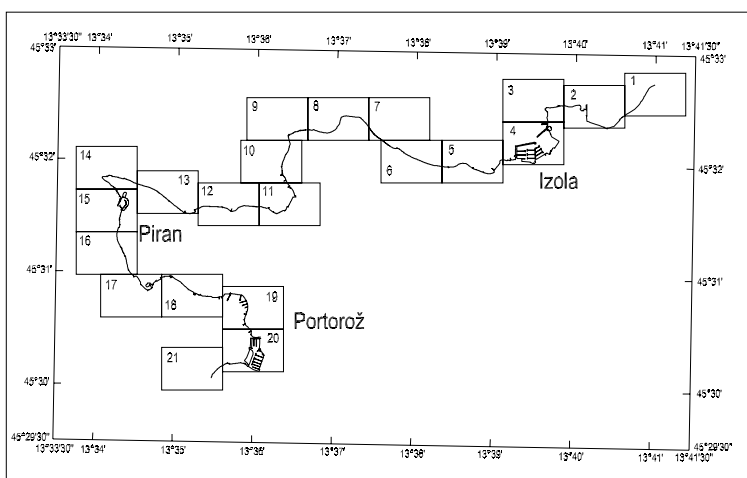
določitve globin boljša od 0,5 m. Dejansko dosežena natančnost je bila precej boljša, položaja okrog 1,5 m, globlin pa okrog 0,15 m.

3 IZDELAVA HIDROGRAFSKIH ORIGINALOV

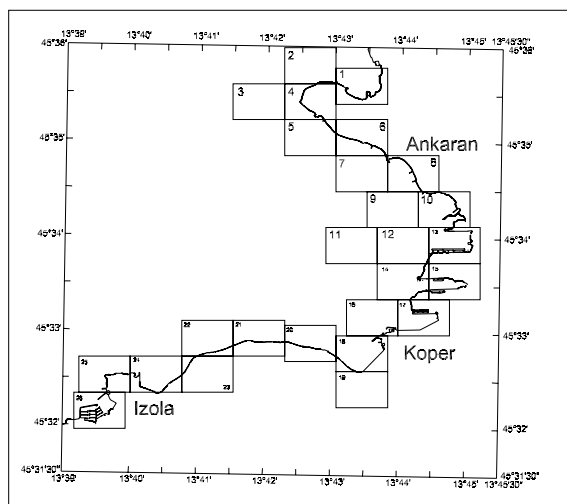
Rezultat meritev so glede na omenjene parametre reducirane globine morja z geografskimi koordinatami na elipsoidu WGS 84. Meritve so bile nato transformirane v Gauß-Krügerjevo projekcijo na Besslovem elipsoidu ter generalizirane, kar pomeni, da so bile izločene »varne«, večje vrednosti globlin, plitvejša pa so ostale prikazane na hidrografskem originalu. Hidrografski original je grafični pregled hidrografskih podatkov, ki kasneje služi predvsem izdelavi klasičnih pomorskih ali pa elektronskih navigacijskih kart. Vektorska vsebina obsega:

- batimetrijo (globine in izobate),
- obalno črto,
- objekte za navigacijo in njihove lastnosti,
- nevarne objekte pri navigaciji (na primer potopljene razbitine),
- druge pomembnejše objekte,

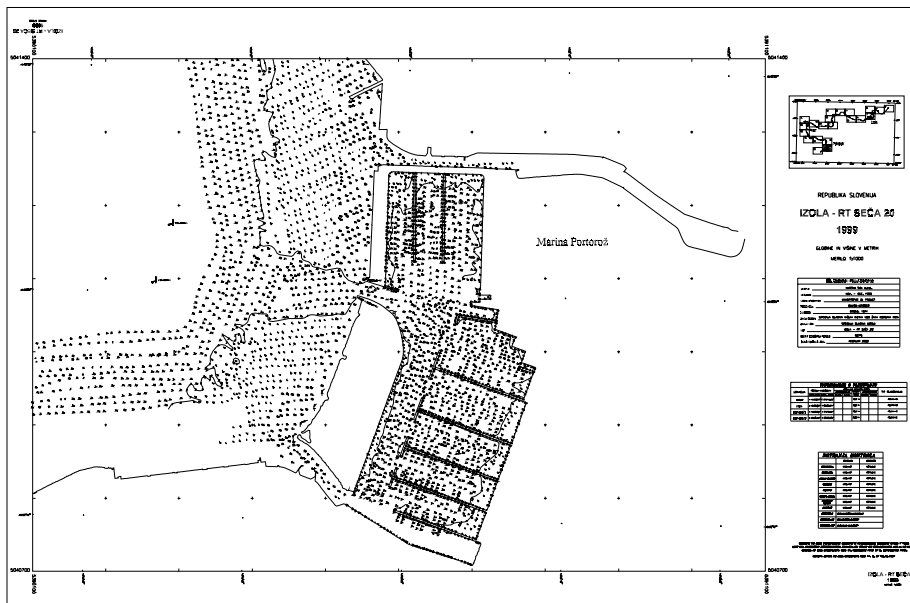
- toponime in mareonime,
 - kolofon s številnimi pojasnili o meritvah in hidrografskih podatkih.
- Izdelanih je bilo več kot 50 hidrografskih originalov v merilu 1 : 1000 in na listih formata 125 krat 80 cm (slike 2, 3 in 4). Količina hidrografskih podatkov je bila tolikšna, da je bila nujna zasnova posebnega kontrolnega postopka za preverjanje veljavnosti podatkov. V ta namen je bila standardizirana:
- dokumentacija tehnične izvedbe hidrografskih meritev in meritev obalne črte,
 - vsebina in oblika hidrografskih originalov,
 - formatiranje, izmenjava, arhiviranje in dokumentacija podatkov,
 - primopredaja naročniku.



Slika 2: Razpored hidrografskih originalov priobalnih meritev iz leta 1999.



Slika 3: Razpored hidrografskih originalov priobalnih meritev iz leta 2000.



Slika 4: Hidrografski original portoroške marine (drobne temne lise so oznake že generaliziranih globin).

4 IZMERA OBALNE ČRTE

Jeseni 2001 je bila izvedena še detajlna izmera prve polovice slovenske obalne črte in obalnih objektov za navigacijo. Izmera se nadaljuje in zaključí v letu 2002. Meritve med ustjem reke Dragonje in rtom Petelin v Izoli so bile opravljene z GPS po metodi RTK z merilnimi mesti na približno 1 m. Diferencialne korekcije je zagotovila permanentna postaja GPS Mestne občine Koper na občinski stavbi. Merjeno je stanje poteka obale ob srednji visoki vodi kot predpisuje standard IHO za izdelavo mednarodnih (INT) pomorskih kart. Zaradi identifikacije nivoja srednje visoke vode na terenu je bilo treba upoštevati podatke iz tablic plimovanja in opazovati mareografsko lato v Izoli ter črto močenja in rasti nekaterih alg. Čeprav je položajna natančnost merjenja z GPS okrog 1 cm, pa je natančnost določitve obalne črte zaradi netočnosti identifikacije in neznanih vplivov na bibavico le okrog 2 m, kar pa je za potrebe hidrografije popolnoma zadovoljujoče. Na izbrani položaj obalne črte (na primer na srednjo visoko vodo) namreč vplivajo številni parametri, ki jih je sicer možno matematično modelirati, v izbranem trenutku pa le težko natančno določiti, saj so med seboj često povezani tako, da se seštevajo ali pa uničujejo. To so predvsem:

- plima in oseka v odvisnosti od položaja Lune, Sonca in planetov,
- smer in jakost vetrov,
- morski tokovi in valovanje,
- lokalna in regionalna polja zračnega pritiska,

- količina, intenziteta in razpored padavin,
- hitre vremenske spremembe, tudi v širši okolici (na primer v Jadranu),
- termično raztezanje vodne mase,
- oblikovanost in kamninska sestava morskega dna ter obale,
- naklon morskega dna in kopnega zemljišča ob obali ,
- lastna nihanja Jadranskega morja in Tržaškega zaliva,
- tektonika, seizmika, sedimentacija in vulkanizem.

Poleg naravne obale so bili izmerjeni tudi antropogeno zgrajena obala in za navigacijo pomembni objekti. Tam je obalna črta mnogo natančneje definirana (na primer kot rob pomola). Koordinate so podane v Gauß-Krügerjevi projekciji na Besslovem elipsoidu in v geografskih koordinatah na elipsoidu WGS 84. Obalna črta bo uporabljena na vseh pomorskih kartah slovenskega morja, možna pa je tudi uporaba v GIS, topografski kartografiji in zemljiškem katastru.

5 SKLEP

Slovenija je majhna država s kratko obalno črto in peščico strokovnikov, ki so usposobljeni za hidrografska-kartografska dela. Kljub temu smo lahko ponosni na dosežke zadnjih nekaj let, saj smo v kratkem obdobju:

- z novo digitalno izmero pokrili skoraj celoten akvatorij,
- izvedli priobalne meritve in izdelali hidrografske originale obalnega pasu,
- izmerili obalno črto,
- izdelali lastne pomorske karte v papirni, digitalni in elektronski različici,
- izdali uradni seznam znakov in okrajšav na naših kartah,
- izdelali digitalni katalog svetilnikov in boj,
- izdali publikacijo z opisom sistemov za označevanje navigacijskih objektov na morju,
- navezali stike z različnimi hidrografskimi uradi in organizacijami,
- skupaj z Italijo in Hrvaško postali partnerji pri pilotskem projektu za vzpostavitev virtualnega regionalnega centra za distribucijo elektronskih pomorskih kart v Sredozemlju.

Z navedenimi deli smo tako tudi slovenski geodeti prispevali k uveljavitvi Slovenije kot varne in zanesljive pomorske države.

VIRI IN LITERATURA

IHO 1982: Chart specifications of the IHO and regulations of the IHO for international (INT) charts (MP-004). International Hydrographic Bureau, Monaco.

IHO 1993: A manual on technical aspects of the United Nations convention on the law of the sea, 1982. Special publication no. 51, 3rd edition, International Hydrographic Bureau, Monaco.

IHO 1998: IHO standards for hydrographic surveys. Special publication 44, 4th edition, International Hydrographic Bureau, Monaco.

Jovanović, B. 1978: Izučavanje metoda mjerenja dubina mora, unapređenje obrade dubina i

definiranja obalne linije sa hidrografskog, geodetskog i pomorskog gledišta. Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Zagreb, Zagreb.

Maršanić, D. 1999: Evidentiranje i obilježavanje pojasa pomorskog dobra. Geodetski list, št. 4, Zagreb.

PROSTORSKA ANALIZA POLICIJSKIH EVIDENC

Tomislav Iskra*

UDK 351.741:659.2:004

Izvleček

Prostorska analiza policijskih evidenc

Podatkovne baze policijskih evidenc so zaradi načina vodenja in podatkov, ki jih vsebujejo, primerne za geolociranje in prostorsko analizo. V ta namen je bil izdelan program za prostorsko analizo, ki je zaradi enostavne uporabe namenjena širokemu krogu uporabnikov, rezultati analiz pa so medsebojno primerljivi. Prostorska analiza policijskih evidenc nam omogoča hitrejšo in enostavnejšo prostorsko selekcijo zapisov v geolociranih podatkovnih bazah, njihovo analizo in prikazovanje na zemljevidih s pomočjo geografskega informacijskega sistema.

Ključne besede

prostorska analiza, policijske evidence, geolociranje podatkov, analitična orodja, prostorska selekcija, gostota porazdelitve, geografski informacijski sistem

Abstract

Spatial analysis of police evidences

Police evidences databases are because of their construction and attributes suitable for geocoding and spatial analyses. For that purpose computer application for spatial analyses was built. Because of its simplicity for use, it is made for large group of users and results of analyses are comparative. Spatial analysis of police evidences allows us faster and more simplest records selections in geocoded databases, their analysing and presenting with geographic information system.

Keywords

Spatial analysis, police evidences, data geocoding, analytics tools, spatial selection, density, geographic information system

1 UVOD

Začetek geografskega informacijskega sistema (GIS) v policiji sega v leto 1992, ko si je projektna skupina v Operativno-komunikacijskem centru generalne policijske uprave (OKC GPU) zastavila cilj izgradnjo GIS-a. GIS naj bi prvenstveno bil namenjen za operativne potrebe OKC in sicer:

- računalniško iskanje in prikaz naselja, ulice, posameznega naslova ali hišne številke,
- kot pomoč pri prostorski orientaciji na določenem območju,
- za učinkovitejše spremljanje gibanja in vodenja policijskih patrulj in
- za pridobivanje dodatnih informacij o določenem območju.

* Operativno-komunikacijski center, Generalna policijska uprava, Štefanova ulica 2, 1000 Ljubljana, tomislav.iskra@policija.si

Ob tem je bilo potrebno upoštevati, da mora biti program za uporabo GIS-a kar najbolj prilagojen samemu uporabniku, torej delavcu OKC. Projektna skupina je imela težko delo, saj so programska orodja v tistem času imela skromne možnosti prilagajanja uporabniku oziroma izdelave lastne aplikacije.

Pri izgradnji GIS-a smo se zavedali, da za dober in uporaben GIS potrebujemo dobre geolocirane podatkovne baze. Zato smo si že od samega začetka prizadevali, da bi pridobili podatkovne baze tudi od drugih institucij. Večino podatkovnih baz pa smo pridobili sami, kot najrazličnejše izvlečke posameznih evidenc MNZ oz. policije.

V policiji imamo na voljo veliko podatkovnih baz, ki vsebujejo podatke, ki jih je moč geolocirati in uporabljati tako v operativne, predvsem pa analitične namene. Prednost GIS-a pri prikazu statističnih podatkovnih baz, v primerjavi z ostalimi analitičnimi orodji, je možnost prostorskega prikaza.

2 POLICIJSKE EVIDENCE PRIMERNE ZA PROSTORSKO ANALIZO

Od vseh evidenc, ki jih na podlagi Zakona o policiji policija vodi in vzdržuje, smo se glede na možnosti geolociranja, njihovega namena uporabe, in same uporabnosti prostorske analize odločili za:

evidenco zaznav kaznivih dejanj,

- evidenco kršiteljev in prekrškov (prometne nesreče, cestno prometne prekrške in kršitve javnega reda in miru) in
- evidenco dogodkov (utopitve, samomori, požari,...).

Način zbiranja in vodenja evidenc je standardiziran in nam s tem omogoča enotno obdelavo in s tem enostavnejšo pretvorbo v GIS podatkovne baze.

3 Izdelava geolociranih podatkovnih baz iz policijskih evidenc

Pri izdelavi geolociranih podatkovnih baz iz zgoraj omenjenih policijskih evidenc je bilo v prvi vrsti potrebno posameznim zapisom dodati še geolokacijo (x,y koordinato). Vsak zapis mora vsebovati podatke s pomočjo katerih ga povežemo z lokacijo v prostoru.

Pri geolokaciji policijskih evidenc smo kot referenčne baze uporabili podatkovne baze, ki smo jih že uporabljali v GIS-u:

- podatkovno bazo hišnih števil,
- podatkovno bazo cestnega omrežja,
- podatkovno bazo državne meje razdeljene na sektorje in sekcije.

Za postopek geolokacije je bil izdelan računalniški program. Program poizkuša geolocirati zapis v evidenci glede na attribute, ki jih vsebuje, na tri možne načine:

- s pomočjo naslova, pri čemer mora zapis vsebovati naselje, ulico in hišno številko,
- s pomočjo številke ceste, cestnega odseka in stacionaže in
- s pomočjo lokacije na državni meji – številka sektorja in sekcije.

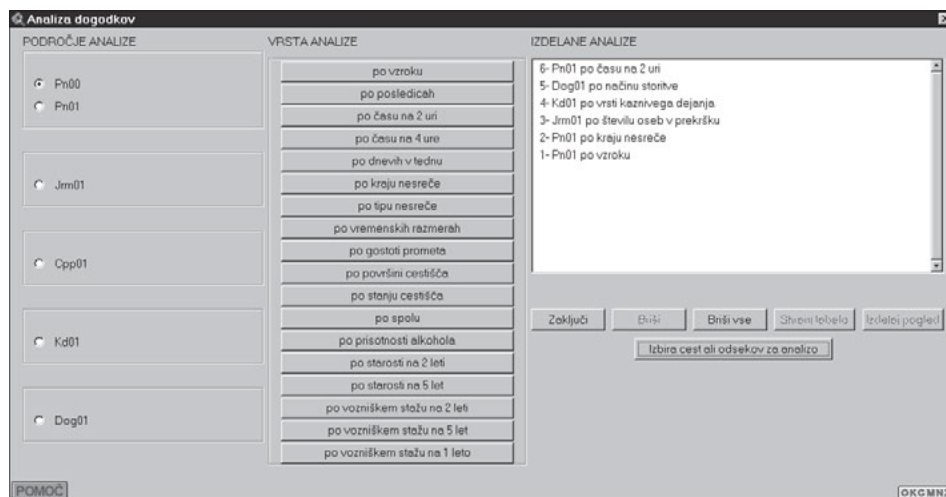
Kvaliteta geolokacije je seveda odvisna od kvalitete vhodnih podatkov in kvalitete referenčnih baz. V primeru, da zapisu ni mogoče natančno določiti geolokacije, ga program

kljub temu poizkuša locirati, seveda z določenim odstopanjem (npr. na natančnost ulice, ker ni podatka o hišni številki), pri čemer program zapis primerno označi. Delu zapisov iz policijskih evidenc ni moč določiti geolokacije (npr. Kaznivo dejanje v parku, gozdu,...). Tako se giblje delež uspešne geolokacije zapisov v podatkovnih bazah med 80 % in 95 %, kar omogoča statistično analiziranje gostitve posameznih dogodkov.

4 IZDELAVA PROGRAMA ZA PROSTORSKO ANALIZO

Pri snovanju programa za prostorsko analizo smo si zastavili več ciljev. Program naj bi bil enostaven za uporabo, kljub temu, da uporablja zapletene GIS funkcije in analize. Rezultati tako izdelanih analiz, ki bi jih izdelovali uporabniki, morajo biti medsebojno primerljivi in združljivi. Arhitektura programa mora biti zasnovana tako, da omogoča enostavno prilagajanje potrebam po novih GIS analizah in novim podatkovnim bazam.

Tako izdelan program lahko uporabljajo tudi tisti, ki nimajo poglobljenega znanja GIS programov ali uporabe analitičnih orodij. Kljub temu pa omogoča, da si boljše podkovani uporabnik lahko samostojno izdelata poljubno GIS analizo z uporabo standardnih funkcij GIS programa. Izgled uporabniškega grafičnega vmesnika prikazuje slika 1.



Slika 1: Osnovna maska uporabniškega vmesnika programa prostorska analiza.

Da se ob dodani novi analizi ne posega v samo programsko kodo, program vsebuje tudi posebno datoteko v kateri so v obliki preglednice zapisani potrebni parametri o posamezni podatkovni bazi in možnih analizah (vrsta evidence, atribut analize, tip analize, legenda za prikaz).

5 PRAKTIČNI PRIMER UPORABE PROGRAMA ZA PROSTORSKO ANALIZO

Prostorski prikaz lokacij prometnih nesreč nam omogoča izdelavo različnih analiz. Te analize so lahko v veliko pomoč pri ugotavljanju gostitev prometnih nesreč na določenem območju in pri povezavi s podatki o kršiteljih cestno prometnih predpisov, ter ugotavljanje njune soodvisnosti. Hkrati so tudi pomoč pri načrtovanju in planiranju prostorske ter časovne razporeditve prometnih patrolj policije na danem območju.

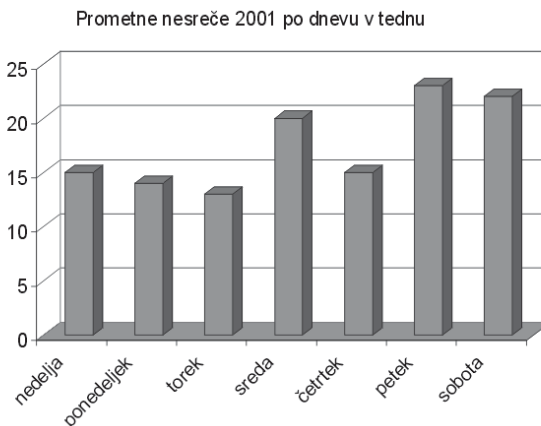
V prvem primeru prikazujemo analizo prometnih nesreč na glavni cesti Slovenska Bistrica – Hajdina in sicer prikaz prometnih nesreč po posameznih dnevih v tednu in urah v dnevu za leto 2001.



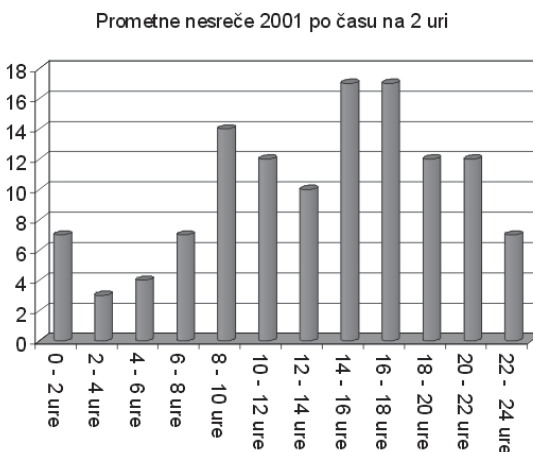
Slika 2: Prometne nesreče na cesti Slovenska Bistrica- Hajdina.

Iz preglednice 1 in preglednice 2 je razvidno, da se zgostitve prometnih nesreč na omenjenem odseku pojavljajo v petek in soboto. Gledano po urah v dnevu pa je število prometnih nesreč največje med 14. in 18. uro. Iz ostalih podatkov, ki pa tukaj niso prikazani, lahko povzamemo, da je najpogostejši vzrok neprilagojena hitrost, sledi nezadostna varnostna razdalja, in nepravilna stran-smer vožnje. Za posledicami prometnih nesreč na omenjenem odseku pa sta umrli dve osebi, pet oseb je bilo hudo in šestindvajset lahko

Preglednica 1: Število prometnih nesreč po dnevih v tednu za leto 2001 .



Preglednica 2: Število prometnih nesreč po urah v dnevju za leto 2001 .



telesno poškodovanih. Omenjene podatke lahko sedaj primerjamo tudi z ukrepi policije na področju varnosti cestnega prometa (ali se časovno in vzročno na omenjenem odseku oz. prostoru ujemajo).

V drugem primeru smo izdelali prikaz gostote krajev storitev kaznivih dejanj (oz. zaznav kaznivih dejanj) v širšem središču mesta Ljubljane.

Območje je sestavljeno iz kvadratov velikosti 100x100 metrov (t.i. grid). Za vsak omenjen kvadrat se prešteje skupno število kaznivih dejanj. Tako lahko lažje dobimo vpogled posameznih gostitev (npr. točkovno je lahko prikaz zavajajoč, saj je lahko na eni lokaciji tudi več kaznivih dejanj).

Hkrati si lahko ogledamo še ostale možne analize kaznivih dejanj z omenjenega območja. Eden izmed izvlečkov nam pokaže, da je na tem območju bilo izvršenih in zaznanih največji kaznivih dejanj tatvin, sledijo pa poškodovanje tuje stvari in goljufige.



Slika 3: Gostota porazdelitve kaznivih dejanj v širšem središču Ljubljane v letu 2001.

6 NADALJNI RAZVOJ PROGRAMA ZA PROSTORSKO ANALIZO

Program za prostorsko analizo je izdelan tako, da omogoča enostavno nadgradnjo z vključevanjem dodatnih analiz za že obstoječe podatkovne baze, ali pa dodajanje novih podatkovnih baz. Pri idejah za nadgradnjo upoštevamo želje in potrebe uporabnikov ter lastne ugotovitve o možnih izboljšavah programa.

Cilj je tudi, da se v prihodnje poveča število v naprej pripravljenih območij za prostorsko selekcijo dogodkov za analizo. Prav tako se je pokazala želja s strani uporabnikov, da bi se izdelala orodja za enostavnejše selekcijo dogodkov za analizo tudi po ostalih parametrih (časovna selekcija, vrsta dogodka, itn), pri čemer pa je potrebno paziti, da program s tem ne bi izgubil svojih temeljnih lastnosti (enostavnost za uporabo, preglednost, primerljivost rezultatov in možnost njihovega združevanja).

Pripravili smo tudi že možnost postavitve GIS intranet strežnika in prenos programa prostorske analize policijskih evidenc na intranet. Tako bi povečali krog uporabnikov programa, dosegli enostavnejše obnavljanje podatkovnih baz in nadgradnjo programa, saj bi bilo potrebno to storiti samo na enem mestu (strežniku).

7 SKLEP

Program prostorske analize policijskih evidenc se je izkazal za uspešnega in uporabnega, saj je pridobil širok krog uporabnikov. Njegova prednost pred ostalimi analitičnimi orodji je predvsem v možnosti hitrejše in enostavnejše prostorske selekcije dogodkov za analizo in lociranje ter prikazovanje podatkov v prostoru. Za kvalitetne in verodostojne analize so potrebni kvalitetni in verodostojni podatki. Tega se zavedamo vsi, ki sodelujemo v tem projektu. V ta namen, so bile izdelane številne programske rešitve, ki preprečujejo in odpravljajo napake, ki se pojavljajo pri samem vnosu in zajemanju podatkov. Rezultati analize so samo vrh ledene gore znanja in dela, ki ju je bilo potrebno vložiti.

VIRI IN LITERATURA

- Environmental Systems research Institute, 1996: Avenue. Redlands.
- Geokodirana podatkovna baza cestnega omrežja. Direkcija Republike Slovenije za ceste. Ljubljana.
- Geokodirana podatkovna baza hišnih števil. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Geokodirana podatkovna plast poteka državne meje. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana.
- Geokodirana podatkovna baza policijskih evidenc. Ministrstvo za notranje zadeve. Ljubljana.
- Pečjak, T. 1994: Priročnik za uporabo GIS. Ljubljana.
- Zakon o policiji, Ur. l. 49/98.

METODA OCENJEVANJA TOČNOSTI STATISTIČNEGA GIS-A POKROVNOSTI IN RABE TAL SLOVENIJE IN OBJEKTIVNA OCENA RAZNOLIKOSTI POKRAJINE *

Ana Tretjak**

UDK 91:659.2:004:711.14

Izvleček

Metoda ocenjevanja točnosti statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal Slovenije in objektivna ocena raznolikosti pokrajine

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije – stanje 1997 je multidimenzionalna podatkovna baza in vsebuje podatke o lokaciji, velikosti in gostoti pojavov z izhodiščno točnostjo, ki je v vsakem podatkovnem sloju omejena z natančnostjo meritve ali pa ločljivostjo.

Ovrednotene so tri metode ocenjevanja točnosti Statističnega GIS-a: s poligoni, s točkami in s preseki na diagonalah. Metoda s preseki po diagonalah se je izkazala kot zelo primerna, ker posreduje poleg položajne in atributivne točnosti tudi objektivno oceno (H^2 -test) raznolikosti pokrajine.

Ključne besede

GIS, pokrovnost tal, raba tal, kakovost, točnost, raznolikost pokrajine, H^2 -test

Abstract

Method of accuracy assessment of the statistical land cover/use GIS of Slovenia and objective landscape diversity measurement

The Statistical Land Cover Land/Use GIS of Slovenia – state 1997 is a multidimensional database comprising information on the location and frequency of phenomena. Its accuracy results from the accuracy of measurement or resolution of the input data layers.

Three methods for accuracy assessment were evaluated: by polygons, by points and by inter-sections. The latest is the most promising as it yields information on positional and thematic accuracy of phenomena, its frequency of appearance and enables an objective measurement (Chi -test) of landscape diversity.

Keywords

GIS, land cover, land use, quality, accuracy, landscape diversity, Chi -test

1 UVOD

Vrednost kartografskega izdelka je ocenjena tudi s kakovostjo, katere pomemben element je njena točnost. Točnost je običajno izražena z dvema komponentama: položajno ali pozicijsko in atributivno točnostjo.

- *Položajna ali pozicijska točnost* se nanaša na velikost zamika predstavljenega pojava od njegove dejanske lokacije. Merimo jo neposredno, s primerjavo na referenčne po-

* Izdelano v sklopu projekta: PHARE/StatCOP98 - SL/9803.02.001

** dr., Sektor za naravne vire in okolje, Statistični urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000, Ljubljana, ana.tretjak@gov.si

datke, ki morajo biti pozicijsko bolj točni od izdelka, ki ga ocenjujemo (Leung 1998, str. 607–620; Wong 1996, str. 83–106; Lillesand in Kiefer 1994, str. 611–618).

- *Atributivna točnost* se nanaša na kakovost atributivnega dela podatkovne baze, ki opisuje pojave, ki jih kartografsko predstavljamo. Na atributivno točnost najmočneje vpliva jasnost in nedvoumnost pravil opredeljevanja pojavov, ki morajo biti tudi vnešena v podatkovno bazo kot informacija (GIS Standards 2000).

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije – stanje 1997 (S-GIS'97) je večdimenzionalna podatkovna baza, izdelana z združevanjem izvedenih podatkovnih slojev (Statistične informacije 1998, str. 1–9):

- Landsat TM/97; 30 m x 30 m rastrski podatki,
- Spot PAN/96-97; 10 m x 10 m rastrski podatki,
- digitalizirane meje administrativnih enot kot linijski podatki,
- centriodi hiš kot točkovni podatki,
- digitalizirane središčnice cest kot linijski podatki,
- digitalizirane središčnice železniških prog kot linijski podatki,
- digitalizirane meje obrisov gozdov kot poligonski podatki,
- lokacije odlagališč kot točkovni podatki,
- lokacije peskopopov in kamnolomov kot točkovni podatki.

Končni izdelek S-GIS'97 je numerična karta, ki vsebuje informacijo o lokacijah proučevanih pojavov, njihovih medsebojnih odnosih v prostoru, njihovo pogostnost pojavljanja in mersko enoto, to je površino (Beyeler 2001, str. 1–37; Beyeler 1998, str. 7–31; Lojović et al. 1998, str. 1–28).

Mnogi avtorji priporočajo, da bi imel vsak georeferencirani sloj, ki se bo uporabil pri izdelavi kateregakoli GIS-a izdelano svojo oceno pozicijske in atributivne točnosti (Foody 2001, str. 41–43; Verbyla 2001; Griffith 1996, str. 1–17; Marble 1990; Berry 1987, str. 1405–1410). S tem bi lahko zmanjšali širjenje prostorsko opredeljenih napak v procesu združevanja posamičnih podatkovnih slojev. Pri izdelavi S-GIS'97 so imeli uporabljeni podatkovni sloji le splošni opisi metode zajema ali pa metode zbiranja podatkov. Zato smo se odločili, da bomo izdelali oceno kakovosti le za končni izdelek. Ker v literaturi nismo zasledili splošnega pravila ocenjevanja kakovosti GIS-ov, smo ocenili tri metode:

- metodo s poligoni,
- metodo s točkami,
- metodo s preseki na diagonali.

2 OCENE TOČNOSTI

Pri vseh treh metodah smo uporabili za referenco podatke cikličnega snemanja merila 17.500 iz leta 1996 (Geodetska uprava RS).

Točnost opredelitve meja *poligonov* posameznih kategorij pokrovnosti ali razredov rabe tal na S-GIS'97 smo ocenili tako, da smo na kartah merila 1 : 25.000 interpretirali segmente velikosti 3000 m x 3100 m. Dopolnili smo jih na stanje 1996 z vnosom popravkov iz avionskih posnetkov merila 1 : 17.500 ali pa z ogledom na ternu. V primeru, da bi izbrali to metodo kot metodo ocenjevanja kakovosti celotnega S-GIS'97, bi izdelani S-GIS'97

razdelili po mejah TK25 in v središče vsakega takega pravokotnika položili interpretiran segmetn velikosti 3000 m x 3100 m ter izračunali odklone. Na ta način bi pokrili okoli 7 % celotnega izdelka in te rezultate ekstrapolirali na površino S-GIS'97 (Šabić et al. 1998, str. 7–9).

V matriki napak klasificiranih poligonov predstavljajo pravilno opredeljene površine preseki kategorij ali razredov rabe S-GIS'97 in fotointerpretiranih poligonov (Verbyla 2001, Lillesand in Kiefer 1994). Napako uporabnika ali pa napako proizvajalca predstavlja odklon meje poligona na S-GIS'97 ene kategorije v korist ali pa škodo druge kategorije pokrovnosti ali rabe tal. Lokacije teh presekov in odklonov se lahko prikažejo tudi kartografsko.

Uporaba te metode je odvisna od določanja meja poligonov kategorij oziroma razredov tal. Pri uporabi te metode se zato lahko zgodi, da zmotno pripišemo pozicijske napake digitaliziranja tematskim napakam (IFEN & UNISFERE 1997).

GIS	FOTOINTERPRETACIJA (ha)					Zanesljivost uporabnika (%)
	Kmet.	Gozd	Pozidano	Vode	Total	
Kmet.	639,7	8,5	26,3	6,7	681,2	94
Gozd	64,8	30,3	2,3	2,7	100,1	30
Pozidano	25,8	0,2	103,5	0,1	129,6	80
Voda	3,8	--	0,5	9,3	13,6	68
Total	734,1	39,0	132,6	18,8	924,5	Celotna zanesljivost (%) 85
Zanesljivost proizvajalca (%)	87	78	78	49		

Preglednica 1: Matrika napak v hektarjih (ha) klasificiranih poligonov referenčnih podatkov segmenta 3000 m x 3100 m in S-GIS'97 na lokaciji: zgornji levi vogal $x = 467.354$; $y = 106.000$.

Metoda ocenjevanja s *točkami* sloni na pravokotni ali trikotni mreži, ki jo preložimo čez izbran segment na GIS-u in na referenčnih podatkih. Pod vsakim vozliščem določimo pokrovnost oziroma rabo tal in jo primerjamo z virom odčitka. Pari istih odčitkov predstavljajo točno opredelitev, ostali pa napačno klasifikacijo (Griffith 1996, str. 1–17; Gallego 1995). Ta metoda je hitrejša in predvsem neodvisna od meja poligonov kategorij pokrovnosti oziroma razredov rabe tal. Vendar pa ne posreduje obsega napačne klasifikacije ampak le zazna dogodek. V našem primeru smo določili širino mreže na osnovi deleža (%) klasificiranih točk. Pri predpostavki, da smo klasifikacijo izdelali s piksli velikosti 10 m x 10 m, lahko privzamemo, da z vsako točko pokrijemo površino 10 m x 10 m. Na segmentu velikosti 3000 m x 3100 m je imela mreža gostote 100 m x 100 m 961 vozlišč oziroma pokriva 9,61 ha, kar je ~1 % površine segmenta.

FOTOINTERPRETACIJA (štev. točk)						Zanesljivost uporabnika (%)
GIS	Kmet.	Gozd	Pozidano	Vode	Total	
Kmet.	654	10	26	6	696	94
Gozd	65	42	3	3	112	37
Pozidano	27	--	112	--	439	81
Voda	4	--	--	10	14	71
Total	750	52	141	18	961	Celotna zanesljivost (%)
Zanesljivost proizvajalca (%)	87	81	79	56		

Preglednica 2: Matrika napak števila klasificiranih točk referenčnih podatkov segmenta 3000 m x 3100 m in S-GIS'97 na lokaciji: zgornji levi vogal $x = 467.354$; $y = 106.000$.

Rezultati, dobljeni po obeh metodah imajo podobne porazdelitve pravilno opredeljenih kategorij oziroma razredov rabe tal ter porazdelitve napak proizvajalca in napak uporabnika. Skladnost porazdelitev potrjuje, da smo pri točkovni metodi izbrali ustrezno gostoto vozlišč.

Celotna zanesljivost, ki znaša 85 %, je kazalec dobre interpretacije satelitsko skaniranih podatkov, z ločljivostjo 10 m x 10 m. Največji odklon je med kategorijama 'kmetijsko' in 'gozd'. Zaraščanje kmetijskih površin je glavni razlog za to napako. Razlog za napako med 'kmetijsko' in 'pozidano' je v tem, da je meje obrisov pozidanih območji določeval interpretator na osnovi skaniranih odbojnih vrednosti, ki so za še neporasle kmetijske površine enake kot za pozidane. Kategorija 'vode' je napačno opredeljena v razreda 'kmetijsko' in 'gozd'. Ob skrbnem pregledu satelitsko skaniranih podatkov smo ugotovili, da se ta napaka pojavlja povsod tam, kjer so bregovi rek ali jezer poraščeni s travo, grmovjem ali drevjem.

Metoda presekov na diagonalni sloni na primerjavi presekov diagonale s kategorijami oziroma razredi rabe tal S-GIS'97 in referenčnih podatkov. Posreduje pozicijsko in tematsko točnost kakor tudi pogostnost pojavljanja različnih kategorij oziroma razredov rabe tal, kar se lahko določi s številom raznovrstnih presekov premice, ki leži diagonalno na piksel.

Na segmentu 3000 m x 3100 m smo potegnili diagonalno dolžine 4314 m in na njej označili presečišča kategorij in razredov rabe tal iz S-GIS'97 in posebej presečišča interpretiranih referenčnih podatkov. Na obeh diagonalah smo izmerili dolžine vseh presečišč in jim določili pripadnost kategoriji oziroma razredu rabe tal ter oboje zabeležili. Slednje bomo uporabili pri izračunu objektivne ocene pokrajinske raznolikosti. Diagonali smo priložili in posebej izmerili dolžino, ki je tematsko sovpadala na obeh diagonalah in posebej, kjer se je razlikovala. V obeh primerih smo zabeležili tudi pripadnost pokrovnosti oziroma rabi tal. Iz tega smo izdelali matriko napak (Preglednica 3):

GIS	FOTOINTERPRETACIJA (m)					Zanesljivost uporabnika (%)
	Kmet.	Gozd	Pozidano	Vode	Total	
Kmet.	2724,75	173	173	0	3070,75	89
Gozd	43,25	259,5	43,25	0	346	75
Pozidano	259	0	519	0	778,5	67
Voda	43,25	0	0	86,5	129,75	67
Total	3070,75	432,5	735,25	86,5	4325	Celotna zanesljivost (%)
Zanesljivost proizvajalca (%)	89	60	71	100		83

Preglednica 3: Matrika napak klasificiranih segmentov diagonale dolžine 4325 m na S-GIS'97 in na segmentu 3000 m x 3100 m na lokaciji: zgornji levi vogal $x = 467.354$; $y = 106.000$.

83 % celotna zanesljivost potrjuje že prej ugotovljeno dobro interpretacijo satelitsko skaniranih podatkov. Največja napaka se pojavlja med kategorijo 'kmetijsko' in 'pozidano', kar dodatno pojasnjujemo z dejstvom, da je izbrani referenčni segment pokrival območje gradbišča avtoceste, kjer je meja med še ne obraslimi njivami in odprtim gradbiščem na satelitsko skaniranih podatkih nejasna. Poleg tega je pri S-GIS'97 vsaka koordinata stavbe dobila centroid polmera 20 m, ne glede na njeno dejansko površino (Statistične informacije 1998).

Podatke števila presekov in njihovih dolžin na diagonali S-GIS'97 smo uporabili za izračun objektivne ocene raznolikosti pokrajine.

Iz preglednice 4 je razvidno, da je na tem območju prevladujoča kategorija kmetijska, medtem ko imajo gozdne površine in pozidane površine enako manjšo zastopanost. Iz podatkov o dolžini pozidanih presekov lahko sklepamo, da je gostota pozidanih površin večja, kot gostota gozdnih površin.

GIS	preseki		celotna dolžina	
	štev	%	m	%
Kmetijsko	9	41	3070,75	71
Gozd	7	32	346	8
Pozidano	5	23	778,5	18
Vode	2	4	129,75	3
Total	22	100	4325	180

Preglednica 4: Število presekov kategorij pokrovnosti in razredov rabe tal na 4325 m diagonali na S-GIS'97 površine 3000 m x 3100 m na lokaciji: zgornji levi vogal $x = 467.354$; $y = 106.000$.

Dodatno smo s to metodo analizirali še območje, za katerega smo imeli podatke ortofoto posnetkov merila 1 : 5000. V tem primeru, je bila dolžina diagonale omejena z velikostjo posnetka in je znašala 3730,7 m (spodnji levi vogal: $x = 545.000$; $y = 121.004$ in zgornji desni vogal: $x = 547.242$; $y = 123.998$). Ponovno smo določili preseke kategorij oziroma razredov rabe tal na S-GIS'97 in na ortofotu. Obe diagonali smo priložili in zmerili dolžine presekov ter odklonov in določili pripadnost kategoriji oziroma razredu rabe tal.

GIS	FOTOINTERPRETACIJA (m)				Zanesljivost uporabnika (%)
	Kmet.	Gozd	Pozidano	Total	
Kmet.	1661,6	196,4	21,3	1879,3	88
Gozd	56,8	1623,1	0	1679,9	97
Pozidano	104,5	22,2	44,8	171,5	26
Total	1822,9	1841,7	66,1	3730,7	Celotna zanesljivost (%)
Zanesljivost proizvajalca (%)	91	88	68		89

Preglednica 5: Matrika napak klasificiranih segmentov diagonale dolžine 3730,7 m na S-GIS'97 in na ortofoto; spodnji levi vogal: $x = 545.000$; $y = 121.004$ in zgornji desni vogal: $x = 547.242$; $y = 123.998$; azimut: $38,1^{\circ}$.

89 % celotna zanesljivost govori o zelo natančni interpretaciji satelitsko skaniranih podatkov tega območja. Največja napaka se pojavlja med kategorijama 'gozd' in 'kmetijstvo'. Manjše površine velikega števila travnikov v zaraščanju so razlog tej napaki. Dodajanje površine v polmeru 20 m okoli vsake koordinate hiše je glavni razlog napake med kategorijama 'kmetijsko' in 'pozidano' (Statistične informacije 1998). Za izračun raznolikosti pokrajine smo ponovno uporabili dolžine segmentov kategorij pokrovnosti in rabe tal S-GIS'97.

Iz preglednice 6 je razvidno, da je prevladujoča kategorija 'kmetijska', kategoriji 'gozd' in 'pozidano' imata nižjo a enako pogodnost pojavljanja. Iz dolžine presekov pozidanih površin ugotovimo, da področje ni gosto pozidano in lahko domnevamo, da je področje gosteje prepredeno s cestami.

GIS	preseki		celotna dolžina	
	štev	%	m	%
Kmetijsko	12	41	1879,3	50
Gozd	7	27	1679,9	45
Pozidano	7	27	171,5	5
Total	26	100	370,7	100

Preglednica 6: Število presekov kategorij pokrovnosti in razredov rabe tal na 3730,7 m diagonali (spodnji levi vogal: $x = 545.000$; $y = 121.004$; zgornji desni vogal: $x = 547.242$; $y = 123.998$; azimut: $38,1^{\circ}$).

To metodo smo uporabili tudi na 4325 m diagonali segmenta 3000 m x 3100 m (zgornji levi vogal $x = 467.354$; $y = 106.000$), ki smo ga predhodno uporabili pri izračunu matrike poligonov in točk. Frekvence presekov kategorij in razredov rabe tal na obeh diagonalah smo medsebojno primerjali in statistično značilnost razlik med njimi testirali s H_i^2 - testom (preglednica 7):

		območje		
		ZL:	ZL:	
		$x = 547.242$	$x = 467.354$	
		$y = 123.998$	$y = 106.000$	Skupaj
Kmetijsko	12	9		21
Gozd	7	7		14
Pozidano	7	5		12
Skupaj	26	21		47

Preglednica 7: število presekov na obeh območjih in izračun H_i^2

S tveganjem manjšim od $p = 0,5$ privzemamo, da se pokrajini med seboj ne ločita statistično značilno po razgibanosti pojavljanja posameznih kategorij pokrovnosti ali razredov rabe tal ($0,10 < p < 0,20$). Ločita pa se po številu različnih kategorij, saj se voda pojavlja le na eni od proučevanih lokacij.

3 SKLEP

Položajno in atributivno točnost kartografskega izdelka lahko hitro in enostavno ocenimo z metodo presekov na diagonali. Za razliko od ocene dobljene s klasifikacijo poligonov, metoda presekov na diagonali ne upošteva položajnih napak izrisov poligonov. Od metode ocene s pomočjo točk, pa metoda presekov na diagonali posreduje poleg tematske informacije še položajni podatek sosednje kategorije ali razreda rabe tal. Njena bistvena prednost pa je v tem, da lahko njene rezultate testiramo z uporabo H_i^2 - testa za objektivno ocenjevanje pokrajinske raznolikosti različnih območij.

VIRI IN LITERATURA

- Berry, J. K. 1987: Computer-assisted map analysis: potential and pitfall. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 10.
- Beyeler, A. 1998: Arealstatistik der Schweiz, die Bodennutzung in den Kantonen Bern, Luzern, Obwalden, Nidwalden, Gemeinde-ergebnisse 1979/85 und 1992/97; Bunde-

- samt für Statistik, Bern.
- Beyeler, A. 2001: The changing face of land use. Land use statistics of Switzerland. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, (<http://www.admin.ch/bfs/statch/ber02/asch/dframe1.htm>).
- Foody, G. 2001: Accuracy of Image Classifications. Problems in Evaluating Thematic Maps derived from Imagery. GIM Int.
- Gallego, F. J. 1995: Sampling frames of square segments, An agricultural information system for the European Union, Joint Research Centre, EUR 16317 EN.
- Geodetska uprava RS, (<http://www.gov.si/gu/index.html>).
- GIS Standards Committee of the Minnesota Governor's Council on Geographic Information 16. Dec. 2000, (<http://www.gis.state.mn.us/committe/stand/New/dataqual.htm>).
- Griffith, D. A. 1996: The need for spatial statistics, Ch. 1 in Spatial Statistics, practical handbook, New York.
- IFN & UNISFERE 1997: European Topic Centre on Land Cover, Workshop on Land Cover Applications – Need and Use, Copenhagen.
- Leung, Y. 1998: A locational error model for spatial features, Int. J. Geographical Information Science, Vol 12, No 6.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1994: Remote sensing and image interpretation, New York.
- Lojović, E.H., Šabić, D., Tretjak A 1998: Land cover/land use GIS of Slovenia, updating and multitemporal analysis, Phare Multicounty COP'98 project documentation, Eurostat, DGIV-Land cover-use programme.
- Marble, D. 1990: Geographic Information Systems: An overview, Introductory readings in Geographic information systems, London.
- Statistične informacije 1998: Ozemlje in podnebje, številka 42, GIS pokrovnosti tal Slovenije, Statistični urad Republike Slovenije.
- Šabić, D., Lojović, E. H., Tretjak, A. 1998: Quality Assessment of the Statistical Land Cover/Use GIS of Slovenia - state'97, International Conference on Methodology and Statistics, Preddvor, Slovenia.
- Verbyla, D., Hammond, T. 2001: How to lie with an Error Matrix, (<http://nrm.salrm.uaf.edu/~dverbyla/online/errormatrix.html>).
- Wong, D. 1996: Aggregation effects in geo-referenced data, Ch. 5 in Spatial Statistics, practical handbook, New York

POPIS PREBIVALSTVA, GOSPODINJSTEV IN STANOVANJ V REPUBLIKI SLOVENIJI V LETU 2002 – PRIPRAVA KARTOGRAFSKO-TEHNIČNE DOKUMENTACIJE ZA 16.400 POPISNIH OKOLIŠEV

Simona Klasinc*

UDK 312:314.6(497.4)''2002''

Izyleček

Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v Republiki Sloveniji v letu 2002 – priprava kartografsko-tehnične dokumentacije za 16.400 popisnih okolišev

V prispevku želim predstaviti dejavnosti Statističnega urada Republike Slovenije, ki so bile povezane s pripravo kartografsko-tehnične dokumentacije za Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v Republiki Sloveniji v letu 2002. Za vse popisne okoliše v Sloveniji je bilo pripravljenih okoli 16.400 kart ter njim pripadajočih izpisov hišnih števil. Kartografski izdelki so bili del popisnega gradiva, ki so ga prejeli popisovalci in so jim bili v pomoč pri orientaciji na terenu in lažjem razpoznavanju popisnega območja ter hišnih števil v njem.

Ključne besede

Popis prebivalstva, kartografsko-tehnična dokumentacija, popisni okoliš, IPOS (izrisovanje popisnih okolišev Slovenije)

Abstract

Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Slovenia in 2002 – preparation of cartographic and technical documents for 16,400 census districts

The paper attempts to present activities of the Statistical Office of the Republic of Slovenia connected with preparing cartographic and technical documents for the 2002 Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Slovenia. Around 16,400 maps and appurtenant prints of house numbers were prepared for all census districts in Slovenia. Cartographic products were part of the census material received by the enumerators to help them orientate in the census districts and find house numbers in them.

Keywords

Population census, cartographic and technical documents, census district, IPOS (delineation of census districts in Slovenia)

1 UVOD

Ena pomembnejših nalog Statističnega urada Republike Slovenije je izvedba popisa prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj vsakih deset let. Zadnji popis je bil izveden aprila 2002, na stanje 31. 3. 2002. Po metodologiji popisa je ozemlje Republike Slovenije razdeljeno na

* Statistični urad Republike Slovenije, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, simona.klasinc@gov.si

popisne okoliše, ki so tehnično enaki prostorskim okolišem iz baze Registra prostorskih enot Geodetske uprave Republike Slovenije. Za vsak popisni okoliš je popisovalec poleg obvezne dokumentacije razpolagal tudi z ustrežno karto ter pripadajočim izpisom hišnih števil. Kartografski izdelki so bili popisovalcem v pomoč pri orientaciji na terenu in lažjem razpoznavanju popisnega območja, ki jim je bil dodeljen. Popisovalec je moral poiskati in popisati vse osebe, stanovanja in stavbe, za katere je imel kartografsko-tehnično in ostalo dokumentacijo, seveda pa tudi tiste, na katere je naletel pri terenskem delu, pa zanje ni imel ustrezne dokumentacije.

Oddelek za regionalne statistike na Statističnem uradu RS je zato v začetku leta 2002 pripravil 16.400 kart popisnih okolišev za izvajalce Popisa 2002.

2 PODATKI REGISTRA PROSTORSKIH ENOT

Pri pripravi kartografskih izdelkov so bili uporabljeni podatki Registra prostorskih enot Geodetske uprave RS, ki se na Statističnem uradu RS uporabljajo od leta 1997 dalje. Pred tem je Statistični urad RS v sodelovanju z Geodetsko upravo RS več kot dvajset let uspešno vodil in vzdrževal Register teritorialnih enot ter Evidenco hišnih števil.

Ob izvedbi reforme lokalne samouprave leta 1995 je operativno vodenje Registra teritorialnih enot in Evidenca hišnih števil postopno prešlo v pristojnost Geodetske uprave RS. V prehodnem obdobju je Statistični urad RS s podatki Registra prostorskih enot še nadalje vzdrževal Register teritorialnih enot, po letu 2000 pa vse podatke, ki so povezani s prostorsko komponento veže na Register prostorskih enot in jih izkazuje tudi v okviru najrazličnejših regionalnih delitev, ki veljajo danes v Sloveniji.

3 PROGRAMSKI PAKET IPOS (IZRISOVANJE POPISNIH OKOLIŠEV SLOVENIJE)

3.1 Zakaj programski paket IPOS?

S prenehanjem vzdrževanja lastnega Registra teritorialnih enot so se pred Statističnim uradom RS nanizali novi izzivi, povezani z možnostjo uporabe podatkov Registra prostorskih enot v najrazličnejše namene.

Že ob poskusnem popisu prebivalstva leta 1998 se je izkazalo, da lahko Statistični urad RS sam pripravi kartografsko dokumentacijo za popisovalce. Pri preteklih popisih je za to namreč poskrbela Geodetska uprava RS. Ugotovljeno je bilo, da grafični del Registra prostorskih enot sicer omogoča pripravo kart, vendar ni namenjen množični izdelavi, saj bi to zahtevalo veliko časa in človeških virov. Tudi kvaliteta kartografskih izdelkov bi bila ob 'ročnem' delu vprašljiva, saj bi bila v veliki meri odvisna od subjektivnega dela oseb, ki bi pripravljale datoteke s podatki za posamezne popisne okoliše za kasnejši izris na risalnikih.

Zato je po predlogih Statističnega urada RS podjetje ASTER d.o.o izdelalo nov programski paket, katerega delovanje je v osnovi enako delovanju aplikacije Registra prostorskih enot, vendar poleg pregledovanja na zaslonu, povpraševanja po atributnih podatkih ter izrisa trenutnega pogleda na zaslonu, ponuja veliko več. Prvenstveno je bil ta programski

paket, imenovan IPOS (Izrisovanje popisnih okolišev Slovenije), namenjen avtomatizirani pripravi datotek posameznih popisnih okolišev, ki bi kasneje omogočale izris na ustreznih risalnikih. Z manjšimi dopolnitvami programa je bilo kasneje doseženo kakovostno, hitro in učinkovito izrisovanje katerih koli vsebin iz Registra prostorskih enot. Poleg tega aplikacija IPOS omogoča povezovanje geokodiranih podatkov različnih registrov in evidenc ter dopušča oblikovanje poljubnih prostorskih enot, ki imajo seveda za osnovo eno od vsebin Registra prostorskih enot.

3.2 Tehnične značilnosti IPOS-a

Programski paket IPOS je napisan v C++ jeziku oziroma z uporabo MFC (Microsoft Foundation Classes) knjižnice v Microsoft Visual Studio okolju. Aplikacija za PC okolje deluje na operacijskem sistemu Windows 98/NT/2000/XP. Za osnovno delovanje potrebuje vsaj 32 Mb prostega spomina in 10 Mb prostora na trdem disku. Zahteva po spominu je odvisna od namena uporabe aplikacije, saj le ta omogoča poljubno vklapljanje oziroma uporabo tako RPE slojev kot tudi uporabniških slojev (poljubno določenih prostorskih enot)– v rastrski in vektorski obliki.

Pri pripravi datotek za kasnejše tiskanje potrebuje aplikacija večjo količino prostora na trdem disku. Prostor je potreben že v fazi samega izrisovanja, seveda pa je pomemben tudi za shranjevanje datotek s podatki za izrise kart.

Količina prostora, potrebnega med izrisovanjem je odvisna od števila uporabljenih slojev ter njihove vsebine. Proces rastriranja (zlaganja vektorskih in rastrskih slojev v eno končno karto večjih dimenzij) zahteva zelo veliko prostora za vmesna računanja. V fazi testiranja aplikacije se je izkazalo, da je več Gb prostega prostora na disku premalo, zato je bilo potrebno vgraditi dodatne funkcije, ki omogočajo rastriranje velikih slik z omejenimi viri na računalniku.

3.3 Kaj omogoča IPOS?

Programski paket izrisovanja popisnih okolišev Slovenije omogoča:

- prenos in prevzemanje grafičnih podatkov iz replicirane (replikacija baze na Centru vlade za informiranje) podatkovne baze Registra prostorskih enot in izris popisnih okolišev na osnovi izbranih parametrov (merilo izrisa, format papirja),
- samodejni izračun merila izrisane karte in velikosti formata papirja glede na velikost popisnega okoliša in gostoto hišnih števil v popisnem okolišu,
- določitev poljubnega merila karte ali formata papirja, na osnovi katerih so preračunani ostali parametri,
- avtomatizirano izrisovanje za poljubno izbrane popisne okoliše in druge teritorialne enote,
- avtomatsko pozicioniranje izven okvirne vsebine kart,
- vse funkcije pregledovanja na zaslonu in povpraševanja po atributnih podatkih za izbrane grafične objekte ter priprave predogledov izrisovanja,

- definiranje poljubnih enot, ki jih sestavljajo popisni okoliši in izris mej le teh po izbranih parametrih,
- izris mej poljubno definiranih enot ter samo tistih hišnih števil, ki ležijo v izbrani enoti,
- deljenje enot zaradi izrisa na več kart,
- povezovanje različnih baz podatkov.

3.4 Vsebina karte

Vsebino karte določajo potrebe uporabnika, saj je na karti moč predstaviti katerekoli vsebine Registra prostorskih enot, ne glede na to, da je bila programska oprema izdelana na podlagi zahteve po kar se da avtomatizirani pripravi datotek za karte popisnih okolišev. Za popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj pa so bile na kartah izrisane naslednje vsebine:

- podlaga karte je temeljni topografski načrt v merilu 1 : 5000 ali 1 : 10.000, ki omogoča popisovalcu lažjo orientacijo na terenu. Uporabljeni so bili sloji reliefa, hidrografije ter prometnega in naselbinskega omrežja (situacija),
- osnovna teritorialna enota na karti za popis prebivalstva je popisni okoliš, sicer pa katera koli druga, poljubno izbrana. Na karti je jasno vrisana meja popisnega okoliša, znotraj nje pa so izrisane vse hišne številke,
- vrisane osi oziroma linije ulic v naseljih, kjer obstaja ulični sistem,
- izpisana imena ulic.

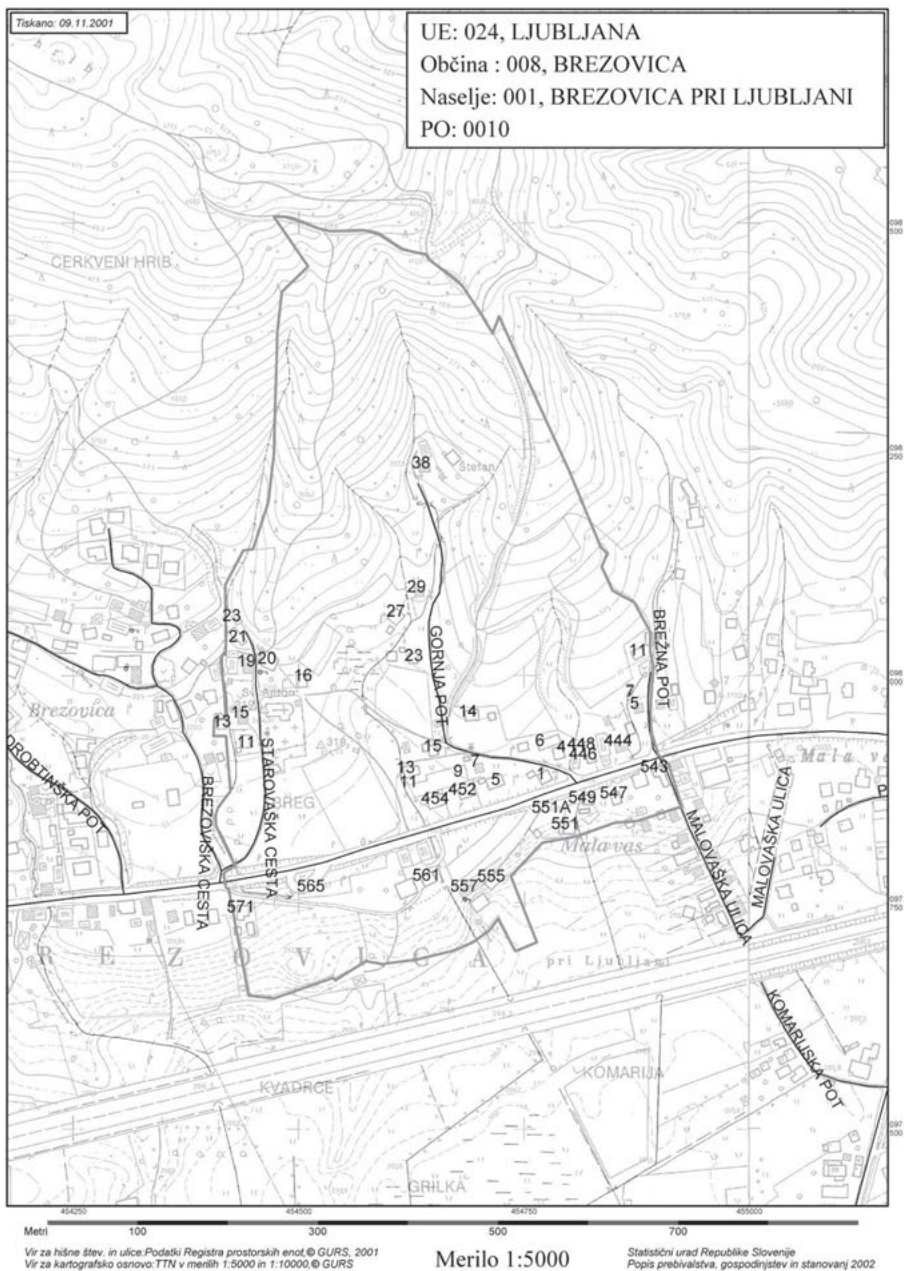
3.5 Izvenokvirna vsebina karte

Izvenokvirno vsebino karte lahko uporabnik določa sam, glede na to, kakšne vsebine predstavlja. Avtomatsko se izpisuje matematično merilo, izrisuje grafično merilo ter koordinate ob desnem in spodnjem robu karte. Za popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj so bile izrisane naslednje izven okvirnevsebine karte:

- identifikacija popisnega okoliša v zgornjem desnem kotu karte: šifra in ime upravne enote, šifra in ime občine, šifra in ime naselja, šifra popisnega okoliša,
- merilo karte: grafično in matematično,
- vir podatkov,
- koordinate x in y v Gauss-Krügerjevi kartografski projekciji.

4 ŠIRŠA UPORABA PROGRAMSKEGA PAKETA IPOS

Prvenstveno je programski paket IPOS namenjen izrisovanju popisnih okolišev. Ker pa se popisi prebivalstva opravijo le vsakih deset let, bi bila taka uporaba zelo neracionalna, zato ga na Statističnem uradu RS uporabljamo tudi za druge namene. Tako je mogoče v IPOS-u povezati geokodirane podatke iz različnih registrov in evidenc ter nadalje oblikovati poljubne prostorske enote, ki imajo seveda za osnovo eno od vsebin Registra prostorskih enot. Obe omenjeni možnosti sta bili uporabljeni ob Popisu kmetijskih gospodarstev v RS



Slika 1: Izsek iz karte popisnega okoliša s šifro 10, v občini Brezovica.

v letu 2000. Tedaj je bila vzpostavljena povezava v Oraclu med bazo Registra prostorskih enot, ki jo vodi Geodetska uprava RS ter bazo kmetij oziroma statističnim registrom kmetij, ki ga vodi Statistični urad RS. S tem so bili povezani različni atributni podatki, vezani na hišno številko, ki je bila hkrati tudi kmetijsko gospodarstvo. Na kartografskih izdelkih pa se je ta povezava izrazila v različni obarvanosti hišnih številke (tiste hišne številke, ki so bile tudi kmetije so bile obarvane rdeče, sicer pa črno). Na ta način je bilo izdelanih 2400 datotek, na podlagi katerih so bile na ustreznih tiskalnikih natisnjene karte za izvajalce Popisa kmetijskih gospodarstev. Tiskalniki morajo omogočati tiskanje različnih formatov papirja (od A4 do A0) ter zagotavljati dobro kvaliteto končnih izrisov, od katere je odvisna berljivost karte. Prav tako tiskalnik ne sme spremeniti originalno postavljene barvne lestvice. Uporabljena sta bila dva tiskalnika - Hewlett Packard 3500 CP in Epson Stylus Pro 9000.

Aplikacija IPOS se na Statističnem uradu Republike Slovenije uporablja tudi za potrebe vzorčenja in s tem izvajanja najrazličnejših anket. Na osnovi vnaprej določenega kriterija (npr. določenega števila gospodinjstev, prebivalcev ali državljanov) se oblikujejo poljubna geografska območja, sestavljena iz enega ali več prostorskih okolišev. V takih primerih se Register prostorskih enot poveže s podatki Centralnega registra prebivalstva.

5 PRIPRAVA KART ZA POPIS PREBIVALSTVA, GOSPODINJSTEV IN STANOVANJ V RS V LETU 2002

Priprave za izdelavo kart za Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v RS v letu 2002 so se pričele julija 2001 s pripravo razpisne dokumentacije javnega razpisa za izbiro zunanega izvajalca, ki bi v določenem časovnem obdobju na tiskalnikih natisnil 16.400 kart. Z izbranim podjetjem je bila oktobra, leta 2001, sklenjena pogodba, po kateri je bil dolžan izrisati, pregibati ter sortirati karte popisnih okolišev. Do 19. novembra smo na Statističnem uradu RS s pomočjo programskega paketa IPOS pripravili in izvajalcu predali prve podatke za karte popisnih okolišev, nato pa je v mesecu in pol sledila izmenjava podatkov in končnih izdelkov - kart med izvajalcem in Statističnim uradom RS. V začetku januarja 2002 je bilo izdelanih 16.405 kart popisnih okolišev, kasneje pa so bile pripravljene tudi karte posameznih območnih popisnih centrov. Le te so območnim popisnim komisijam služile kot dodatna pomoč pri razvrščanju popisovalcev v popisne okoliše.

Kljub temu, da je priprava datotek s podatki za popisne okoliše zelo avtomatizirana pa ne izključuje vloge človeškega faktorja. Programski paket deluje, kot je bilo omenjeno zgoraj tako, da za vsak popisni okoliš v Sloveniji avtomatsko izračuna optimalno velikost papirja ter merilo izrisa, pri čemer je upoštevana gostota hišnih številke. Karta popisnega okoliša z vrisanimi hišnimi številkami je namreč neuporabna, če le teh ni mogoče razbrati in jih s tem prepoznati na terenu. Da bi dosegli optimalno berljivost kart, je bilo zato potrebno na zaslonu pregledati vse popisne okoliše in na podlagi subjektivnih ocen pripravljavcev datotek s podatki spreminjati avtomatsko določene parametre. Pregledati je bilo potrebno tudi vse končne izdelke - karte, saj je marsikdaj na zaslonu težko oceniti berljivost karte. Vse neustrezne karte so bile popravljene in ponovno izrisane.

Zunanji izvajalec je podatke prevzemal s svojim prenosnim diskom, karte pa je tiskal na štirih tiskalnikih različnih formatov. Karte popisnih okolišev so bile namreč izrisane na petih različnih formatih papirja: A4, A3, A2, A1, A0. Za formata A4 in A3 sta bila

uporabljena 'ink jet' tiskalnika Epson Stylus Photo 1290 in 890, za večje formate pa Epson Stylus Pro 9000 in 10.000. Največja odlika omenjenih tiskalnikov je doseganje zelo dobre kvalitete končnega izdelka ter sposobnost tiskanja velikih količin v kratkem času (npr. 20 m² na uro pri Epson Stylus Pro 10.000).

Na velikost formata papirja je vplivala velikosti posameznega popisnega okoliša ter gostota hišnih številke v njem. Res je, da so karte formata A0 nepraktične za uporabo na terenu, vendar se temu ni bilo moč izogniti. Z zmanjšanjem formata papirja se namreč spremeni merilo karte in s tem zmanjša berljivost oziroma razpoznavnost hišnih številke.

Na karti popisnega okoliša je vrisana meja le tega, znotraj nje pa so izrisane vse hišne številke, ki sodijo na to območje. Hišnih številke sosednjih popisnih okolišev na karti ni, da ne bi prišlo do nejasnosti pri razpoznavnosti pripadnosti hišnih številke določenemu popisnemu okolišu, kar je problematično zlasti na mejah le teh.

Na kartah so bile izrisane samo tiste hišne številke, ki so uradno vodene v Registru prostorskih enot Geodetske uprave RS, kar pomeni, da morebitnih črnih gradenj ali pa novih stavb, ki so v postopku pridobivanja hišne številke, na karti ni bilo. To pomeni, da je bilo potrebno izvesti popisovanje tudi v primeru, da na karti hišne številke ni bilo, popisovalec pa je na terenu ugotovil drugačno stanje.

Poleg karte popisnega okoliša je popisovalec prejel tudi izpis hišnih številke. Le te so bile izpisane po rastočem zaporedju, upoštevan je bil tudi dodatek k hišni številki (npr. A, B). Za naselja z uličnim sistemom so bile izpisane hišne številke po posameznih ulicah, pri čemer je bilo upoštevano tudi abecedno zaporedje imena ulice.

Pri pripravi izpisov hišnih številke se je poleg podatkov Registra prostorskih enot uporabila tudi evidenca iz predpopisne baze. V njej so bili združeni podatki različnih administrativnih in statističnih virov (Centralni register prebivalstva, Poslovni register Slovenije, Statistični register delovno aktivnega prebivalstva in drugi), ki so bili uporabljeni za predizpis identifikacij popisnih vprašalnikov, za predizpis naslovov oziroma priimkov ter imen ter za označitev tistih vprašanj na popisnem vprašalniku za osebo, za katere so bili podatki predhodno zagotovljeni. V nekaj primerih je zato prišlo do neujemanja stanja na karti, kjer so bili upoštevani samo podatki Registra prostorskih enot, z izpisom hišnih številke.

Če je popisovalec na terenu zasledil stavbo s hišno številko, katero je imel na izpisu hišnih številke, ne pa tudi na karti, je zanj seveda izpolnil vso zahtevano dokumentacijo.

Popisovalec je izpolnil vprašalnike in ostalo dokumentacijo tudi za stavbe, za katere ni imel podatkov ne na karti, ne na izpisu hišnih številke.

6 ODZIVI UPORABNIKOV (IZVAJALCEV POPISA 2002) KARTOGRAFSKO-TEHNIČNE DOKUMENTACIJE

Po odzivih sodeč je bila velika večina od 7000 popisovalcev zadovoljnih s pripravljenimi kartografskimi izdelki. Karte, skupaj z izpisi hišnih številke, so bile nepogrešljive zlasti na redkeje poseljenih območjih, saj so popisovalcem pomagale pri orientaciji na terenu in iskanju hišnih številke in s tem oseb, za katere so imeli pripravljeno ostalo popisno gradivo. V mestnih in ostalih strnjeno poseljenih naseljih pa so karte in izpise uporabljali kot dodatno pomoč ter za kontrolo celotnega zajetja oseb, stavb in stanovanj.

Seveda pa se zapletom ni bilo moč ogniti. Temeljni topografski načrti, ki so bili upo-

rabljeni kot podlaga kart še niso reambulirani za celotno ozemlje Republike Slovenije. V popisnih okoliših na območjih z uličnim sistemom to ni predstavljalo večje težave, saj so ulice (z osmi in imeni), kot ena od vsebin Registra prostorskih enot usmerjale popisovalca na terenu. Na redkeje naseljenih območjih pa so popisovalci, ki so bili v veliki večini primerov sicer dobri poznavalci lokalnih razmer, potrebovali tudi pomoč članov območnih popisnih komisij in predstavnikov območnih geodetskih izpostav.

Manjše zaplete so povzročala tudi neskladja med popisnim gradivom (vprašalniki in kartografsko-tehnično dokumentacijo) ter dejanskim stanjem na terenu. Programski paket IPOS omogoča ustavitev branja sprememb iz baze Registra prostorskih enot. To možnost smo uporabili, da smo dosegli enotnost s predpopisno bazo in ustavili branje sprememb 9. 11.2001. Ker pa je seveda Geodetska uprava RS nadaljevala s svojim delom – vnašanjem teritorialnih sprememb in sprememb hišnih števil, so se pojavile razlike. Tudi v takih primerih so popisovalcem priskočili na pomoč člani območnih popisnih komisij.

7 SKLEP

Programski paket IPOS je GIS orodje, izdelano za potrebe Statističnega urada Republike Slovenije. Omogoča kar se da avtomatizirano pripravo podatkov, pripravljenih za izrisovanje popisnih okolišev na ustreznih tiskalnikih. Poleg tega, da je bil uporabljen za pripravo kartografskih izdelkov, ki jih je uporabilo okoli 7000 popisovalcev za Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v RS v letu 2002, ga na Statističnem uradu RS uporabljamo tudi za potrebe vzorčenja. Osnova za delovanje programskega paketa je baza Registra prostorskih enot, ki jo vodi in vzdržuje Geodetska uprava Republike Slovenije in omogoča uporabo dnevno ažurnega stanja. S podatki Registra prostorskih enot pa povezujemo tudi podatke drugih administrativnih in statističnih registrov in s tem nadgrajujemo prvotno funkcijo programskega paketa IPOS.

VZDRŽEVANI STATISTIČNI GIS POKROVNOSTI TAL IN NJEGOVA UPORABA ZA PRIKAZ PODATKOV IZ POPISA PREBIVALSTVA 2002

Dominik Skumavec in Danijela Šabić*

UDK 91:659.2:004:314.8.061

Izvleček

Vzdrževani statistični GIS pokrovnosti tal in njegova uporaba za prikaz podatkov iz Popisa prebivalstva 2002

Statistični urad Republike Slovenije že od leta 1993 pridobiva podatke o splošni pokrovnosti tal z obdelavo in analizo satelitskih posnetkov. Te podatke objavlja v Statističnem letopisu na nivoju države in na nivoju regij, z njimi pa izpolnjuje tudi svoje obveznosti do Eurostata in drugih mednarodnih institucij. Digitalizirani vektorski podatki in tematski rastrski podatki so podlaga za statistične prostorske analize ter prostorske analize drugih uporabnikov. Podatki v vektorski ali v rastrski obliki so javni in so na voljo vsem uporabnikom brezplačno. V letu 2001 je SURS v okviru Phare projekta StatCOP98 nabavil serijo posnetkov Landsat ETM. Georeferencirani posnetki so podlaga za posodobitev Statističnega GIS-a pokrovnosti tal iz leta 1997 na stanje 2001. V letu 2002 SURS izvaja tudi evropski projekt LUCAS, statistični popis pokrovnosti in rabe tal po prostorski vzorčni shemi. S tem se vključujemo v enotno evropsko zbirko o pokrovnosti in rabi tal. Statistični GIS pokrovnosti tal je tudi osnova za izračun podatkov o poselitvenih površinah po občinah po Eurostatovem priporočilu iz leta 1999. Ti podatki bodo uporabljeni za prikaz gostote prebivalstva glede na najnovejše podatke iz Popisa prebivalstva 2002.

Ključne besede

satelitski posnetki, nadzorovana klasifikacija po metodi največje verjetnosti, pokrovnost tal, GIS, poselitvene površine, gostota prebivalstva

Abstract

Maintenance of statistical land cover GIS and its use for presenting 2002 population census data

The Statistical Office of the Republic of Slovenia has been getting the data on general land cover by processing and analysing satellite images since 1993. It publishes these data in its Statistical Yearbook at the level of the country and regions. With these data SURS fulfils its obligations towards Eurostat and other international institutions. Digitised vector data and thematic raster data are the basis for statistical spatial analyses and spatial analyses of other users. Data in vector or in raster form are public and available to all users free of charge. Within Phare StatCOP98 project, in 2001 SURS purchased a series of Landsat ETM images. Georeferenced images are the basis for updating the statistical land cover GIS from 1997 to 2001. In 2002 SURS is implementing the European project LUCAS, which is a statistical survey of land cover and land use according to a spatial sampling scheme. Thus we are included in the common European database of land cover and land use. Statistical land cover GIS is also the basis for calculating the data on inhabitable areas by municipalities according to Eurostat's recommendation of 1999. These data will be used for presenting population density according to the newest 2002 population census data.

Keywords

satellite images, maximum likelihood supervised classification, land cover, GIS, inhabitable areas, population density

* Oddelek za statistično geomatiko in GIS SURS, Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana, dominik.skumavec@gov.si, danijela.sabic@gov.si

1 UVOD

Statistični urad RS pridobiva podatke o splošni pokrovnosti tal za izpolnjevanje nacionalnih in mednarodnih potreb po teh podatkih. Osnovni vir so digitalni satelitsko skenirani podatki. Na voljo je statistični GIS pokrovnosti/rabe tal - stanje 1993, statistični GIS pokrovnosti tal - stanje 1997, izdelani so prvi podatki o pokrovnosti tal - stanje 2001. Poleg tega ocenjujemo časovne spremembe pokrovnosti tal ter razvijamo metode za oceno kakovosti podatkov. Podatke o pokrovnosti tal uporablja SURS tudi pri izdelavi raznih sociodemografskih in ekonomskih analiz ter raznih tematskih kart.

2 VZDRŽEVANI STATISTIČNI GIS POKROVNOSTI TAL SLOVENIJE - STANJE 1997

Trenutno veljavni statistični podatki o pokrovnosti tal Slovenije (Statistični letopis 2001) so podatki Statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije -stanje 1997. Pri definiciji nomenklature so bila upoštevana priporočila Eurostata, t.-j. statističnega urada Evropske unije.

Pri izdelavi vektorskih slojev so bili neposredno uporabljeni naslednji podatki:

- centriodi hiš iz baze RPE (GURS) - stanje 31.12.1997,
- linijski podatki cest (direkcija za ceste RS) in železnic (SŽ),
- satelitski posnetki SPOT PAN 1996/97 (MORS),
- satelitski posnetki Landsat TM 1997 (SURS).

Gozdna meja, vode, odprta zemljišča, deponije, skale in prodišča ter strnjena pozidana območja so določena na podlagi fotointerpretacije satelitskih posnetkov, kot pomožni podatki pri interpretaciji pa so bili uporabljeni naslednji razpoložljivi podatki:

- obris gozdnih površin (vir: Zavod za gozdove RS),
- DMR-20, izdelan iz steroparov scen SPOT (Vir: Ministrstvo za obrambo),
- geografske koordinate deponij (Vir: Ministrstvo za okolje in prostor),
- geografske koordinate kamnolomov, gramoznic itd. (Vir: Ministrstvo za gospodarske dejavnosti),
- lokacije športnih in mednarodnih letališč (vir: Aeronavtična zveza Slovenije).

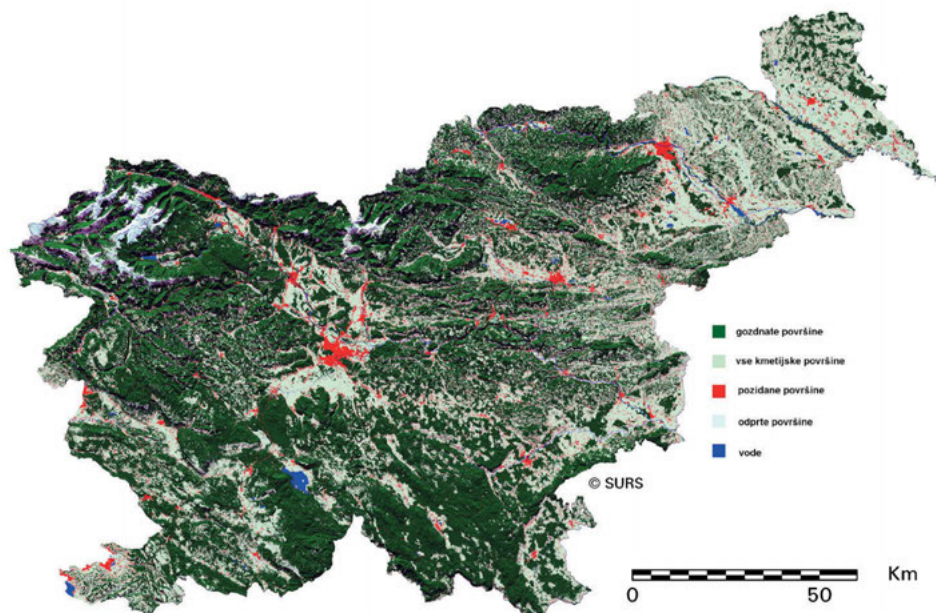
Pri interpretaciji gozdnatih površin je bila delno uporabljena klasifikacija po metodi največje verjetnosti, delno pa fotointerpretacija satelitskih posnetkov. Najmanjša enota kartiranja gozdnih in kmetijskih površin je 1 ha.

3 IZDELAVA RASTRSKE KARTE POKROVNOSTI TAL ZA STANJE 2001

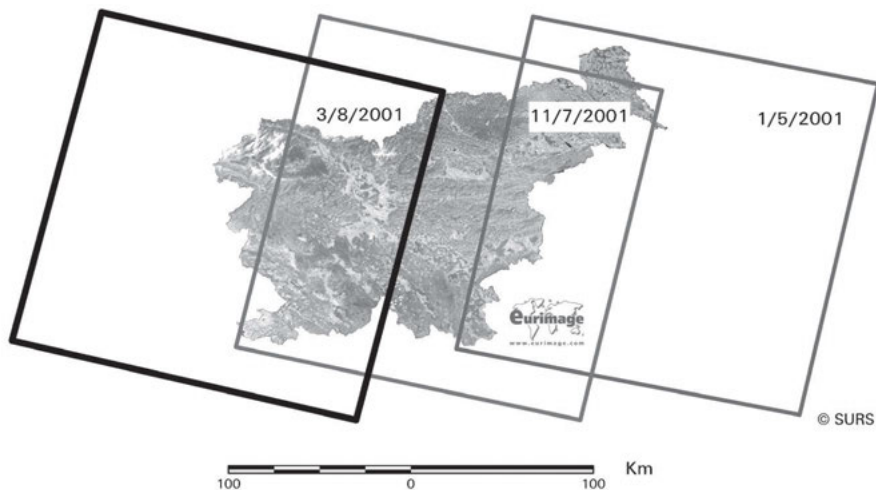
V letu 2001 je Statistični urad Republike Slovenije v okviru projekta Phare StatCOP98 nabavil serijo posnetkov Landsat ETM za leto 2001.: Ti posnetki so podlaga za posodobitev Statističnega GIS-a pokrovnosti tal iz leta 1997 na stanje 2001. V ta namen iz georeferenciranih posnetkov Landsat ETM z nadzorovano multispektralno klasifikacijo po metodi največje verjetnosti izdelujemo novo tematsko rastrsko karto pokrovnosti Slovenije.

<i>Ime kategorije pokrovnosti tal</i>	<i>Koda</i>	<i>V kategorijo so vključeni</i>
Gozdne površine	gozd1 ¹⁾	gospodarski gozdovi, varovalni gozdovi, drevesnice, grmičevje
	gozd2 ¹⁾	drevesni parki znotraj urbanih območij, uporabljeni za rekreacijo
Vse kmetijske površine ²⁾	veg1 ¹⁾	travniki, pašniki, trajni in enoletni nasadi, močvirja
	veg2 ¹⁾	travnati parki znotraj urbanih območij, uporabljeni za rekreacijo
	let ¹⁾	travnata območja letališč
Odprte površine	sk ¹⁾	skale in melišča
	nep ¹⁾	neporasli bregovi rek ter gradbišča
	dep	deponije
	kam	kamnolomi
Vode	vode1	reke, jezera, akumulacije
	vode2	industrijski bazeni, čistilne naprave
	vode3 ¹⁾	soline
Pozidane površine	poz1	stavbe z dvorišči, vrtovi, parkirišča, skladišča, definirano z dodajanjem kroga s polmerom 20 m okrog centroidov
	poz2 ¹⁾	pozidane površine med površinami in ob površinah, določenih s pomočjo centroidov, določene s fotointerpretacijo satelitskih posnetkov
	let-p ¹⁾	pozidane površine letališč
Železnice	zel1	železnice

Preglednica 1: Nomenklatura statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije, stanje 1997 (Šabič Skuma-vec 2001).



Slika 1: Karta pokrovnosti Slovenije, izvedena iz podatkov statističnega GIS-a pokrovnosti Slovenije - stanje 1997.



Slika 2: Časovna shema posnetkov ETM, uporabljenih pri izdelavi tematske karte pokrovnosti Slovenije 2001 in mozaik vseh treh posnetkov za območje Slovenije, v kombinaciji kanalov 7,5,3.

Naš osnovni cilj pri posodobitvi je dobiti nove podatke o obsegu gozdnatih, odprtih, kmetijskih, vodnih in pozidanih (umetnih) površin. Po dokončni izdelavi rastrske tematske karte bomo podatke dopolnili s centriidi hiš iz RPE in vektorskimi podatki cest in železnic, po enaki metodi kot za stanje 1997 (SURS, 2001). S tem želimo doseči čim večjo primerljivost podatkov obeh stanj.

Z izdelavo najnovejše karte pokrovnosti izpopolnjujemo našo metodologijo za spremljanje pokrovnosti. Podatki Landsat ETM se zaradi svoje spektralne širine in za naše potrebe zadostne resolucije kažejo kot primeren vir podatkov tudi za prihodnje posodobitve.

Obdelava satelitskih podatkov v našem primeru obsega naslednje glavne faze:

- povečanje (zlivanje) resolucije multispektralnih posnetkov s pankromatskim posnetkom (pan-sharpening),
- georeferenciranje,
- razrez scen po statističnih regijah,
- priprava vadbenih vzorcev,
- izvedba nadzorovane klasifikacije,
- logično filtriranje rezultatov klasifikacije,
- kontrola kakovosti rezultatov,
- ponovitev zadnjih štirih faz, če je to potrebno,
- generalizacija in izdelava vektorskih slojev,
- posodobitev statističnega GIS-a pokrovnosti na novo stanje.

Kot referenčno podlago pri georeferenciranju smo uporabili posnetke SPOT 1996/97, ki so bili že uporabljani pri izdelavi statističnega GIS-a pokrovnosti tal - stanje 1997. Kot višinsko datoteko smo uporabili digitalni model terena SPOT DTM 20. Srednja napaka položaja (RMS) ni večja od ± 30 m.

Za zlivanje resolucije smo izbrali multiplikativno tehniko. Kriterij za izbiro je bil vizuelni izgled izostrene slike.

Pri vseh regijah razen v Prekmurju in delu Podravja smo uporabili julijsko ali avgustovsko sceno. Na mestih, kjer se scene prekrivajo, smo izbrali sceno z manj oblaki. Na ta način smo izločili skoraj vse oblake. Kjer so kljub vsemu še ostali, smo uporabili podatke iz leta 1997. Kjer je bilo mogoče, smo za primerjavo obdelali obe sceni.

Del vadbenih vzorcev smo zajeli sami na terenu, večino pa smo jih interpretirali kar iz posnetkov samih, s pomočjo in primerjavo vseh, v prvem poglavju naštetih virov. Terenski vzorci so večje kmetijske površine. Za izvedbo projekta LUCAS (poglavje 3), smo od Geodetske uprave Republike Slovenije prejeli 63 sistematično razporejenih ortofoto posnetkov v merilu 1 : 5.000. Po končanem projektu bomo imeli na voljo tudi terenske podatke o pokrovnosti in rabi tal iz vseh omenjenih posnetkov. Po tem bomo izpopolnili bazo vadbenih vzorcev in izboljšali kakovost klasifikacije.

Za oceno kakovosti bomo uporabili priporočeno metodo za oceno natančnosti statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije (Tretjak 2001). Ta metoda temelji na primerjavi podatkov karte z referenčnimi podatki po digitaliziranih linijah (npr. diagonali ortofoto posnetka). V matriki napak namesto števila pikslov uporabimo dolžine segmentov linije, ki sekajo posamezno kategorijo. Ta metoda omogoča tudi statistično ocenjevanje raznolikosti krajine (Tretjak 2001).

Pri izvedbi multispektralne klasifikacije je pomembna spektralna homogenost posameznih vzorcev, kar zahteva veliko količino začetnih razredov, ki jih po klasifikaciji

zdužujemo po skupnih lastnostih. Multispektralna klasifikacija se je izkazala kot dobra, kadar imamo homogene razrede, npr. vodne površine, večje odprte in pozidane površine ter homogene obdelovalne površine. Slabše rezultate dobimo za redke gozdne površine, sadovnjake, vinograde in ostale nehomogene razrede pokrovnosti tal.

Kakovost klasifikacije nehomogenih razredov izboljšujemo z logičnim filtriranjem s pomočjo DTM-20, s pomočjo rezultatov klasifikacij po različnih kriterijih in s pomočjo vseh drugih razpoložljivih podatkov.

<i>Razredi vadbenih vzorcev</i>	<i>Vrsta vzorcev:</i>	<i>Razred na karti</i>	<i>Razred v statističnem GIS-u pokrovnosti</i>
ruševje	P	ruševje	gozd
iglast gozd	P, FI	gozd	
mešan gozd	FI		
listnat gozd	FI		
grmičevje	FI		
sadovnjak	P, DTK	trajni nasadi	kmetijsko
trta	T, P, DTK		
hmelj			
pašnik	T, P,	travnate površine	
travnik	FI, P		
koruza	T, FI	njive	
pšenica	T, FI		
ječmen	T, FI		
ostale njivske kulture (več razredov)	T, FI		
gosto pozidano	FI, GIS97	pozidano	
pozidano	FI, GIS97		
industrija	FI, GIS97		
kamnolomi	FI, GIS97	odprto	kamnolomi
deponije	FI, GIS97		deponije
peskokopi	FI, GIS97		kamnolomi
prod	FI, GIS97		neporasli bregovi rek
skale	FI, P		skale
melišča	FI, P		
vode	FI		vode

FI - fotointerpretacija, T- teren, P - poznavanje operaterja, DTK - državna topografska karta 1: 25.000, GIS97 - GIS pokrovnosti Slovenije.

Preglednica 2: Razredi, uporabljeni pri multispektralni klasifikaciji za izdelavo karte pokrovnosti Slovenije, stanje 2001.

S pomočjo ocene **zanesljivosti klasifikacije posameznega razreda** bomo postavili kriterije za uvrstitev novih razredov v nomenklaturu statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije. Končni cilj je zbirka podatkov o pokrovnosti tal s standardno evropsko nomenklaturu LUCAS.(Preglednica 5). Organizacijo in postopek izdelave karte bomo standardizirali tako, da bo možno ažurno spremljanje dinamike pokrovnosti na državni in regionalni ravni.

Prvi nepotrjeni podatki za leto 2001 kažejo na nadaljevanje zaraščanja kmetijskih površin in na povečevanje deleža pozidanih površin v Sloveniji. Dokončanje posodobitve vzdrževanega statističnega GIS-a pokrovnosti tal načrtujemo konec leta 2002.

razred	Stanje 2001 (začasni podatki)		GIS pokrovnosti 1997	
	površina (ha)	delež (%)	površina (ha)	delež(%)
gozd	86.820	40,0	84.589	39,0
kmetijsko	110.310	50,8	117.516	54,1
pozidano	15.836	7,3	12.056	5,6
odprto	1267	0,6	251	0,1
voda	2734	1,3	2555	1,2
skupaj	216.967	100	216.967	100

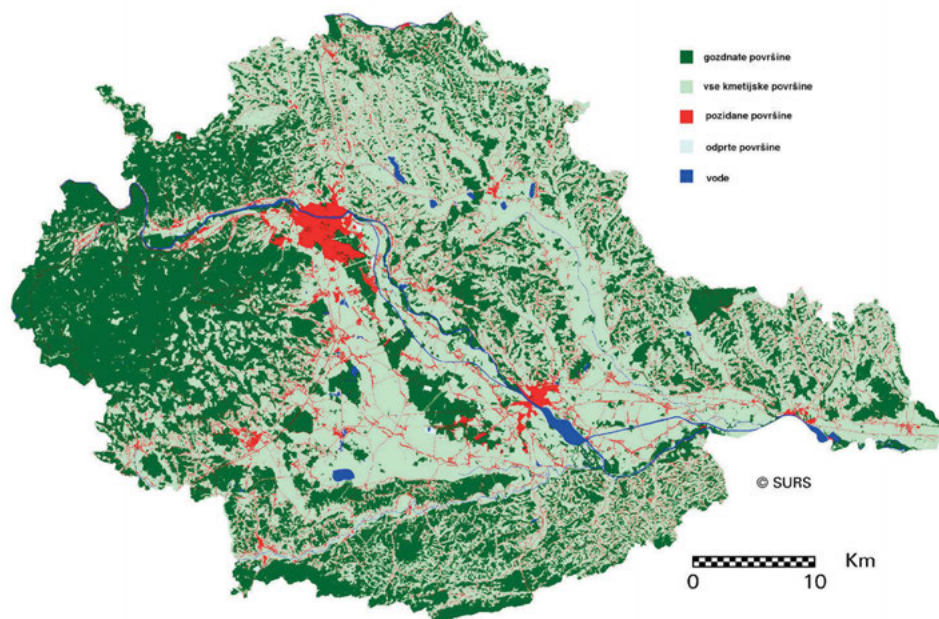
Preglednica 3: Primerjava pokrovnosti tal Podravske statistične regije, začasni podatki - stanje 2001 s stanjem 1997.

Stanje 2001 (začasni podatki)		
razred	površina (ha)	delež (%)
gozd	86.820	40,0
travnato	54.115	24,9
njive	30.274	13,9
trta	14.965	6,9
sadovnjaki	10.774	5,0
hmelj	182	0,1
pozidano	15.836	7,3
odprto	1267	0,6
voda	2734	1,3
skupaj	216.967	100

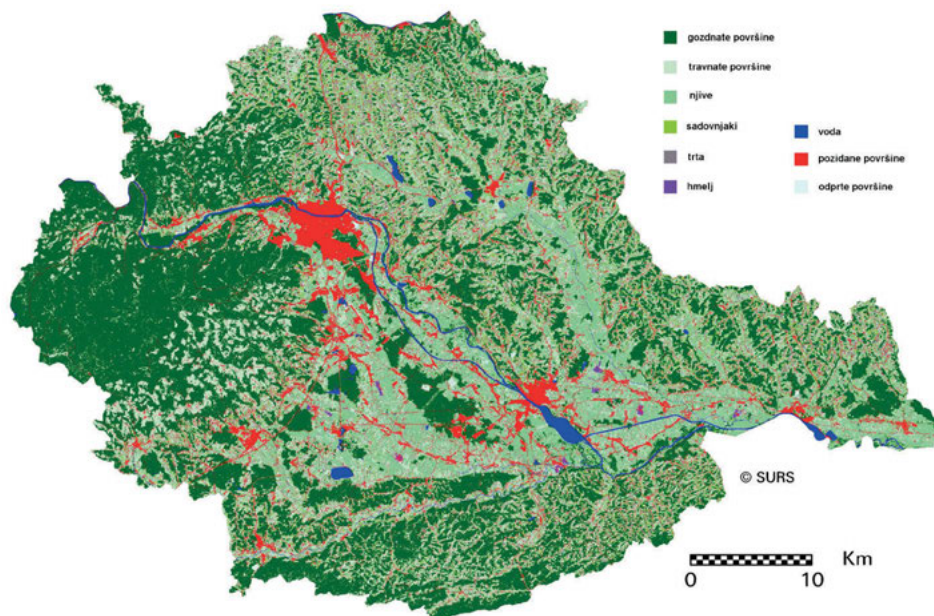
Preglednica 4: Pokrovnost tal Podravske statistične regije, začasni podatki - stanje 2001.

4 SPREMLJANJE POKROVNOSTI IN RABE TAL PO PROSTORSKI VZORČNI SHEMI –LUCAS

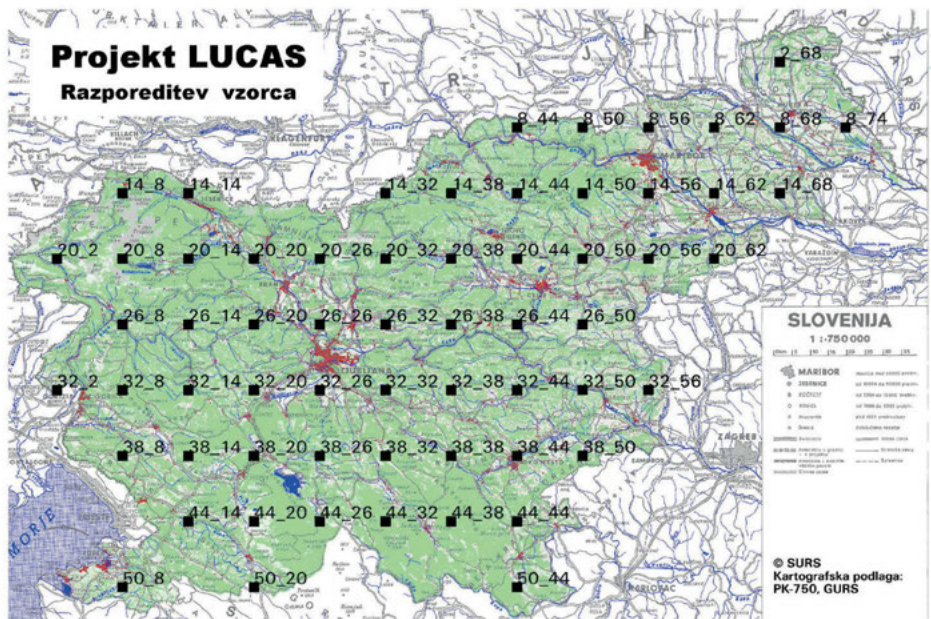
V letu 2002 je bila Slovenija vključena v Eurostatov pilotni projekt LUCAS (Land Cover/Land Use Area Frame Sampling Survey), za izvajalca pa je bil določen SURS. Eurostat s tem projektom uvaja poenotene statistike pokrovnosti in rabe tal na evropski ravni. Metoda je enotna glede vzorčne sheme, uporabljene nomenklature in metode pri-



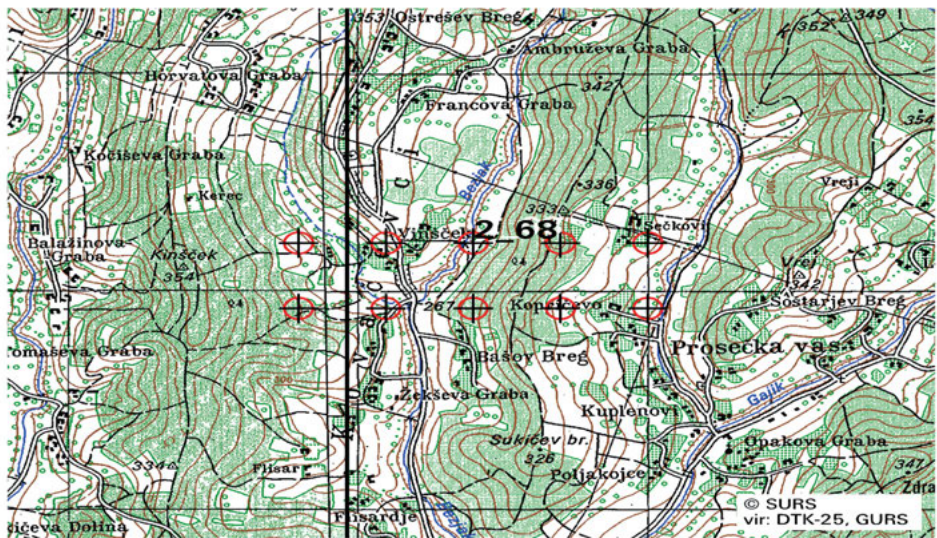
Slika 3: Karta pokrovnosti tal podravske statistične regije - stanje 1997, izvedena iz statističnega GIS-a pokrovnosti tal - stanje 1997.



Slika 4: Karta pokrovnosti tal podravske statistične regije - stanje 2001, začasna verzija.



Slika 5: Vzorčna shema LUCAS, 1.stopnja.



Slika 6: Vzorčna shema LUCAS, 2.stopnja.

dobivanja podatkov ter izračuna rezultatov. Na prvi stopnji so vzorčne enote razporejene po mreži na razdalji 18 km. Na drugi stopnji so vzorčne enote točke, ki ležijo na dveh vzporednih premicah, po 5 točk na oddaljenosti 300m. Vzorec lahko večamo z gostitvijo točk na 9 km, 6 km ali 3 km in tako pridobimo podatke tudi na nacionalni oz. regionalni ravni. Za klasificiranje pokrovnosti in rabe tal na točkah 2. stopnje vzorca se uporabljata za ta namen razviti nomenklaturi pokrovnosti in rabe tal po natančno določenih pravilih klasificiranja. Poleg tega se na podvzorcju točk iz prve vrstice kodira pojav erozije, naravnih nesreč, hrupa in posameznih dreves. Na celotni liniji, ki povezuje te točke, se kodira spreminjanje pokrovnosti tal in sekanje linijskih elementov. Vsi ti zbrani podatki omogočajo poleg statistik pokrovnosti in rabe tal še ocenjevanje dolžine linijskih elementov ter izračun različnih kazalnikov raznolikosti krajine in tako poleg potreb več oddelkov Eurostata zadovoljujejo tudi potrebe Evropske okoljske agencije. Z rednim izvajanjem projekta bo možno slediti spremembam in tako ovrednotiti učinke izvajanih kmetijskih politik ter jih pravočasno ustrezno spreminjati (Eurostat 2002). V tem projektu je tako končno definirana evropska nomenklatura pokrovnosti tal (Preglednica 5), kateri bomo še nadalje prilagajali naše baze. Podatki iz projekta LUCAS so tudi zbirka zelo kakovostnih terenskih podatkov, ki jo poleg digitalnih ortofoto posnetkov in ažurnih vektorskih podatkov drugih ustanov lahko uporabimo kot vadbene vzorce za klasifikacijo satelitskih podatkov ali pa za oceno zanesljivosti GIS-a pokrovnosti tal.

5 DOLOČEVANJE POSELITVENIH POVRŠIN

V letih 2000 in 2001 je večina evropskih držav izvedla popis prebivalstva. V Sloveniji je popis potekal v letu 2002. Eden osnovnih rezultatov iz popisa je tudi podatek o gostoti prebivalstva, preračunan za različne ravni teritorialnih enot; ta podatek se v nadaljevanju uporablja v različnih anketah. Podatek o nizki gostoti prebivalstva pa ne odraža vedno dejanskih možnosti dežele za nadaljnje poseljevanje in razvoj. Tako imajo npr. Nizozemska, Švedska in Finska velike površine pod jezeri, Švedska in Finska imata tudi veliko močvirij, Nemčija površine pokrite s prostranimi gozdovi (Schwartzwald). Zato se je pojavila potreba po drugače opredeljeni površini, ki bo osnova za izračunavanje gostote prebivalstva. Izraz poselitvene površine pomeni površine, na katerih je sploh možna naselitev. Priporočilo Evropske komisije vsebuje natančna merila, po katerih se določajo:

- celotna površina,
- površina kopnega,
- poselitvena površina.

Celotna površina pomeni površino kopnega skupaj s površino rek in vodnih teles ter površino morskih otokov.

Površina kopnega pomeni celotno površino, od katere odštejemo površine vodnih teles (jezer, zajezitev in ribnikov), ki presegajo površino 1 ha. Pri tem pri zajezitvah upoštevamo največjo možno površino. Prav tako odštejemo površino rek, ki so širše kot 20 m.

Poselitvena površina pomeni površino kopnega, od katere odštejemo še površine neprimerne za poselitev. Med take površine prištevamo ledenike, strma gorata območja, kjer ni več možna pridelava, določene površine gozda ipd.

A	UMETNE POVRŠINE	A1	POZIDANE POVRŠINE
		A2	UMETNE NEPOZIDANE POVRŠINE
B	KMETIJSKE POVRŠINE	B1	ŽITA
		B2	KORENOVKE
		B3	ENOLETNE INDUSTRIJSKE RASTLINE
		B4	STROČNICE, VRTNINE IN CVETJE
		B5	ZATRAVLJENE NJIVE
		B6	PRAHA
		B7	TRAJNI NASADI SADNEGA DREVJA
		B8	DRUGI TRAJNI NASADI
C	GOZDNATE POVRŠINE	C1	GOZD
		C2	DRUGE Z DREVJEM PORASLE POVRŠINE
D	GRMIČEVJE		
E	TRAJNI TRAVNIKI IN PAŠNIKI		
F	NEPORASLE POVRŠINE		
G	VODE IN MOČVIRJA		

Preglednica 5: Prvi in drugi nivo evropske nomenklature pokrovnosti tal.

Idealno bi bilo, če bi vse države lahko posredovale harmonizirane podatke za vse tri zgoraj definirane površine. Harmonizirana statistična definicija za površino pa je površina kopnega, torej brez jezer, rek in obalnega morja.

Za izračun površine kopnega smo pregledali podatkovne baze voda (rastrska in vektorska oblika), ki so na razpolago v Sloveniji (GURS, Hidrometeorološki zavod, Agencija Republike Slovenije za okolje). Ugotovili smo, da zaradi starosti, pomanjkljivosti oziroma napak v zajemu podatkov, predvsem pa zaradi zajema rek le s središčno osjo - torej brez bregov oz. brez površine (vektorska podatkovna baza GURS-a v merilu 1 : 25.000), nobena podatkovna baza v celoti ne ustreza zastavljeni nalogi. Zato smo se odločili, da bomo za osnovo vzeli vektorski sloj hidrografija iz digitalizirane kartografske baze DTK25 in upoštevali samo reke, oz. dele rek, ki so označeni z bregovi. To so reke, široke več kot 10 m. Taka odstopanja so po priporočilu možna, ko ni drugih možnosti in so posebej navedena v obvezni meta-bazi podatkov. Ista osnova je bila uporabljena tudi za izgradnjo statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije in prenovljena glede na satelitske podatke Landsat TM na stanje 1993, glede na satelitske podatke Spot Pan in Landsat TM na stanje 1997 in nazadnje glede na satelitske podatke Landsat ETM na stanje 2001. Tako bomo za končni izračun površine kopnega uporabili podatke o vodah iz Statističnega GIS-a pokrovnosti tal Slovenije - stanje 2001.

Za oceno sprememb v gostoti prebivalstva na ravni občine (NUTS5) in statistične regije (NUTS3) smo izbrali občine Bled, Cerknica in Ptuj ter statistične regije, katerim te občine pripadajo.

Teritorialna enota	Gostota prebivalstva ¹⁾ celotno površino	glede na površino kopnega
občina Bled	58,5	59,4
gorenjska regija	92,1	92,6
občina Cerknica	42,9	46,8
notranjsko-kraška regija	34,7	35,2
občina Ptuj	361,8	377,1
podravska regija	147,4	149,2

1) Podatki o številu prebivalstva na dan 30. junij 2000 povzeti po Statističnem letopisu RS 2001

Preglednica 6: Gostota prebivalstva glede na celotno površino in glede na površino kopnega po definiciji iz priporočila Evropske komisije DG34/E-4/004137 (1999) za občine Bled, Cerknica ter Ptuj in za statistične regije, katerim te občine pripadajo.

Iz preglednice 6 je razvidno, da z upoštevanjem samo površine kopnega pride do razlik v gostoti prebivalstva na ravni občine in posledično tudi na ravni statistične regije.

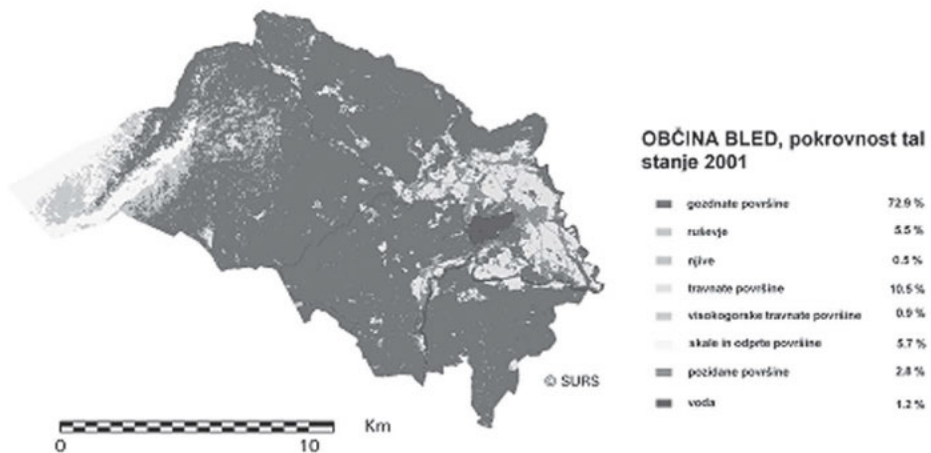
Preučili smo tudi možnost, da bi določili poselitveno površino. V Sloveniji pridejo v poštev kot površine, neprimerne za poselitev, skalnata območja Alp. S primerjavo tabelarnih podatkov iz GIS-a smo ugotovili, da razred »vode« zavzema 0,7 % površine celotne države, podrazred »skale« razreda »odprte površine« pa 1,3 % celotne površine države. Po regijah

se ti podatki gibljejo od 0,3 % do 1,6 % za razred »vode« in 0 % do 5,9 % za podrazred »skale«. Zato smo se odločili, da bomo izračunali tudi poselitvene površine tako, da bomo kot neprimerne izločali razred »skale«. V GIS-u so skale določene z interpretacijo satelitskih posnetkov, kjer je to možno in z algoritmom, ki upošteva kombinacijo nadmorske višine, osončenosti in naklona drugod. Za občino Bled in Gorenjsko regijo, kjer podrazred »skale« obsega 6,5 %, oz. 5,9 % vse površine, smo primerjali podatke obeh virov še za poselitveno površino.

Teritorialna enota	Gostota prebivalstva ¹⁾ celotno površino	glede na površino kopnega	poselitveno površino
občina Bled	58,5	59,4	63,6
gorenjska regija	92,1	92,6	98,5

1) Podatki o številu prebivalstva na dan 30.junij 2000 povzeti po Statističnem letopisu RS2001

Preglednica 7: Gostota prebivalstva glede na celotno površino, glede na površino kopnega ter glede na poselitveno površino po definiciji iz priporočila Evropske komisije DG34/E-4/004137 (1999) za občino Bled in gorenjsko regijo.



Slika 7: Občina Bled - izsek iz karte pokrovnosti tal Slovenije, stanje 2001, delovna verzija.

Iz zgornje tabele je razvidno, da je za Slovenijo, vsaj za zahodni alpski svet, pomemben tudi delež površin, neprimernih za poselitev. Zato smo se odločili, da bomo za prikazovanje podatkov iz Popisa prebivalstva 2002 poleg celotne površine uporabili tudi površino kopnega in poselitveno površino.

6 SKLEP

Statistični urad RS spremlja z vzdrževanim statističnim GIS-om pokrovnosti tal Slovenije pokrovnost tal na regionalni ravni. Te podatke uporablja za izdelavo statističnih analiz in raznih kartografskih prikazov, posreduje pa jih tudi zunanjim uporabnikom. Iz teh podatkov na primer lahko izračunamo gostoto prebivalcev po različnih merilih; to je zelo enostaven, vendar zelo nazoren primer uporabe podatkov o pokrovnosti tal. Dosedanje delo pri projektu posodobitve statističnega GIS-a pokrovnosti tal kaže, da je podatke na regionalni ravni (merilo karte na papirju 1 : 100.000 in manj) mogoče pridobiti hitro in kakovostno iz satelitskih posnetkov Landsat ETM z uporabo nadzorovane multispektralne klasifikacije. Pomembno vlogo pri izvedbi imajo zbiranje vadbenih vzorcev, natančna definicija postopka in uporaba standardne nomenklature.

VIRI IN LITERATURA

- Eurostat (1999): Recommendations for a harmonised definition of calculation of Surface Area of Territorial Units, 1-General Statistics, Methods and nomenclatures, Luxembourg, p 23.
- Eurostat (2002): Statistics in focus, Agriculture and Fisheries, Theme 5 -4/2002.
- SURS (2001): Statistični letopis 2001, Poglavje 1 Ozemlje in podnebje.
- Šabič, D., Skumavec, D. 2001: GIS pokrovnosti tal. CORINE 2000, mednarodna delavnica, Gozd Martuljek, 25.10.2001.
- 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.

ARCTRANPLAN – RAZŠIRITEV ARCGIS ZA NAPOVEDOVANJE PROMETA

Marijan Žura*

UDK 91:659.2:004:656.1

Izyleček

ArcTranplan – Razširitev ARCGIS za napovedovanje prometa

V prispevku predstavljam prototip razširitve programa ArcGIS, ki klasičnemu GIS orodju dodaja funkcionalnost modeliranja prometne ponudbe in povpraševanja. Za napoved prometa uporablja klasični štirifazni model. V fazi generacije potovanj model napove število produkcij in atrakcij po conah za različne namene potovanj. Napoved temelji na podatkih o izrabi površin. Drugo fazo, ki se imenuje distribucija potovanj izračuna na osnovi gravitacijskega modela, poleg tega pa lahko v model vključimo tudi izvorno-ciljne matrike, ki jih dobimo iz drugih virov. Tretja faza, izbira prometnega sredstva, v tej verziji še ni implementirana. V zadnji fazi lahko za razporejanje potovanj po mreži uporabimo metode vse ali nič ter inkrementalno metodo.

Ključne besede

napoved prometa, modeliranje prometa, geografski informacijski sistem

Abstract

ArcTranplan – ARCGIS Transportation planning extension

In my paper I present prototype version of ArcGIS extension which provides transportation modelling capabilities to GIS users. Classical four phase aggregate model for traffic forecasting is used. In trip generation phase model predicts productions and attractions of zones by different trip purposes. Predictions are based on land use data and parameters calculated externally. In second phase, trip distribution can be calculated using classical gravity model. Origin-destination matrices from other sources can be also included in the model. In this version mode split is not implemented yet. Last phase is traffic assignment. User can choose between "all or nothing" and incremental assignment types.

Keywords

traffic forecasting, transport modelling, geographic information systems

1 UVOD

Pod imenom prometno planiranje razumemo niz dejavnosti, katerih cilj je optimalen plan izgradnje infrastrukture, ki bo zadovoljevala bodoče prometne potrebe. Prometno planiranje obsega naslednje faze:

- določevanje ciljev prometnega plana,
- analiza obstoječega stanja,

* dr., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut, Jamova cesta 2, Ljubljana, mzura@fgg.uni-lj.si

- izdelava in kalibracija modela obstoječega prometnega sistema,
- napoved bodoče izrabe površin,
- izdelava modelov variant bodoče prometne mreže,
- napoved bodočih prometnih obremenitev,
- vrednotenje variant bodoče prometne mreže,
- izdelava plana izgradnje.

Za izvedbo posameznih faz prometnega planiranja že obstajajo matematični modeli oz. na osnovi teh modelov izdelani računalniški programi. Vnos podatkov, ki jih ti programi potrebujejo, predstavlja zamudno in dolgočasno opravilo. To delo je pogosto tudi nepotrebno, kajti upoštevati moramo, da je veliko potrebnih podatkov že shranjenih v digitalni obliki na računalniških medijih. To so predvsem lokacijski in tematski podatki o cestni mreži, mreži javnega prometa in izrabi površin. Ti podatki so sicer zbrani za druge potrebe (npr. za vzdrževanje cest, prostorsko planiranje itd), a so z določenimi predelavami primerni tudi za uporabo v procesu prometnega planiranja. V primeru, da shranimo te podatke v GIS, omogočimo njihovo uporabo v različne namene. GIS torej uporabljamo za shranjevanje in distribucijo podatkov med različnimi področji uporabe, med katerimi je tudi prometno planiranje. Po drugi strani pa omogoča tudi posredovanje rezultatov planiranja ostalim uporabnikom in nenazadnje tudi njihovo kvalitetno grafično prikazovanje.

GIS lahko uporabljamo v vseh fazah prometnega planiranja, v tem delu pa se bom omejil zgolj na fazo napovedovanja prometnih obremenitev.

V svetu obstaja več računalniških programov za napovedovanje prometnih obremenitev, npr. EMME2, VISUM/VISEM, QUESTOR, QRS II itd. Ti programi so bili razviti posebej za potrebe prometnih planerjev. Omogočajo uporabo različnih kompleksnih modelov napovedovanja prometa, po drugi strani pa sta vnos podatkov in prikaz rezultatov običajno na nižjem nivoju, kot ju lahko ponudi neko kvalitetno GIS orodje. Predvsem na nivoju strateškega planiranja se pogosto uporabniki zadovoljijo s poenostavljenimi modeli napovedovanja prometa (tako imenovanimi scetch planning models ali quick response techniques), pogrešajo pa enostavnejši vnos podatkov iz že obstoječih baz prostorskih podatkov ter kvaliteten prikaz rezultatov. Cilj razširitve ArcTranplan je zadostiti tem potrebam. Glavni vzrok, ki me je vzpodbudil k razvoju te razširitve, pa so vedno pogostejše potrebe po dostopnosti nekega odprtega modela, ki bi mi omogočal testiranje novih modelov, ki jih razvijam v okviru svojega raziskovalnega dela. Poleg tega pa bodo razširitev lahko uporabljali študentje pri izdelavi vaj.

2 METODE

2.1 Podatkovni model

Za izvedbo simulacije moramo izdelati računalniški model prometnega sistema. Model je predstavljen v obliki mreže, ki je sestavljena iz raznovrstnih vozlišč in vezi.

2.1.1 Vozlišča

Vozlišča v osnovi služijo povezovanju dveh ali več vezi. Uporabljamo jih pa tudi za opisovanje lastnosti posameznih con. Trenutna verzija programa omogoča uporabo dveh

vrst vozlišč:

Križišče (brez zamud)

Te vrste vozlišč uporabljamo za povezovanje poljubnega števila vezi. Prometni tok poteka skozi take vrste vozlišč neovirano. Uporabljamo jih za predstavljanje krivin, ne-signaliziranih in manj obremenjenih križišč, ter sestavljanje kompleksnih križišč. Nimajo numeričnih atributov.

Centroid

Te vrste vozlišč predstavljajo cone (večja območja) znotraj študijskega območja. Centroid je izvor in cilj vseh potovanj v cono ali iz nje. Postavljen naj bo v središče cone, ki jo predstavlja. Na mrežo je priključen s konektorji. Centroidi imajo šest atributov:

- povprečni dohodek gospodinjstva v coni,
- povprečno število avtomobilov na gospodinjstvo,
- število zaposlenih v industriji,
- število zaposlenih v storitvenih dejavnostih,
- število stanovanj v coni,
- povprečni potovalni čas vseh potovanj, ki potekajo samo znotraj te cone.

Vrednosti atributov vnašamo v okno, ki je prikazano na spodnji sliki:

Attribute	Value
Node	
NodeName	130
NodeType	6
Income	0
AutosHH	0
Retail	0
NonRetail	0
Dwellings	0
IntraTT	0
Demographic4	0
Demographic5	0
IntraTrips	0

Record: 1 of 62

Slika 1: Okno za vnos podatkov o centroidih.

2.1.2 Vezi

Vezi povezuje dve vozlišči. Vezi največkrat predstavljajo cestne odseke v študijskem območju. Uporabljamo jih tudi za priključitev centroidov na mrežo. Program trenutno omogoča uporabo treh vrst vezi:

Dvosmerna cesta

Cestna mreža je sestavljena v glavnem iz dvosmernih vezi, ki dovoljujejo promet v obeh smereh. Vsaka smer (A proti B in obratno B proti A) ima svoj potovalni čas in izračunano prepustnost, zato je pomembno, kako je bila vez narisana.

Za dvosmerno cesto lahko podamo naslednje podatke:

- potovalni čas v posamezni smeri,
- hitrost,

- kapaciteta,
- osnovna prometna obremenitev v posamezni smeri,
- hitrost neoviranega toka.

Zadnja dva atributa (VOLUME A TO B ali VOLUME B TO A) vsebujeta izračunane prometne obremenitve.

Vrednosti atributov vnašamo v okno, ki je prikazano na spodnji sliki:

Attribute	Value
LinkName	
LinkType	8
FromNode	2
ToNode	1
ApproachCodes	
Speed	
TravelTimeAB	
TravelTimeBA	
BaseVolumeAB	
BaseVolumeBA	
Capacity	
FreeTravelTime	
Length	28.1602556806574
VolumeAB	0
VolumeBA	0

Record: 1 of 73

Slika 2: Okno za vnos podatkov o vezeh.

Enosmerna cesta

To vrsto vezi uporabljamo za predstavitev enosmernih cest. Smer vožnje je vedno A proti B. Uporabljamo jih lahko tudi za gradnjo kompleksnih križišč. Imajo enake attribute kot dvosmerna cesta.

Konektor

Povezuje centroide, posebne generatorje in zunanje cone s cestno mrežo. Omogočajo nam tudi podajanje časa, ki smo ga porabili pri potovanju v središče cone. Dodatne stroške (parkirnine, cestnine) pretvorimo v časovni ekvivalent in jih prištejemo k potovalnemu času po konektorju.

Lahko narišemo tudi mrežo, ki je sestavljena samo iz centroidov in konektorjev. V taki mreži je vsak par centroidov povezan s posebnim, svojim konektorjem.

Edina pomembna atributa konektorjev sta potovalna časa v obeh smereh.

Podatki so shranjeni v MS Access bazi v tabelah NODES, LINKS in CENTROIDS. Tabeli NODES in LINKS lahko napolnimo z uvozom podatkov iz ArcInfo coverja z arc-node topologijo ali pa z uvozom podatkov iz geometrijskih mrež shranjenih v geodatabase formatu.

2.2 Simulacijski model

V postopku napovedovanja prometnih obremenitev se uporablja več tehnik, med njimi pa je najbolj razširjena klasična štirifazna agregatna metodologija, ki je uporabljena tudi v obravnavanem primeru. Osnovna metodologija paketa je bila prvič predstavljena leta 1978 kot niz ročnih tehnik. Originalna metodologija Quick Response System, ki je bila kasneje vgrajena v program QRS (Horowitz 1999), opisuje več medsebojno povezanih analitičnih postopkov: generacija in distribucija potovanj, izbira prometnega sredstva in porazdelitev potovanj po mreži.

2.2.1 Generacija potovanj

Napoved začnemo z določanjem števila potovanj ljudi, ki se začnejo in končajo v vsaki coni. Število potovanj, ki se začnejo v neki coni, imenujemo produkcija te cone, tista, ki pa se končajo v neki coni, imenujemo atrakcija te cone. Program lahko ločeno izračuna produkcije in atrakcije potovanj za do deset različnih vrst potovanj (glede namen, vrsto uporabnikov, ...). Običajno ločimo vsaj med naslednjimi tremi nameni potovanj:

- potovanja od doma na delovno mesto,
- potovanja od doma, katerih cilj ni delovno mesto,
- potovanja, ki se ne začinjajo doma.

Pri izračunu lahko zahtevamo, da so produkcije in atrakcije uravnotežene tako, da sta vsoti produkcij in atrakcij za vse cone preko dneva enaki.

a) Atrakcija potovanj

Atrakcije potovanj izračunamo iz naslednje enačbe:

$$A_{ik} = b_k E_{ri} + c_k E_{ni} + d_k H_i$$

kjer so:

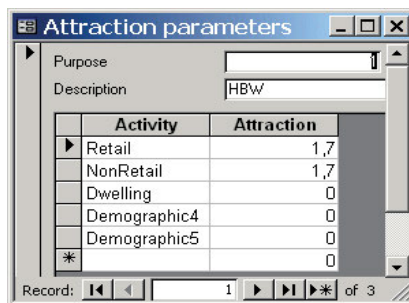
b_k, c_k, d_k parametri atrakcije za namen k

E_{ri} zaposleni v storitvenih dejavnostih v coni i

E_{ni} zaposleni v industriji v coni i

H_i število stanovanj v coni i

Parametre lahko dobimo na podlagi regresijske analize sedanjih potovanj in jih lahko vnesemo kot vhodni podatek programa preko naslednjega okna:



Slika 3: Okno za vnos parametrov za izračun atrakcij.

b) Produkcija potovanj

Najprej izračunamo skupno število izvedenih potovanj v coni i za vse namene skupaj, nato pa jih razdelimo po posameznih namenih po naslednji enačbi:

$$P_{ik} = P_{it} w_{ik}$$

kjer so:

P_{it} skupno število izvedenih potovanj v coni i

P_{ik} produkcija cone i za namen k

w_{ik} faktor produkcije cone i za namen k

Skupno število potovanj lahko dobimo na podlagi regresijske analize sedanjih potovanj in jih lahko vnesemo kot vhodni podatek programa preko naslednjega okna:

	Size	Income	AutosHH	Productions
▶	0	0	0	22
*	0	0	0	0

Record: 1 of 1

Slika 4: Okno za vnos parametrov za izračun produkcij.

2.2.2 Distribucija potovanj

Naslednja faza je ugotavljanje števila potovanj med vsakim parom con za vsak namen posebej. Pri izračunu distribucije potovanj program uporablja gravitacijski model, ki spada med sintetične metode izračuna distribucije potovanj.

V fazi distribucije izračunamo število osebnih potovanj, ki potekajo med vsakim parom con v času 24 ur.

Število potovanj med dvema conama izračunamo po naslednji formuli:

$$T_{ijk} = P_{ik} A_{jk} f_k(t_{ij}) / \sum_{j=1}^z A_{jk} f_k(t_{ij})$$

kjer je:

P_{aik} produkcija cone i za namen k

A_{jk} atrakcija cone j za namen k

$f_k(t_{ij})$ faktor upora odvisen od potovalnega časa med conama i in j.

Faktorji upora

Faktor upora je funkcija potovalnega časa med paroma con. Izračunamo jih lahko iz ene od naslednjih enačb:

- eksponentni faktorji upora:

$$f_k(t_{ij}) = \exp(-a_k t_{ij})$$

- potenčni faktorji upora:

$$f_k(t_{ij}) = 1/(t_{ij})^{a_k}$$

kjer je a_k parameter distribucije potovanj za namen k , ki ga lahko vnesemo v naslednjem oknu:

Slika 5: Okno za vnos parametrov za izračun distribucije potovanj.

Purpose	DoDistribution	ExpCoef	PowCoef	FrictionFactor	Iterations
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,005	2	1	3
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0,005	2	1	3
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0,005	2	1	3
*	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0

2.2.3 Izbira prometnega sredstva

Kadar potrebujemo napoved potovanj z javnim prometom, program naredi tretjo fazo, imenovano »izbira prometnega sredstva« (Mode Split). V tej fazi program razdeli potovanja med posameznimi pari con na javni promet in osebna vozila. V trenutni verziji ta faza še ni implementirana.

2.2.4 Razporejanje potovanj po mreži

V četrti fazi program pretvori potovanja ljudi in jih porazdeli po predhodno poiskanih najkrajših poteh med posameznimi conami. To fazo imenujemo »porazdelitev potovanj po cestni mreži« (Traffic Assignment).

Program najprej poišče najkrajšo (najhitrejšo) pot med vsakim parom centroidov. Najkrajšo pot med vsemi conami (centroidi, posebni generatorji in zunanji conami) poiščemo z Dijkstrinim algoritmom. Potem, ko smo poiskali najkrajšo pot med vsakim parom con, je enostavno določiti porazdelitev potovanj po posameznih cestnih odsekih.

Pri tem v trenutni verziji lahko uporabljamo naslednja načina porazdeljevanja potovanj po mreži:

a) metoda vse ali nič

Pri tej metodi predpostavljamo, da bodo vsa potovanja med posameznima paroma con potekala po tisti poti med tema dvema conama, ki ima najmanjši upor. Upor lahko merimo v dolžini, potovalnem času ali kot kombinacijo več faktorjev.

Prednost te metode je, da je enostavna za razumevanje in uporabo, slabosti pa sta, da ne upošteva podaljšanja potovalnega časa zaradi povečanja prometnih obremenitev in da v primeru več približno enakovrednih poti, potovanj ne bo porazdelila enakomerno

b) naraščajoče porazdeljevanje (incremental assignment)

Slabosti metode vse ali nič poskuša odpraviti inkrementalna metoda. Pri tej metodi najprej poiščemo najkrajše poti med posameznimi pari con in jih obremenimo z delom potovanj (npr. 10%). Zaradi prometnih obremenitev se potovalni časi na cestnih odsekih

podaljšajo. Nove potovalne čase izračunamo iz naslednje formule

$$T = T_0 \left(1 + a \left(\frac{q}{c \cdot q_{\max}} \right)^b \right)$$

kjer so

T nov potovalni čas

T_0 potovalni čas neoviranega prometnega toka

a, b, c parametri, ki jih določi uporabnik

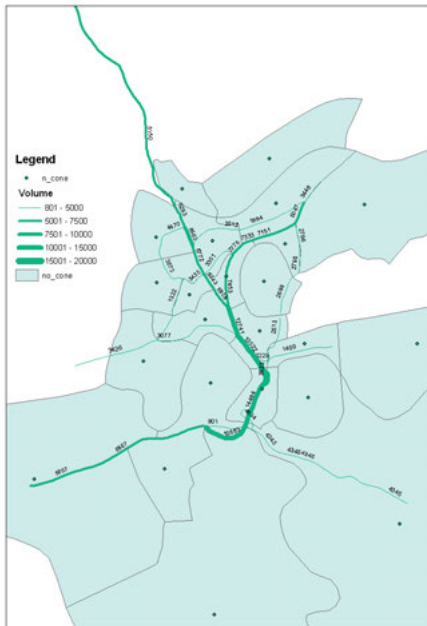
q_{\max} kapaciteta odseka

Z uporabo tako izračunanih časov v naslednji iteraciji poiščemo nove najkrajše poti med conami in jih obremenimo z naslednjimi 10% potovanj.

Postopek ponavljamo toliko časa, dokler ne razporedimo vseh potovanj.

Prednost te metode je, da upošteva podaljšanje potovalnega časa zaradi zgostitve prometa ter da približno simulira naraščanje prometa v urnih konicah.

2.3 Prikaz rezultatov



Glavni rezultati simulacije so prometne obremenitve po posameznih odsekih. Prometne obremenitve se izračunajo za vsak namen (vrsto) potovanj posebej in skupno za vse namene potovanj. Izpišemo jih lahko v obliki tabel ali pa jih kvalitetno grafično prikazemo.

Poleg teh rezultatov pa lahko izpišemo še produkcije in atrakcije po conah ter izvorno-ciljne matrike. Primer izrisa prometnih obremenitev je prikazan na naslednji sliki:

Slika 6: Primer izrisa rezultatov simulacije.

3 REZULTATI

Ustreznost modela sem preizkusil na testnem primeru mesta Črnomelj, za katerega sem imel na voljo rezultate simulacij s programom QRS II (AJH Associates, USA). Primerjava simuliranih prometnih obremenitev sicer pokaže manjše razlike med modeloma, zlasti pri obremenjevanju mreže. Razlike so posledica poenostavljenega modeliranja mreže (QRS II omogoča tudi izračun zamud zavijalcev v križiščih) vendar menim, da so rezultati za nivo strateškega načrtovanja sprejemljivi.

4 DISKUSIJA

V prispevku predstavljam prototip razširitve programa ArcGIS, ki klasičnemu GIS orodju dodaja funkcionalnost modeliranja prometne ponudbe in povpraševanja. Za napoved prometa uporablja klasični štirifazni model. Trenutna verzija (prvi prototip) je glede na pakete, ki so na trgu, precej omejena, tako glede funkcionalnosti kot glede prijaznosti uporabniškega vmesnika. Predvsem ne omogoča modeliranja izbire prometnega sredstva. Moj namen ni konkurirati komercialnim produktom, ampak kot rečeno razviti program do te mere, da mi bo omogočal preizkus rezultatov raziskav ter študentom omogočil spoznavanje metod in modelov, ki se uporabljajo pri prometnem planiranju. Upam, da mi bodo obveznosti dovoljevale, ali pa še boljše, od mene zahtevale nadgrajevanje produkta zlasti v smeri modeliranja izbire poti in metod kalibracije modela.

VIRI IN LITERATURA

- Horowitz, A. 1996: Quick response system II for Windows, Reference manual, Center for Urban Transportation Studies University of Wisconsin—Milwaukee, AJH Associates, Milwaukee, Wisconsin.
- ESRI 2001: ArcGIS Digital Books.
- Ortuzar, J., Willumsen, L. 1999: Modelling Transport, John Wiley and Sons.

RAZŠIRJENOST HRUPA V LJUBLJANI

Dejan Cigale* in Barbara Lampič**

UDK 628.517(497.4 Ljubljana)

Izvleček

Razširjenost hrupa v Ljubljani

Hrup je nezaželen, moteč zvok, katerega doje-manje je subjektivno, zato ga ne moremo meriti. Merimo lahko le raven zvoka. Ker se hrup v Ljubljani vse pogosteje pojavlja kot dejavnik slabše kakovosti bivanja, so se pokazale potrebe po analizi virov hrupa kot tudi njegove prostorske razširjenosti. V raziskavi o hrupu v Ljubljani smo ugotavljali dejansko obremenjenost okolja s hrupom in odzivnost prebivalstva nanj, s pomočjo na novo vzpostavljenih in že obstoječih baz prostorskih podatkov pa ugotavljali njegovo razširjenost ter izločili tista območja, ki z vidika hrupne obremenjenosti izraziteje izstopajo. Uporaba GIS-ov pri predstavitvi prostorske razporeditve tako specifičnega pojava, kot je hrup, se je pokazala za smiselno, za boljše rezultate pa bi potrebovali podatke, ki za Ljubljano v tem trenutku niso na voljo.

Ključne besede

hrup, Ljubljana, meritve hrupa, odzivnost prebivalstva na hrup, prostorska razporeditev hrupa

Abstract

Diffusion of noise in Ljubljana

Noise is unwanted, disturbing sound. Its experience is influenced by subjective factors, so it cannot be measured. Only sound level can be measured. Noise in Ljubljana is becoming more and more frequently a factor of worsened quality of living. Because of that it is necessary to analyse noise sources and their spatial distribution. In the research on noise in Ljubljana we tried to find out the level of noise pollution of the environment and the response of the population to it. With the help of newly established and already existing databases we tried to find out its diffusion and define the areas, where noise pollution is especially important. It was found that the use of GIS in presentation of spatial distribution of noise is meaningful, but for better results data would be needed, which at the moment for Ljubljana don't exist.

Keywords

noise, Ljubljana, noise measurements, response of population to noise, spatial distribution of noise

1 UVOD

Hrup postaja vedno pomembnejši dejavnik onesnaževanja okolja in s tem tudi pomemben dejavnik kakovosti bivanja, vendar je v nasprotju z drugimi vrstami onesnaženja mikrokolijsko zelo spremenljiv.

Predvsem v urbanem okolju se pojavljajo vse večji problemi, povezani s hrupom, ter s tem potrebe po ustrezni sanaciji tovrstnih obremenitev. Z raziskavo Regionalizacija

* mag., Inštitut za geografijo, Trg francoske revolucije 7, 1000 Ljubljana, dejan.cigale@uni-lj.si

** Inštitut za geografijo, Trg francoske revolucije 7, 1000 Ljubljana, barbara.lampic@uni-lj.si

Ljubljane z vidika hrupne obremenjenosti (Špes et al. 2002) smo želeli dobiti predstavo o prostorski razporeditvi najbolj hrupnih območij in odzivnosti prebivalstva Ljubljane na hrup.

Posebnost hrupa kot nezaželenega pojava v okolju je njegova hitra spremenljivost v času in prostoru, zato je regionalizacija Ljubljane z vidika hrupne obremenjenosti skoraj nemogoča. S pomočjo različnih prostorsko definiranih podatkov pa je mogoče podati oceno razširjenosti oziroma razporeditve pojava, manj pa dejanske vrednosti.

Osnovno analizo hrupa smo opravili s pomočjo podatkov o dejanskih izmerjenih vrednostih hrupa (imisije hrupa na 112 lokacijah) ter na podlagi rezultatov anket o odzivnosti prebivalstva (1253 anket) na hrup. Oba prostorska sloja podatkov kažeta na eni strani na dejansko raven zvoka v okolju (vezano na izbrano lokacijo) ter stopnjo motnje pri posameznem anketirancu na določeni lokaciji. Pomemben sloj podatkov je tudi prostorska razporeditev virov hrupa. Žal smo lahko uporabili le podatek o prometnih obremenitvah, podatkov o točkovnih virih pa ni bilo na voljo.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kolikšen problem je za Ljubljano hrup ter kako je ta problem prostorsko prisoten oziroma razporejen. Pri tem smo si med drugim zastavili naslednje podrobnejše cilje:

- s pomočjo obstoječih in dodatnih meritev hrupa ugotoviti dejansko obremenjenost okolja v mestu s hrupom ter hrupne obremenitve tudi kartografsko ponazoriti;
- analizirati in interpretirati vzroke za večjo hrupnost na s hrupom bolj obremenjenih območjih;
- z anketo ugotoviti odzivnost ljudi na določeno raven hrupa ter rezultate prikazati v prostoru;
- izločiti območja, ki z vidika hrupne obremenjenosti izraziteje izstopajo.

V okviru raziskave smo za dosego navedenih ciljev uporabili predvsem naslednje podatke:

- rezultate meritev (osnova so bili rezultati meritev iz leta 2001, kot pomoč pa smo ponekod uporabili tudi rezultate starejših meritev iz leta 1995 in 1996, a le tam, kjer ni bilo mogoče pričakovati večjih sprememb hrupa),
- rezultati anketiranja prebivalstva Ljubljane iz leta 2001,
- podatki o obsegu prometa (kot najpomembnejšega vira hrupa) na območju mesta Ljubljana (Prometna analiza cestnega omrežja Ljubljane 1999; Direkcija RS za ceste; Mestna občina Ljubljana),
- v pomoč so nam bili tudi posamezni podatki o točkovnih virih hrupa (o njihovi prisotnosti in razporeditvi), ki pa niso bili dovolj sistematični.

Vzporedno z izvajanjem meritev in anketiranjem smo na terenu vse lokacije vnašali na karte 1 : 25.000. Lokacije smo naknadno digitalizirali, vsakemu merilnemu mestu oziroma naslovu anketiranca (točkovni podatek) pa smo pripisali svojo identifikacijsko številko skupaj s pripadajočimi podatki, ki so zbrani v relacijski bazi. Tudi podatke o prometu smo po posameznih cestnih odsekih oblikovali v enotno podatkovno bazo. Podatki so obdelani z računalniškim programom MapInfo, s katerim so predstavljeni tudi rezultati obdelav in analiz.



Slika 1: Temeljni podatkovni sloji za ugotavljanje prostorske razširjenosti hrupa v Ljubljani so rezultati meritev, anketni odgovori in podatki o obsegu cestnega prometa (oziroma o poteku vseh prometnic).

2 MERITVE HRUPA

Imisije hrupa so izrazito odvisne od mikrolokacije. Hrup se močno spreminja z oddaljenostjo od vira (na primer ceste), pomembna pa je tudi morebitna prisotnost fizičnih pregrad med virom (na primer stavb) in mestom opazovanja, hkrati pa so pomembna tudi časovna nihanja. Različne *meritve hrupa* v Ljubljani (leta 1995, 1996 in 2001) in odzivnost prebivalstva nanj kažejo na vlogo hrupa v bivalnem okolju in njegove okoljske razsežnosti.

Vse meritve so bile opravljene na prostem. Hrup ob prometnicah je bil merjen 3 metre od roba cestišča, ostale meritve pa so bile opravljene v značilnih okoljih v primerni oddaljenosti od fasad (3 metre), kjer je bilo to seveda mogoče. Merjenje hrupa je potekalo v delovnih dnevih tedna.

Analiza stanja izmerjenega hrupa na 112 lokacijah v Ljubljani temelji na približno 400 kratkotrajnih meritvah. Končni rezultati so v prostoru interpretirani tudi s pomočjo rezultatov starejših meritev iz leta 1995 (Špes et al. 1997) in leta 1996 (Volovšek 1996).

Na posamezni lokaciji so se izvajale meritve v 10-minutnih intervalih ob štirih značilnih delih dneva. Tak način merjenja je primeren predvsem zaradi velike krajevne in časovne spremenljivosti hrupa. Dodatno so bile enkratne meritve opravljene še na 17 lokacijah ob različno prometnih cestah.

Pri izboru lokacij nas je vodila želja po enakomernem pokritju območja Ljubljane z merilnimi mesti. Enakomerno so bila razporejena predvsem po vseh poseljenih predelih mesta, kjer smo vzporedno z anketo ugotavljali tudi odzivnost prebivalstva na hrup. Želeli smo namreč preučiti skladnost med rezultati meritev in odzivnostjo prebivalcev (oziroma imeti dva vira informacij za dopolnitev drug drugega), ki živijo v bližini izbranih merilnih mest, ter s pomočjo obeh informacij izločiti s hrupom bolj obremenjena območja.

Na vsaki lokaciji so bile izmerjene ekvivalentne (L_{eq}), minimalne (L_{min}) in maksimalne (L_{max}) ravni hrupa. Iz štirih kratkotrajnih meritev, ki so bile opravljene na istem mestu, so bile izračunane ekvivalentne srednje ravni, za katere se je predpostavljalo, da lahko predstavljajo dnevno ekvivalentno raven, ki je izračunana za čas od 6. do 22. ure.

Do zgotovitve lokacij z najvišjimi izmerjenimi vrednostmi zvoka (nad 65 dB(A)) prihaja v središču mesta ter vzdolž najbolj prometnih cest, kjer je hrup praviloma še večji kot v samem središču. Glavni vir hrupa je promet na pomembnejših mestnih vpadnicah, pa tudi na prometnejših mestnih cestah.

Najbolj ugodne ravni zvoka so bile izmerjene na obrobem delu mesta, čistih stanovanjskih območjih ter v novejših urbanistično načrtovanih blokovskih naseljih, ki niso v neposredni bližini prometnih cest.

3 ANKETIRANJE PREBIVALCEV LJUBLJANE O HRUPU

V kolikšni meri so določeni zvoki resnično moteči za ljudi, smo zaradi subjektivnega dojetanja hrupa ugotavljali s pomočjo ankete. V podrobnem nas je zanimalo predvsem naslednje:

- Ali je hrup za prebivalce Ljubljane upoštevanja vreden problem?
- Katere vrste hrupa so moteče in kdaj?
- Ali je hrup problem tudi na delovnem mestu?
- Kateri dejavniki vplivajo na dojetanje hrupa?

Pri oblikovanju ustreznega vzorca anketiranih oseb smo se odločili za tako imenovan kvotni vzorec, saj smo želeli z ne preveč obširnim vzorčenjem dobiti razmeroma zanesljive podatke. Anketarji so prosto izbirali anketirance, katerih izbor je moral dosežati pokritost celotnega območja mesta in hkrati ustrezati sestavi populacije v Ljubljani (starostni, spolni itd.). Pri izboru anketirancev smo upoštevali tudi dejavnike, ki pomembneje vplivajo na hrup. Tu gre predvsem za bližino oziroma oddaljenost od glavnih prometnih žil, saj je promet v mestih praviloma zdaleč največji vir hrupa. Zato smo poskušali med anketiranci doseči enako zastopanost ljudi, ki živijo v bližini pomembnejših prometnic, kot v celotnem prebivalstvu Ljubljane. Izbrana je bila arbitrarna meja 100 m od najbolj prometnih cest (s povprečnim dnevnim prometom (PLDP) večjim od 20.000) oziroma železnice. Ustrezno območje smo določili z uporabo funkcije »buffer« programa MapInfo, delež prebivalstva, ki živi na tem območju, pa ugotovili s pomočjo baze EHIŠ.

Skupaj je bilo opravljenih 1253 anket, anketiranje pa je bilo v glavnem izvedeno od junija do septembra 2001. Pri višjih stavbah (stolpnicah) so bili anketiranci izbrani iz različnih nadstropij, poleg tega pa tudi iz stanovanj, ki so obrnjena na različne strani. Na ta način smo skušali izločiti prevelik vpliv posameznih virov hrupa, ki vplivajo le (ali predvsem) na stanovalce, katerih prostori so obrnjeni proti njim.

Rezultati ankete prebivalstva Ljubljane so opozorili na številna dejstva, povezana s hrupom v mestu. Pokazalo se je, da je hrup moteč za pomemben delež prebivalstva, saj kar 36 % anketirancev hrup moti močno ali zelo močno. Le slaba četrtina anketirancev (23,1 %) je izjavila, da jih hrup v stanovanju sploh ne moti.

Kot najpomembnejši vir hrupa se je ponovno, tako kot pri meritvah, izkazal cestni promet. Tako ga je 64,1 % anketirancev navedlo na prvem mestu med viri motečega hrupa, medtem ko je bil delež anketirancev, ki jih cestni promet moti, kar 72,9 %. Vse ostale vrste hrupa so za temi navedbami precej zaostale.

vrsta motečega hrupa	najbolj moteča vrsta hrupa % odgovorov	vrste hrupa, ki motijo (vsi odgovori) % anketirancev
cestni promet	64,1	72,9
hrup z ulice (lokali, glasni pogovori ...)	8,6	22,4
drugo	7,7	15,1
hrup v zgradbi (sosedje...)	6,0	14,9
železniški promet	5,7	11,8
hrup s parkirišča	4,5	11,4
bližnji proizvodni obrat(i)	2,2	4,7
prireditve (zabavne, športne...)	1,1	3,6
odgovor ni potreben	0,0	0,2
skupaj	100,0	

Preglednica 1: Vrste hrupa, ki motijo anketirance (Anketa IG 2001).

Cestni promet je pomemben vir motečega hrupa v večjem delu območja Ljubljane. Zgostitve odgovorov, ki izpostavljajo kot vir hrup cestnega prometa, so največje v večjem delu središča mesta ter ob bolj prometnih cestah (na primer vzdolž Celovške, Slovenske, Dunajske), avtocesta oziroma obvoznica pa je zaradi prostorske ločenosti, delne protihrupne zaščite in lege v nižjem nivoju manj problematična. Odgovori, ki navajajo kot vir motečega hrupa železnico, so osredotočeni predvsem v ožjem pasu ob železnici. Hrup z ulice je moteč na različnih območjih mesta, izrazite zgostitve tovrstnih odgovorov pa ni. Ostali viri hrupa (proizvodni obrati, parkirišča, lokacije prireditev...) so točkovni, zato jih z anketo ni bilo mogoče sistematično zajeti.

Problematika hrupa in njegove prostorske razporeditve pa je še bolj zanimiva za tiste dejavnosti, ki so na hrup še posebej občutljive. Izpostaviti velja predvsem vzgojno-izobraževalne in zdravstvene ustanove. V Ljubljani smo evidentirali in prostorsko določili lokacije vseh vrtcev, osnovnih in srednjih šol, zdravstvenih domov, bolnišnic in domov starejših občanov. Anketa osnovnih in srednjih šol je dodatno osvetlila vpliv hrupa na te dejavnosti, čeprav smo izhajajoč iz njihove lokacije ter podatkov o prometnih obremenitvah lahko sklepali na hrupno obremenjenost šol. Rezultati so pokazali, da je hrup zelo moteč na 12 šolah, torej 15 % vseh v anketiranje zajetih šol.

4 OBMOČJA RAZLIČNE OBREMENJENOSTI S HRUPOM

Eden pomembnejših ciljev raziskave je bila izločitev območij, ki so z vidika hrupne obremenjenosti bolj ali manj ugodna. Na razširjenost in jakost hrupa vplivajo številni dejavniki, ki jih je težko zajeti. Čeprav nivoja zvoka na določeni lokaciji ob določenem času sploh ni težko izmeriti, je treba upoštevati, da se hrup tako prostorsko kot časovno močno spreminja. Tako je raven zvoka običajno v precejšnji odvisnosti od dela dneva, tedna in leta. Povprečne vrednosti za daljše obdobje (če z njimi razpolagamo, kar zaradi finančne zahtevnosti tovrstnega merjenja le redko drži) nam torej o dejanskih ravneh hrupa ne povedo vsega. Še bolj zapletena pa je slika, če upoštevamo prostorsko razširjenost določene ravni zvoka. Raven zvoka namreč lahko izmerimo le v določeni točki, na vrednosti v manjši ali večji oddaljenosti od te točke pa lahko le sklepamo. Pri tem igrajo pomembno vlogo različni dejavniki, kot na primer razporeditev in vrsta objektov, ki so ovira širjenju zvoka, njihove dimenzije ipd. Hrup se tako zlasti v mestnem okolju močno spreminja že na majhne razdalje. Zato se v prostoru ne oblikujejo zaključena, dobro omejena območja z različno intenziteto hrupa, temveč nastajajo pestri in razdrobljeni prostorski vzorci območij, na katerih je hrup bolj ali manj izrazit. Prostorsko razširjenost hrupa je torej težko podrobneje ugotavljati ali kartografsko prikazati. Zaradi tega bi bilo bolj zanesljivo podobo o njej mogoče dobiti le v primeru, če bi razpolagali s celo vrsto podatkov, ki pa običajno niso na voljo. Tako smo bili v našem primeru prisiljeni uporabiti le omejen nabor podatkov, ki niso bili v vseh primerih najbolj ustrezni, so pa kljub temu dali dokaj zadovoljive rezultate in omogočili pridobitev okvirne podobe o prostorski razširjenosti hrupa. Kljub določenim pomanjkljivostim dobljena slika vendarle opozarja na nekatera pomembna dejstva in daje številne koristne rezultate.

Na osnovi razpoložljivih podatkov smo izločili naslednja območja:

- območja, kjer je hrup večinoma zelo izrazit in problematičen,
- območja, kjer hrup v splošnem ni problematičen,
- območja s krajevno zelo spremenljivim hrupom in območja, za katera razpoložljivi podatki kažejo, da jih glede na raven hrupa ni mogoče uvrstiti niti v kategorijo izrazito nadpovprečno obremenjenih območij niti v kategorijo hrupno neproblematičnih območij.

Pri opredeljevanju teh območij smo upoštevali rezultate meritev, rezultate anketiranja prebivalstva Ljubljane iz leta 2001 in podatke o obsegu prometa, v pomoč pa so nam bili tudi posamezni, žal ne dovolj sistematični podatki o točkovnih virih hrupa. Pri tem smo za območja, za katera smo imeli na voljo več podatkov (rezultatov anket, meritev), računsko opredelili povprečno vrednost za celotno območje.

Prostorsko smo združevali razmeroma homogena, zaključena območja (npr. stanovanjska območja, industrijske cone ali območja, namenjena rekreativni rabi), pri njihovem omejevanju pa smo upoštevali zlasti predele ali pasove, kjer je šlo za izrazitejše prehode v pričakovanih vrednostih hrupa (na primer nadpovprečno prometne ceste kot zelo pomembni viri hrupa, strnjeno pozidana območja, ki predstavljajo oviro širjenju hrupa).

Kljub uporabi precejšnje količine različnih podatkov je bilo za določitev meja območij, ki naj bi bila z vidika hrupne obremenjenosti kolikor toliko homogena, treba uporabiti subjektivno presojo. Razlog za to je med drugim bilo že omenjeno pomanjkanje ustreznih podatkov o dejavniki, ki vplivajo na širjenje zvoka, in na drugi strani pomanjkanje po-

datkov o virih hrupa. Med slednjimi smo tako imeli na razpolago le podatke o prometu, ne pa tudi o številnih točkovnih virih hrupa.

Zaradi omejenega prostora bomo podrobneje predstavili le ugotovitve o hrupno najbolj obremenjenih območjih, saj so ta z vidika namena raziskave najbolj pomembna.

Med območja, kjer je hrup večinoma zelo izrazit in problematičen, smo uvrstili naslednja:

- območja, kjer so meritve pokazale vrednosti (L_d) nad 65 dB(A) (gre torej za čezmeren in izrazito moteč hrup!); pri večjem številu meritev znotraj določenega območja, ki so pokazale različne ravni hrupa, smo upoštevali povprečno vrednost;
- območja, ki ležijo v neposredni bližini najbolj prometnih cest; ker se s podvojitvijo PLDP hrup poveča za 3 dB(A), je pas z določeno ravno hrupa ob bolj prometnih cestah širši; operacijo smo izvedli s pomočjo funkcije »buffer« računalniškega programa MapInfo;
- območja, za katera sicer nimamo rezultatov meritev in na čezmeren hrup ne moremo sklepati niti iz razpoložljivih podatkov o prometu (ker teh podatkov ni, ali pa kažejo na manjše ravni hrupa), vendar so rezultati anketiranja pokazali, da je hrup za tamkajšnje prebivalce izrazito moteč; ob večjem številu anket znotraj določenega območja, pri katerih so bili odgovori različni, smo upoštevali povprečno vrednost (glede na rang oziroma stopnjo motenja zaradi hrupa);
- v mejnih primerih smo kot negativen dejavnik upoštevali tudi prisotnost točkovnih virov hrupa (na primer proizvodnih obratov, gostinskih lokalov, dvoran za različne prireditve), žal pa so bili razpoložljivi podatki pri tem manj sistematični in zato manj zanesljivi.

Na osnovi navedenih kriterijev so se kot hrupno nadpovprečno obremenjena pokazala širše območje središča mesta, območja vzdolž najpomembnejših cest ter območja vzdolž železnice. S pomočjo baze EHIŠ smo izračunali, da živi na teh območjih blizu 50.000 prebivalcev, kar je približno petina prebivalcev Ljubljane. Če bi lahko bolj natančno evidentirali vire točkovnega hrupa, bi ugotovili tudi nekaj manjših, hrupno nadpovprečno obremenjenih območij v bližini teh virov, v našem primeru pa lahko le opozorimo, da gre pri tem za zelo različne objekte, kot so na primer proizvodni obrati, gostinski lokali, prireditvene dvorane, cerkve, igrišča.

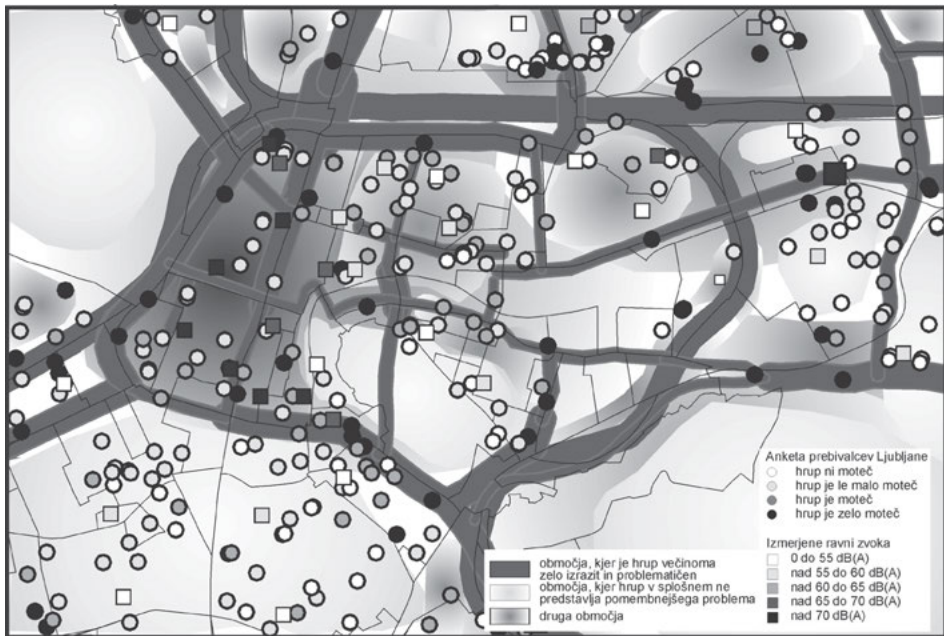
Med območji, na katerih obremenjenost s hrupom ni problematična, so zlasti območja, ki so sicer v okviru mestnih meja, a so namenjena kmetijski ali rekreacijski rabi, ter območja čistih stanovanjskih sosesk.

Območja, ki jih nismo mogli uvrstiti v zgornji dve kategoriji, pa so razporejena po celotnem mestnem ozemlju in je zanje značilna različna raba.

Območja različne obremenjenosti s hrupom so tudi kartografsko predstavljena na sliki 2. Za njeno razumevanje se je potrebno zavedati naslednjih dejstev:

- Meje bolj ali manj hrupnih območij v resnici nikakor niso ostre, saj hrup od svojega vira le postopoma pojema.
- Ker so v mestu zgradbe zelo različno učinkovite ovire širjenju hrupa, so lahko eno poleg drugega območja z zelo različnim hrupom, ki pa jih zaradi pomanjkanja ustreznih podatkov (na primer »kataster« virov hrupa, podatki o stavbnem fondu) ni mogoče identificirati, poleg tega pa jih zaradi njihovega majhnega obsega pogosto niti ne bi bilo mogoče ustrezno kartografsko predstaviti.

- Znotraj območij, ki smo jih izločili kot bolj hrupna, so tudi predeli, kjer je hrup precej manjši problem in obratno: na v splošnem z vidika hrupa zelo ugodnih območjih so tudi predeli, kjer so lokalno pomembnejši viri hrupa ali pa je tam hrup vsaj občasno vendarle precej intenziven.
- Raven hrupa se prek dneva, tedna in leta močno spreminja. Zemljevid torej ponazarja le nekakšno povprečno hrupnost.
- Predstavljena podoba torej lahko služi predvsem za bolj splošno predstavo o razširjenosti hrupa v Ljubljani ter kot osnova za razmišljanje o izvedbi ustreznih protihrupnih ukrepov, za posege v prostor v konkretnih primerih pa bodo potrebne natančnejše, lokalno omejene raziskave.



Slika 2: Območja Ljubljane glede na prevladujoče stanje obremenjenosti s hrupom.

Za primerjavo in preveritev dobljenih rezultatov smo določili hrupno različno obremenjena območja tudi s pomočjo (neuradnih) podatkov o območjih urejanja Mestne občine Ljubljana oziroma podatkov o namenski rabi iz leta 2000.

Za večji del teh območij je mogoče sklepati, da je obremenitev s hrupom na njihovem celotnem območju dokaj podobna (na primer na kmetijskih, rekreacijskih ali stanovanjskih površinah je relativno manj virov hrupa kot na območjih, namenjenih proizvodnji), saj je tudi tam prisotna raba oziroma namembnost razmeroma homogena. Izjema so ceste, ki razmejujejo ali sekajo tovrstna območja in so najpomembnejši viri hrupa. S podatki o PLDP-ju smo do določene mere odpravili tudi to pomanjkljivost, saj smo z njihovo pomočjo izločili različno široke pasove ob cestah (v odvisnosti od intenzivnosti prometa), ki so hrupno bolj obremenjeni. Podobno pa smo storili tudi s pasovi ob železnici.

V nadaljevanju smo sosednja območja, ki so bila namenjena isti vrsti rabe, združili, saj

smo lahko sklepali, da razlike v stopnji hrupa znotraj njih niso bistvene. Kljub temu je bil končni rezultat manj zanesljiv, saj so tudi na novo združena območja pogosto »neprimerno« oblikovana z vidika ugotavljanja prostorske razporeditve hrupa. Kljub temu za primerjavo na slikah 2 in 3 predstavljamo oba rezultata za izbrano območje, ki se sicer ne razlikujeta bistveno, čeprav je v nekaterih predelih prihajalo do določenih razhajanj.



Slika 3: Območja Ljubljane glede na prevladujoče stanje obremenjenosti s hrupom (ob upoštevanju območij urejanja, MOL Oddelek za urbanizem in Geodetska uprava RS, 2000).

Žal pa se je izkazalo, da ta območja (ki so bila edina na voljo) tudi v tem primeru za naš namen niso bila dovolj homogena. Tako se tudi znotraj stanovanjskih območij pojavljajo storitvene dejavnosti, območja institucij vključujejo tako različne objekte, kot so na primer šole, bolnišnice, vrtci, raziskovalni inštituti. Tudi območja, namenjena proizvodni dejavnosti, vključujejo obrate, ki proizvajajo zelo različen hrup, ki je lahko skoraj zanemarljiv ali pa nadpovprečno intenziven. Ponekod so območja premajhna, da bi jih lahko tudi z bolj zgoščeno mrežo anket in meritev pokrili, na drugi strani pa so nekatera tako velika, da so tam dobljena povprečja popolnoma fiktivna vrednost. Na koncu se je tovrsten pristop izkazal za manj ustreznega kot izločanje območij po bolj subjektivni metodi.

5 SKLEP

Hrup kot dejavnik onesnaževanja v urbanem okolju postaja vse pomembnejši. V prispevku smo na kratko prikazali možnosti uporabe GIS-a za prikaz tega pojava, njegove prednosti pa

tudi pomanjkljivosti oziroma dileme, ki so se pojavljale pri izdelavi študije Regionalizacija Ljubljane z vidika hrupne obremenjenosti.

Vzpostavljene podatkovne baze omogočajo preprosto dodajanje novih informacij (meritve hrupa, viri hrupa...). V prihodnje bo z njihovo pomočjo mogoče izdelati analizo sprememb prostorske razširjenosti hrupa ter dolgoročno strategijo ustreznih protihrupnih ukrepov.

Dobljeni rezultati ponujajo pregledno, okvirno podobo o hrupu v Ljubljani, za bolj natančne rezultate pa bi bili potrebni zlasti podatki o stavbnem fondu (razporeditev objektov, njihove dimenzije...) in o točkovnih virih hrupa (proizvodni obrati, gostinski lokali...) z vsaj približno oceno hrupa, ki ga proizvajajo. Pri tem pa je treba posebej poudariti tudi dejstvo, da so nekateri točkovni viri, ki sicer proizvajajo le razmeroma skromen hrup, nadpovprečno moteči, saj hrup ni enakomeren (in se je torej nanj težje privaditi), ali pa se pojavlja takrat, ko je še posebej moteč (na primer ponoči).

Redno zbiranje tovrstnih podatkov bi omogočilo precej bolj natančno oceno razporeditve hrupa in bi bilo tako tudi uporabno orodje urbanističnega načrtovanja. Ker pa je zbiranje takšnih podatkov finančno in časovno zelo zahtevno, si moramo za doseg podobnih ciljev pomagati z razpoložljivimi podatki, ki sicer ne omogočajo podobne natančnosti, zato pa ponujajo dovolj uporabno informacijo o pojavu in opozarjajo na območja, kjer bi si hrup zaradi svoje intenzitete zaslužil še posebno pozornost.

VIRI IN LITERATURA

- Prometna analiza cestnega omrežja Ljubljane: Projekt nizke zgradbe d.o.o. Ljubljana, 1999. Promet 2000. Podatki o štetju prometa na državnih cestah v republiki Sloveniji. Direkcija RS za ceste. Ljubljana, 2001.
- Špes, M., Cigale, D., Gspan, P., Jug, A., Lampič, B. 2002: Regionalizacija Ljubljane z vidika hrupne obremenjenosti (Karta hrupa na osnovi obstoječih (in nekaterih dodatnih) meritev). Inštitut za geografijo. Ljubljana.
- Špes, M. et al. 1997: Vplivi fizičnega in družbenega okolja na zdravje prebivalstva v mestu Ljubljana. Inštitut za geografijo. Ljubljana.
- Volovšek, S. 1996: Hrup na ljubljanskem območju z možnostjo sanacij. Zavod za gradbeništvo - ZRMK. Ljubljana.

OCENJEVANJE ČLOVEKOVIH KORIDORJEV NA KOČEVSKEM

David Hladnik*

UDK 528.94:630*1, UDK 91:659.2:004

Izvleček

Ocenjevanje človekovih koridorjev na Kočevskem

Na Kočevskem območju smo po krajinskoekoloških načelih oblikovali model človekovih koridorjev v gozdni krajini. Model smo oblikovali na podlagi karte rabe prostora, izdelane z nadzorovano klasifikacijo satelitskega posnetka Landsat TM, podatkov o cestnem in železniškem omrežju, daljnovidnem omrežju in podatkov o popisu prebivalcev. S presekom kart prostorskih enot kmetijskih zemljišč, cestnega omrežja in poselitve smo določili glavnega in več stranskih koridorjev, ki jih je človek oblikoval v krajinah kočevskega območja. Glavni človekov koridor in omrežja stranskih koridorjev povezujejo nad tri četrtine (78 %) negozdnih zemljišč na kočevskem območju. Današnja raba prostora in človekovi koridorji so le ostanek nekdanje kmetijske rabe. Danes je v človekovih koridorjih zajetih le še 44 % nekdanjih vaških, njivskih in travniških površin, ki smo jih ocenili po podatkih jožefinskega kartiranja iz 18. stoletja.

Ključne besede

gozdna krajina, človekovi koridorji, prostorski model, GIS

Abstract

Estimating human corridors in the Kočevje region

On the basis of landscape ecology principles we developed the spatial model of human corridors in the forested landscape of the Kočevje region. The foundations of the model incorporated spatial data on land uses, established by supervised classification of the data from the Landsat TM satellite imagery, data on roads, railways, power lines and settlement data. The overlaying techniques were used to identify the main human corridor in the region and the side and local corridors. The main and side corridors connect 78% of the non-forested lands in the Kočevje region. Based on maps from the end of the 18th century it was estimated that at that time forests covered 59% of the entire surface area of the Kočevje region. Today, human corridors only incorporate 44% of the former area of villages, agricultural land and grasslands, and less than a quarter of the former pastures.

Keywords

forested landscape, human corridors, spatial model, GIS

1 TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE IN TRAJNOSTNI RAZVOJ

V zadnjih desetletjih so številni problemi, na primer globalne klimatske spremembe, širjenje puščav, propadanje in krčenje gozda, onesnaženost padavin, povečali pomen celostne perspektive pri preučevanju okolja. Začel se je spreminjati človekov pogled na »svet

* dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, david.hladnik@uni-lj.si

in njegove odtenke« kot pravi Strnad v predgovoru slovenske izdaje GAIE. V isti knjigi Lovelock trdi: »... da najpomembnejši dosežek vesoljskih raziskav niso nove tehnologije, temveč to, da smo lahko prvič pogledali na Zemljo od zunaj - kar nas je spodbudilo, da smo si zastavili nova vprašanja« (Myers 1991, str.100). Odločilno je postalo vprašanje, kako ravnati z naravnim okoljem, da bi zadovoljili svoje potrebe in hkrati ne bi spodbudili naravnih procesov. Letos bodo na svetovnem srečanju držav v Johannesburgu nadaljevali s politično akcijo za trajnostni razvoj, začetek te akcije pa predstavlja prva mednarodna konferenca Organizacije združenih narodov o človekovem okolju v Stockholmu leta 1972.

Koncept trajnostnega razvoja in gospodarjenja je starejši od omenjenih izhodišč, kajti stroke kot na primer gozdarstvo v srednji Evropi ga načrtno razvijajo že več kot 200 let (Gašperšič 1995). V začetku devetdesetih let so tudi na politični ravni evropske države sprejele več resolucij o varstvu gozdov in trajnostnem gospodarjenju z gozdovi. Posebej pomembne so Helsinške resolucije, ki so jih sprejeli leta 1993 na Ministrski konferenci o varstvu gozdov v Evropi. Tri leta po prvi konferenci v Strasbourgu so na Helsinški konferenci ocenili, kako države uresničujejo sprejete resolucije, hkrati pa so oblikovali še nove, ki se navezujejo na prejšnje in tudi na odločitve Konference Združenih Narodov o okolju in razvoju (UNCED) iz leta 1992 v Riu de Janeiru. Za vsebino tega prispevka je pomembna opredelitev o trajnostnem gospodarjenju z gozdovi, povzeta po eni od resolucij (H1). Ta opredeljuje trajnostno gospodarjenje kot nadzor in rabo gozdov na tak način in v taki meri, da ohranimo njihovo biološko raznovrstnost, plodnost, regeneracijske sposobnosti, vitalnost in zmožnost za izpolnjevanje ekoloških, ekonomskih in socialnih funkcij. Te funkcije naj izpolnjujejo danes in v prihodnosti na lokalni, nacionalni in globalni ravni (Helsinki 1995).

Ključno vprašanje je, kakšni naj bodo človekovi vplivi, da bodo ekološke, ekonomske in socialne funkcije gozdov ohranjene. Človekovi vplivi pa niso omejeni le z neposredno rabo prostora, v nadzoru je treba upoštevati tudi dejavnosti, katerih vplivi so manj raziskani, povzročajo pa spremembe povsod v naravnem okolju, kajti vse ekosisteme sveta dosežejo motnje, ki jih povzročajo urbanizacija, izkoriščanje naravnih virov, erozija tal v kmetijstvu, krčenje gozdov. Walker in Willig (1999) sta opisala, kako te pogosto sprožijo druge motnje v naravnem okolju, tako da so motnje, ki jih povzroča človek vselej vzajemno povezane s tistimi, ki izvirajo iz naravnega okolja. Njuna definicija motnje opredeljuje kot relativno diskreten dogodek v času in prostoru, ki spremeni strukturo populacije, združbe in ekosistema, tako da spremeni gostoto, biomaso ali prostorsko razporeditev organizmov, vpliva na dostopnost in razporeditev virov in substrata, ali kako drugače spremeni fizično okolje. Posledice motnje se pokažejo z oblikovanjem zaplat in spremenjene prostorske pestrosti. Motnja je relativen pojem, ki zahteva natančno opredelitev obravnavanega sistema, vključno s prostorskim in časovnim merilom komponent, ki jih raziskujemo.

Ob upoštevanju teh meril je mogoče razlikovati kratkotrajne fluktuacije od dolgotrajnih ciklov. Z raziskovanjem teh ciklov raziskovalci želijo tudi ločiti človekove vplive od naravnih fluktuacij v naravnem okolju. V zadnjem času so na primer na tem področju pogoste razprave o globalnih klimatskih spremembah. V evropskih kulturnih krajinah je tako razlikovanje veliko težje, kajti te so nastale v dolgi zgodovini človekove rabe prostora, tako da človek s kulturno krajino sestavlja nedeljivo celoto. Po takih izhodiščih sta Naveh in Lieberman (1984) posebej utemeljila koncept celotnega človekovega ekosistema, kjer človekovih vplivov ne moremo ocenjevati kot zunanjih motenj sistema. Za trajnostno gospodarjenje je zlasti odločilno, v kakšni meri človekovi vplivi nepovratno spreminjajo naravno okolje.

V novejšem delu je Naveh (1994) kritično primerjal koncept celotnega človekovega ekosistema z modeli, razvitimi iz izhodišč ekosistemske ekologije. Krajinska ekologija je po njegovem tista znanost, ki premošča vrzel med bioekologijo in humano ekologijo. Kakršnekoli pojmovne oblike okolja so v njegovem konceptu le sestavni deli celotnega človekovega ekosistema. Ta obsega ekosfero kot največjo globalno krajino in konkreten sistem, ekotop pa je najmanjša krajinska enota v posameznem bio in tehnosistemu. Na podlagi razlik v njihovih naravnih ali umetnih energijskih in snovnih tokovih, v njih živečih organizmih, uravnavanju preko naravnih ali človekovih informacij, sposobnosti samoorganiziranja in regeneracije, je ekotope razvrstil v štiri skupine (Naveh 1998): naravne in blizu naravne ekotope, polnaravne in tradicionalno kmetijsko-gozdno-pašniške ekotope, intenzivne agro-industrijske ekotope ter urbano-industrijske ekotope. Taka razvrstitev obsega dve skrajnosti, od biosfere, kjer naravni procesi potekajo na podlagi sončne energije, do tehnosfere, ki jo je oblikoval človek, vzdržuje pa jo s fosilno in jedrsko energijo ter umetno vnešenimi snovmi. Različni ekotopi se v prostoru prepletajo, vendar niso vselej tudi strukturno in funkcionalno povezani v trajnostnem sistemu ekosfere, kajti v današnjem času prevladujejo agro-industrijske in urbano-industrijske krajine, iz teh pa izvira glavnina vzrokov za globalno krizo okolja (Naveh 1998).

Naveh (1994) je ob modelu ekološke hierarhije določil ekotop kot temeljno enoto krajinsko ekološkega raziskovanja in najnižjo raven hierarhične zgradbe holističnih enot. Ekotopi so konkretne, jasno razmejene prostorske enote. Drugače od pojma ekosistema, ki ga pogosto uporabljamo v abstraktni in prostorsko nejasno opredeljeni zvezi, je ekotop mogoče pragmatično razmejiti glede na značilnosti objekta in raziskovalne potrebe. Naveh (1994) je to ponazoril z več primeri raziskav, grobo pa je ilustriral tak koncept tudi z dvema ločenima raziskovalnima problemoma. Če na primer raziskujemo pretok vode in snovi skozi krajino, bomo meje ekotopov razvili proti litosferi. Če pa raziskujemo učinke onesnaženega ozračja, bomo mejo razširili navzgor proti atmosferski ravni. Ekotop tako ni le prostorska oznaka ekološko homogenih enot, temveč predvsem koncept, način ponazoritve kompleksa oblikovalnih dejavnikov. Odkrivanje oblikovalnih procesov v krajini in tistih zgodovinskih ali današnjih dejavnikov, ki so vzrok za razporeditev krajinskih elementov v njej, je osrednja tema raziskav za trajnostno gospodarjenje s prostorom in obnovljivimi naravnimi viri.

Za učinkovitejše in trajnostno gospodarjenje moramo zagotoviti informacije o naravnih virih, razviti je treba jasno politiko o načinu gospodarjenja, v procesih načrtovanja morajo sodelovati vsi zainteresirani, vključno z lokalnimi prebivalci (Skidmore et al. 1997). Za trajnostno gospodarjenje s prostorom so na enem od nizozemskih inštitutov (ITC) našli kar 67 definicij, po oceni Skidmore in sodelavcev (1997), pa je za vse odločilno odkrivanje sprememb in ocenjevanje, kako spremenjene razmere v naravnem in družbenem okolju vplivajo na trajnostno gospodarjenje.

2 KRAJINSKOEKOLOŠKA IZHODIŠČA IN ZASNOVA GIS V SLOVENSKEM GOZDARSTVU

Zasnovo prostorskega informacijskega sistema za gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino smo izdelali po konceptualnem modelu zgradbe krajine, izpeljanem iz krajinskoekoloških izhodišč. Po teh izhodiščih je krajina holistična celota, sestavljena iz različnih sestavin, ki

vplivajo druga na drugo. Tak model je razvil Zonneveld (1989), ob njem pa je opozoril, da je mogoče izdelati taksonomsko klasifikacijo le za najmanjše prostorske enote - ekotope. Ko prehajamo od ekotopa proti večjim prostorskim enotam, so čedalje pomembnejše horološke povezave med krajinskimi enotami. Te horizontalne povezave v krajini niso značilne le za neposredno sosedne enote, temveč jih lahko odkrijemo tudi preko večjih prostorskih razsežnosti. Zonneveld (1989) je menil, da je za opredelitev krajinskih enot in krajinskih sistemov horološka struktura tako odločilna in hkrati tako krajevno značilna, da ni primerna podlaga, iz katere bi gradili splošno uporabno hierarhično klasifikacijo. Načelo hierarhične zgradbe, ki sta ga v svojem konceptu krajinskoekoloških raziskovanj privzela tudi Naveh in Lieberman (1984), določa, da je treba za presojo stabilnosti posameznega elementa raziskati vsaj tri povezave, v katere je vpet ta element. Stabilnost presojamo glede na:

- obdajajoči element na višji hierarhični ravni,
- sosednje elemente na isti hierarhični ravni oziroma v istem krajinskem merilu,
- komponente elementov na nižji hierarhični ravni, ki sestavljajo posamezne krajinske elemente – objekte naše presoje.

V zasnovi prostorskega informacijskega sistema za nadzor in trajnostno gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino je torej treba oblikovati podatkovni model, na podlagi katerega bo mogoče oblikovati hierarhično zgradbo krajinskih enot in tudi ocenjevati horološke povezave med njimi. Tak podatkovni model je mogoče oblikovati po načelih krajinske matice, ki sta jih v krajinskoekoloških raziskovanjih utemeljila Forman in Godron (1986). Matico v krajini določajo tisti krajinski elementi, vegetacijske enote ali rabe prostora, ki prevladujejo po površini, so najbolj povezani v prostoru ali določajo dinamiko tokov in razvoja v krajini. Odločilen je zlasti tretji kriterij, kajti Forman (1995) pravi, da sta povezanost in prevladovanje po površini le posredni oceni za presojo, kateri krajinski element uravnava dinamiko razvoja v krajini.

V tej razvrstitvi niso neposredno zajeti tudi ekotopi, čeprav sta Vos in Stortelder (1992) zapisala, da so krajinski elementi bolj ali manj tudi sinonim za ekotope. V konceptu nadzora gozdnih ekotopov ni mogoče enačiti krajinskih elementov z ekotopi, kajti že Forman (1995) je opisal, kakšna je po njegovem razlika med krajinskimi elementi in pojmom ekotopa. Njegovo razlago smo povzeli in jo dopolnili, da bi tako utemeljili pomen obeh krajinskoekoloških izhodišč v konceptu nadzora gozdnih ekotopov in gozdnate krajine. Krajinski elementi so na primer cestni koridor, omejek, golosek, veliko parkirišče, gozd določenega tipa. Obcestni prostor je življenjsko okolje za rastlinske in živalske vrste in ga opredelimo kot biotop, samo vozišče pa je le krajinski element in ne hkrati tudi biotop. Po Formanovi (1995) razlagi so omejkni na kmetijskih zemljiščih biotopi, vendar ne tudi ekotopi. So habitati za določene vrste, toda ker so ozki linijski elementi, nimajo razvitega notranjega okolja tako kot na primer širši koridorji ali celo zaplate, opredeljene kot relativno homogene nelinearne površine, ki se razlikujejo od svoje okolice. Gozdna zaplata lahko obsega del ekotopa s homogenimi fiziografskimi dejavniki, lahko pa obsega enega ali več ekotopov, ki jih raziskovalci vegetacije označijo kot različne rastiščne ali vegetacijske enote.

Forman (1995) v svojem krajinskoekološkem konceptu ni raziskoval, kateri ekotopi sestavljajo zaplate in razčlenjene dele matice. Pojem ekotopa je uporabil le zato, da je pojasnil, v čem se razlikuje od krajinskih elementov – zaplat, koridorjev in matice. Krajinske elemente je presojal glede na to, kako so nastali, kako se spreminjajo, kakšni so njihova velikost, oblika, število in razporeditev v prostoru ter kako vplivajo na zgradbo, delovanje

krajine in spremembe ekološkega mozaika v času. Njegov koncept smo uporabili v zasnovi prostorskega informacijskega sistema za nadzor gozdnate krajine, kajti krajinske elemente je mogoče jasno določiti in razmejiti. Na podlagi zaporednih snemanj je mogoče odkriti spremembe krajinskih elementov, oceniti smer teh sprememb in njihov obseg. To je prvi del v procesu nadzora, kajti treba je oceniti tudi pomen odkritih sprememb ter presoditi, ali so spremembe skladne oziroma dopustne glede na postavljene cilje gospodarjenja. Odkrite spremembe je treba presoditi na več ravneh, ne le na ravni posameznega krajinskega elementa. Po teh krajinskoekoloških izhodiščih je za nadzor gozdnih ekotopov na velikoprostorski ravni značilno, da upošteva horološke povezave med krajinskimi elementi, njihovo razporeditev v ekotopih, razporeditev in raznovrstnost ekotopov v krajinskih enotah.

Koncepti načrtovanja in gospodarjenja, ki izhajajo iz razumevanja bioloških procesov v krajini, niso novi, niti v gozdarstvu niti v prostorskem načrtovanju ali celo kmetijstvu. Na Slovenskem so jih na primer predstavili Anko (1986), Gašperšič (1995), Gabrijelčič (1985), Marušič (1996), Prosen (1993). Kljub uveljavljenim metodologijam načrtovanja, ki so jih opisali omenjeni avtorji, so se prave možnosti kompleksnega vrednotenja struktur v krajini porodile šele z razvojem geografskih informacijskih sistemov. Kako je potekal razvoj na tem področju, je mogoče oceniti tudi na podlagi definicij GIS, ki so jih v zadnjih letih preusmerili iz prikaza lastnosti sistemskih komponent v poskus definiranja problemskih rešitev (Kvamme et al. 1997).

Na dosedanjih simpozijih o geografskih informacijskih sistemih so posamezni avtorji predstavili značilnosti takih informacijskih sistemov v gozdarstvu na Slovenskem (Hočevvar et al. 1992, Ogulin in Šubic 1996, Glavan 2000). Geografski informacijski sistemi so postali okolje za povezovanje prostorskih podatkov in hkrati učinkovito orodje za presojo sprememb v krajini ali celo ažuriranje že kartirane vsebine. Raziskovalec ali načrtovalec v tem metodološkem okolju lahko na podlagi danih podatkov sprejemata zanesljive odločitve, pridobivata pa tudi nove informacije prek različnih tehnik prostorske analize. Tako bi bilo nesmiselno ločeno govoriti o metodah daljinskega pridobivanja podatkov, o geografskih informacijskih sistemih in o gozdnih inventurah ter informacijskih sistemih v gozdarstvu, kajti potrebe raziskovalcev so tako delitev presegle. Dober pregled o zasnovi prostorskih informacijskih sistemov v slovenskem gozdarstvu, ki upošteva tudi krajinskoekološka izhodišča, je mogoče podati za območje Kočevske. Doslej smo za to območje izdelali oceno prostorskih značilnosti gozdnate krajine (Hočevvar et al. 1996), ocenili vzajemnost fiziografskih dejavnikov in vegetacije ter rabe prostora (Hladnik 2002), ocenili spremembe gozdnate krajine v zadnjih 200 letih (Hladnik 1998, Pirnat 1999). Pirnat (1999) je na Kočevskem tudi primerjal gozdove in kmetijska zemljišča glede na količino organske snovi, razmerje med naravno prispelo in umetno vneseno energijo ter strukturo umetno vnesene energije. V tem prispevku bomo prikazali model človekovih koridorjev na Kočevskem.

3 OCENJEVANJE ČLOVEKOVIH KORIDORJEV NA KOČEVSKEM

Po Formanovi (1995) opredelitvi je koridor ozek pas posameznega tipa zemljišča, ki se na obeh straneh razlikuje od sosednjega zemljišča. Človekovi koridorji povzročajo motnje v naravnih procesih in spreminjajo krajinsko zgradbo. Spremembe na zunaj spoznamo po večji fragmentiranosti zaplat, težje pa ocenjujemo motnje procesov v naravnem okolju.

V gozdnati krajini uvrščajo na primer ceste med najbolj prostorsko razširjene motnje, ki pričajo o dolgotrajnih človekovih vplivih (McGarigal et al. 2001).

Kočevsko območje, ki meri 118.000 ha, smo izbrali kot eno od 14 gozdnogospodarskih območij v Sloveniji. Meje tega gozdnogospodarskega območja se dobro ujemajo tudi s Kočevsko-Ribniško mezoregijo, eno od mezoregij, ki so bile utemeljene na podlagi dveh dominantnih kriterijev - hidrogeografskega in ekonomskogeografskega (Plut 1999). Meje gozdnogospodarskega območja se razlikujejo od meja Plutove (1999) mezoregije na severu, kjer so Mačkovec, Velikolaška pokrajina, Dobrepolje in Ribniška Mala gora v celoti vključeni v območje, občinske meje, na katere se je oprl Plut, pa del teh pokrajinsko-ekoloških enot in podenot uvrščajo v Ljubljansko mezoregijo. Podobne razlike so tudi na jugovzhodu območja, kjer sta dela Poljanske doline in Poljanske gore uvrščena v Belo Krajino.

Raziskovalci so v pregledu vegetacijskih značilnosti in popisanih živalskih skupin pokazali, da je Kočevsko v veliki meri še ostalo ohranjeno naravno okolje. Na območju z 80 % gozdnatostjo prevladujejo strnjeni jelovo-bukovi in bukovi gozdovi. V gozdni matici so največje zaplate kmetijskih in urbanih zemljišč na Kočevskem in Ribniškem polju, Dobrepolju, v Velikolaški pokrajini in Loškem potoku. Ob koncu 18. stoletja in še v 19. stoletju, v obdobju največje poselitve, so gozdovi pokrivali 59 % zemljišč na Kočevskem (Hladnik 1998), kajti ljudje so se sprva naseljevali v kotlinskih naseljih, če so bili tam stalni izviri in potoki, kasneje tudi v višinskih gozdnih vaseh. Večji del Kočevskega je namreč sestavljen iz značilnih kraških predelov na apnencu in dolomitu, normalni relief je razvit le na zaplatah vododržnih kamnin v osrednjem in južnem delu. Le na ribniškem delu območja je razvit relief z nadzemno tekočimi vodami. Po drugi svetovni vojni sta se poselitve in krajinska zgradba močno spremenili, kajti po Prelesnikovi (1992) oceni je bilo opuščenih 100 predvojnih naselij, gozd pa je prerasel dobro petino zemljišč na območju, ki so bila nekdanj izkrčena za kmetijsko rabo.

Na Kočevskem območju smo oblikovali model človekovih koridorjev v gozdnati krajini na podlagi karte rabe prostora, izdelane z nadzorovano klasifikacijo satelitskega posnetka Landsat TM (Hladnik 1998), podatkov o cestnem in železniškem omrežju, daljnovodnem omrežju in podatkov o popisu prebivalcev v občinah Kočevje in Ribnica iz leta 1991 (GURS 1992). Te podatke smo dopolnili s podatki iz Krajevnega leksikona Slovenije (Orožen-Adamič et al. 1995) še za tiste dele kočevskega območja, ki ga tedanji občini nista obsegali. Prostorski model smo oblikovali v okolju geografskih informacijskih sistemov PC ARC/INFO (ESRI 1996) in IDRISI (Eastman 1999).

Iz preglednih kart občin Kočevje in Ribnica ter turistične karte Velikih Lašč v merilih 1 : 50.000 smo povzeli podatke o tlorisih naselij, jih vektorsko digitalizirali, oblikovali površinsko in točkovno topologijo ter prek identifikatorjev naselij in mest povezali zbirko podatkov o poselitvi s podatki o popisu prebivalcev. S tako metodo dela smo zavestno popačili podatke o poselitvi, kajti za nekatere zaselke so pri popisu prebivalcev zbrali podatke le v okviru popisnih okolišev. Iz zgoraj opisanih kart v merilu 1 : 50.000 smo povzeli podatke o cestnem in železniškem omrežju, podatke o daljnovodnem omrežju pa smo povzeli iz delovnega kartnega gradiva za kočevsko gozdnogospodarsko območje, tudi v merilu 1 : 50.000. Karte teh treh omrežij smo vektorsko digitalizirali, ocenili dolžino omrežij na območju in jih prevedli v rastrsko obliko. Za rastrsko karto smo določili 30 ´ 30 m velike slikovne elemente, kajti tako ločljivost je imela karta pokrovnosti na Kočevskem.

Iz treh kart omrežij smo izluščili omrežja magistralnih, regionalnih in občinskih cest,

železnice in daljnovodov na Kočevskem, jih prekrili s karto pokrovnosti in tako vanjo dodali podatke o človekovih koridorjih na območju. Vse prostorske enote travinja in njiv, golih in urbanih površin, večje od hektara, ki so jih presekale magistralne, regionalne in občinske ceste, smo določili za del osrednjih človekovih koridorjev. Označili smo jih kot koridorje prvega, drugega in tretjega reda. Ocenili smo tudi, koliko naselij leži na vplivnem območju teh koridorjev. Za model vplivnih območij smo oblikovali 100-metrске pasove oddaljenosti od osi glavnih cest v koridorjih. Z operatorjem za določanje razdalj od linijskih objektov v vektorski podatkovni strukturi (*buffer*) smo oblikovali karto vplivnih območij in vanjo zajeli del preostalih naselij zunaj koridorjev, ki od osi magistralnih, regionalnih in občinskih cest niso oddaljena več kot 500 m.

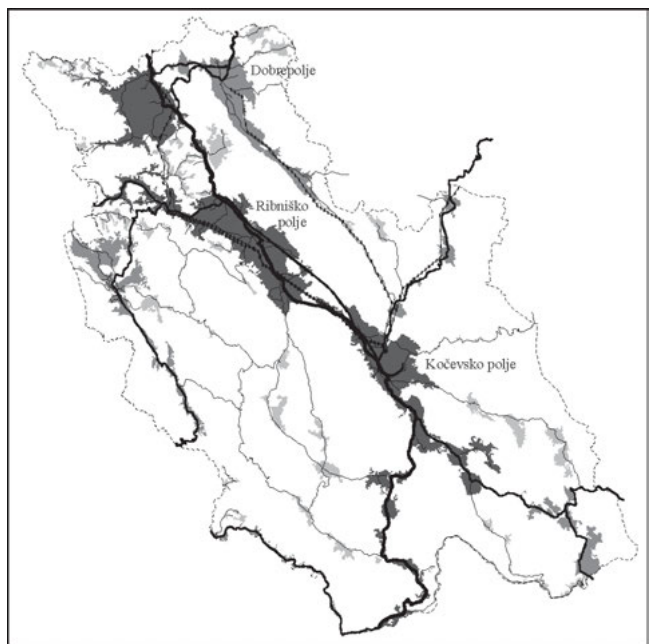
Posebej smo ocenili in utemeljili vplivna območja koridorjev tudi na kartah v rastrski podatkovni strukturi. Za železniško in daljnovodno omrežje smo ocenili, kakšna deleža omrežij potekata na vplivnem območju osrednjih koridorjev, ki jih določajo magistralne, regionalne in občinske ceste z zaplatami in prostorskimi enotami negozdnih zemljišč. V rastrski podatkovni strukturi smo z operatorjem za določanje razdalj (*distance*) izračunali pasove oddaljenosti od robov površinskih in linijskih objektov – osrednjih koridorjev – proti jedrom enot gozdne matice. Ko smo izdelali presek te karte s karto železniškega in daljnovodnega omrežja, smo ocenili, na kakšne največje razdalje se ti omrežji oddaljita od osrednjih koridorjev na območju. Podobno smo izračunali tudi oddaljenost od robov gozdne matice proti jedrom negozdnih zemljišč.

Večje strnjene enote gozdne matice, razprostrate med človekovi koridorji, smo poimenovali mirna območja. Zanje smo izračunali razdalje od robov osrednjih koridorjev do jeder in ocenili površinsko strukturo negozdnih zaplat, zajetih v prostorske enote. Ta območja smo iz podatkovne strukture rastrske karte transformirali v vektorsko strukturo in z operatorjem prekrivanja (*intersect*) ocenili, kakšna je v njih gostota gozdarskih cest, lokalnega daljnovodnega omrežja, poselitve v naseljih, ki niso bila zajeta v človekove koridorje. To gostoto smo ocenjevali na podlagi že opisanega kartnega gradiva v merilu 1 : 50.000.

4 REZULTATI

Po popisu iz leta 1991 smo ocenili, da je na območju živel 36.269 prebivalcev v 524 naseljih in mestih. Na podlagi vektorsko digitaliziranih kart v merilu 1 : 50.000 ocenjujemo, da je na območju 62,8 km magistralnih, 119,2 km regionalnih, 434,6 km lokalnih in 1345,8 km gozdarskih cest. Dolžina železniške proge med mejo območja pod Čušperkom in mestom Kočevje je 39,9 km. Iz kart enakega merila smo ocenili tudi dolžino daljnovodov električnega omrežja: 49,6 km je 110-kV daljnovodov, 47,0 km je 20-kV zveznih magistralnih daljnovodov in 457,8 km drugih 20-kV daljnovodov. S presekom kart prostorskih enot kmetijskih zemljišč, cestnega omrežja in poselitve smo določili glavnega in več stranskih koridorjev, ki jih je človek oblikoval v krajinah kočevskega območja.

Glavni človekov koridor in omrežja stranskih koridorjev povezujejo nad tri četrtine (78 %) negozdnih zemljišč na kočevskem območju. Kmetijska in urbana zemljišča glavnega koridorja povezuje magistralna cesta prek Velikolaške pokrajine, Ribniškega polja, Ložin, Kočevskega polja, Novih Lazov, Morave, Banjaloke in Fare. Ob teh je v glavni koridor povezanih še 15 manjših zaplat kmetijskih zemljišč. Kmetijska in urbana zemljišča glav-



Oznaka koridorjev

■ 1. reda	⚡ Železnica
■ 2. reda	⚡ Daljnovodno omrežje
■ 3. reda	⚡ Meja Kočevskega gozdnogospodarskega območja

0 10 km

Slika 1: Model človekovih koridorjev na kočevskem območju leta 2000. Označeni so koridorji in negozdna zemljišča, ki jih ti koridorji povezujejo v gozdnati krajini.

nega koridorja obsegajo 43 % površine vseh negozdnih zemljišč, večjih od 1 ha. Na teh zemljiščih so leta 1991 popisali v 194 naseljih in mestih 27.552 prebivalcev, kar je 76 % od vseh popisanih prebivalcev na območju. Kmetijska zemljišča petih stranskih koridorjev predstavljajo 23 % površine kmetijskih zemljišč na območju. Najmočneje je poseljen koridor proti Ponikvam in Dobrepolju. V 32 naseljih tega koridorja so popisali 2943 prebivalcev. Najšibkeje je poseljen koridor proti Staremu Logu in Smuki, saj so v štirih naseljih popisali le 100 prebivalcev. Na območju glavnega in petih stranskih koridorjev je živelo 93 % prebivalcev, ki so jih na kočevskem območju popisali leta 1991.

S presekom zaplat kmetijskih zemljišč, lokalnih cest in poselitve na zaplatah kmetijskih zemljišč smo na območju določili še koridorje tretjega reda. Na sliki 1 so označeni vsi ocenjeni koridorji in omrežja cest. Na glavni koridor se navezuje še 8 lokalnih cest, ki povezujejo 13 naselij z 99 prebivalci. Ta naselja so bila predaleč od glavne tranzitne ceste, da bi jih zajeli v 500-metrskem pasu, zato smo jih uvrstili h glavnemu koridorju v tej fazi ocenjevanja človekovih koridorjev na območju. Zunaj koridorjev je ostalo 105 naselij s 557 popisanimi prebivalci. Vsa ta naselja povezujejo gozdarske ceste.

V opisanih koridorjih so speljani tudi železniška proga in daljnovodi električnega omrežja. Daljnovodi 110-kV in 20-kV omrežja so speljani po glavnem koridorju, po stranskih koridorjih prek Dobrepolja in proti Smuki ter prek koridorjev tretjega reda pri

Sv. Gregorju in Velikolaške pokrajine. Glavnina teh daljnovodov leži znotraj koridorjev, ki smo jih določili s presekom prostorskih enot kmetijskih zemljišč ter cestnega omrežja glavnih tranzitnih, glavnih in lokalnih cest. Le na 0,8 % skupne dolžine se daljnovodi od koridorjev umaknejo za več kot 500 m, kar na 93 % celotne dolžine pa so speljani po koridorjih kmetijskih zemljišč ali so od njih oddaljeni kvečjemu 200 m. Tudi železniška proga je vpeta v opisane koridorje, kajti na 83 % njene ocenjene dolžine poteka po koridorjih ali kvečjemu do 200 m od roba koridorjev.

Opisani človekovi koridorji gozdno matico razbijejo na 728 prostorskih enot, takih s površino nad 100 ha je 39 in predstavljajo 98 % površine gozdne matice na območju. V enotah Kočevskega Roga in Grintovca smo ocenili največjo oddaljenost od človekovih koridorjev, 3500 oziroma 3900 m. Poleg teh smo še v 20 enotah ocenili, da oklepajo jedro, ki je od človekovih koridorjev oddaljeno nad kilometer.

Na podlagi prikazanih ocen o fragmentiranosti gozdne matice, je mogoče le posredno sklepati o vplivu človekovih koridorjev na procese v naravnem okolju. Na kočevskem območju je mogoče oceniti, da so koridorji ozki linijski elementi, ki ne dosežejo take širine ali vplivnosti, da bi v gozdnati krajini neposredno omejevali tok snovi, energije ali organizmov. To še posebej velja za gozdne ceste, nad katerimi se krošnje listavcev lahko ponovno staknejo že nekaj let po izgradnji. Po gostoti gozdarskih cest je mogoče sklepati, kako intenzivno je gospodarjenje z gozdovi. Na območju Stojne, ki je največja neposeljena enota gozdne matice na Kočevskem, smo ocenili največjo gostoto gozdarskih cest – 19 m/ha. Podobne gostote cest, ki niso del doslej opisanega omrežja človekovih koridorjev, smo ocenili še v enotah, poimenovanih po Goteniški gori (17,6 m/ha), Veliki gori (15,6 m/ha) in Kočevskem Rogu (14,6 m/ha).

Do velikih motenj naravnih procesov lahko pride zlasti na kmetijskih in urbanih zemljišč, če obsegajo strnjena območja brez omejkov in zaplat naravne vegetacije. Taki ostanki naravne vegetacije na kmetijskih zemljiščih omogočajo prehajanje številnim vrstam iz gozdne matice, ohranjati jih je treba tudi v slovenskih mezoregijah z veliko gozdnatostjo. Na kočevskem območju smo največje prostorske enote kmetijskih in urbanih zemljišč ocenili na Kočevskem in Ribniškem polju ter na Dobropolju. V teh podenotah pokrajinsko-ekološke členitve Slovenije (Natek et al. 1994) smo ocenili, da obsegajo jedra kmetijskih zemljišč, ki so od roba gozdne matice oddaljena nad 1 km. Nad 500 m razdalje od robov gozdne matice smo ocenili še na kmetijskih zemljiščih v Velikolaški pokrajini, Poljanski dolini, na Velikih Poljanah, Malem Logu, Kočevski reki, Starem Logu in Moravi.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Predstavljeni model človekovih koridorjev na kočevskem območju smo razvili, da bi ga uporabili v zasnovi nadzora gozdnate krajine. Na podlagi tega modela smo primerjali tudi prostorsko strukturo nekdanjih in današnjih kmetijskih zemljišč. Ocenili smo, da so današnja raba prostora in človekovi koridorji le ostanek nekdanje kmetijske rabe. Danes je v človekovih koridorjih ter na kmetijskih in urbanih zemljiščih zajetih le še 44 % nekdanjih vaških, njivskih in travniških površin, ki smo jih na Kočevskem ocenili po podatkih jožefinskega kartiranja iz 18. stoletja (Hladnik 1998). V prostorskem planu za predlagani regijski park Kočevsko-Kolpa so določili (Simič 1995), da je treba ohraniti kmetijska zemljišča v

sedanjem obsegu, ohraniti pa je treba tudi temeljne značilnosti parcelne strukture.

Oboje bo mogoče uresničiti zlasti na vplivnem območju današnjih koridorjev, kajti tam je razvita infrastruktura, oblikovani so prometni tokovi v regiji ter povezave s sosednjimi regijami. Ker na Kočevskem te tokove in povezave določa zlasti cestno omrežje, smo model človekovih koridorjev primerjali tudi s podatki Direkcije republike Slovenije za ceste (1998) o kategorizaciji cest in dnevnem povprečju števila motornih vozil po posameznih cestnih odsekih. Po teh podatkih so v letu 2000 na območju najvplivnejšega koridorja, ki povezuje Velikolaško pokrajino in Kočevsko polje, našteali povprečno do 5400 motornih vozil na dan. V koridorjih drugega reda so našteali do polovice tega števila motornih vozil, ceste v koridorjih tretjega reda pa niso bile vselej kategorizirane, tako da za 7 ocenjenih koridorjev ni bilo podatkov o povprečni dnevni obremenitvi. Na tej ravni tudi ni bilo več skladnosti med hierarhično zasnovano našega modela in kategorizacijo cestnega omrežja. To tudi ni bil namen našega dela, kajti želeli smo oblikovati izhodišča, po katerih bo mogoče ocenjevati tudi demografska gibanja ter podati usmeritve za razvoj poselitve in drugih dejavnosti v prostoru, ki neposredno vplivajo na gospodarjenje z gozdovi. Take ocene in usmeritve so del splošnega opisa gozdnogospodarskega območja, ki ga je treba izdelati po novem Pravilniku o gozdnogospodarskih načrtih in gozdnogojitvenih načrtih (1998). V pred-stavljenem modelu človekovih koridorjev imata pomembno težo zlasti obseg kmetijskih zemljišč in poselitev v gozdni krajini. Na žalost v letošnjem letu še ni bilo mogoče presojati o morebitnih spremembah, ki bi jih ocenili na podlagi novega popisa prebivalstva na Slovenskem.

VIRI IN LITERATURA

- Anko, B. 1986: Role of the forest in the energy flow of a mountain farm.- V: Proceedings of the 18th IUFRO World Congress, Div. I., Vol. 1, Ljubljana 1986, s. 19-30.
- DRSC 1998: Pregledna karta cestnega omrežja Republike Slovenije.- Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG, Direkcija Republike Slovenije za ceste, 1998.
- Eastman, J. R. 1999: Guide to GIS and Image Processing. Volume 1.- Worcester, Idrisi Production, Clark University, 193 s.
- ESRI 1996: PC ARC/INFO Version 3.5 - User's manual.- Redlands, Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Forman, R.T.T., Godron, M. 1986: Landscape Ecology.- John Wiley and Sons, New York, 619 s.
- Forman, R. T. T. 1995: Land Mosaics - The ecology of landscapes and regions.- Cambridge, Cambridge University Press, 632 s.
- Gabrijelčič, P. 1985: Urejanje in varstvo kulturne krajine.- Univerza v Ljubljani, FAGG, magistrska naloga, Ljubljana, 457 s.
- Gašperšič, F. 1995: Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi.- Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, 403 s.
- Glavan, B. 2000: Geoinformacijska podpora načrtovanju gospodarjenja z gozdovi v Zavodu za gozdove Slovenije.- Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999-2000, Zbornik referatov simpozija. Ljubljana, ZRC SAZU, Zveza geografskih društev Slovenije, Zveza Geodetov Slovenije, 2000, s. 67-74.

- GURS 1992: Podatki ROTE in EHIŠ za občini Kočevje in Ribnica. RS Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava.
- GZS 1981: Pregledna karta občine Kočevje.- Geodetski zavod Slovenije, Geodetska uprava občine Kočevje, 1981.
- GZS 1992: Kočevsko z gornjo Kolpsko dolino in obrobjem Bele krajine. Izletniška karta.- Geodetski zavod Slovenije, 1992.
- GZS 1993: Potovanje po Turjaku, Velikih Laščah in Robu z okolico.- Geodetski zavod Slovenije, Občina Vič-Rudnik, 1993.
- GZS 1994: Ribniška dolina. Turistična karta.- Geodetski zavod Slovenije, Turistično društvo Ribnica in Občina Ribnica, 1994.
- Helsinki 1995: Interim report on the follow-up of the second Ministerial Conference.- Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993 in Helsinki, Liaison Unit in Helsinki, 255 s.
- Hladnik, D. 1998: Nadzor gozdnih ekotopov na velikoprostorski ravni za sonaravno gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino.- Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 286 s.
- Hladnik, D. 2002: Vzajemnost fiziografskih dejavnikov in vegetacije ter rabe prostora na Kočevskem.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, (v tisku).
- Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M. 1992: Zasnova prostorskega informacijskega sistema (PIS/GIS) kot podlage za večnamensko gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino.- V: Dela 9 - Zbornik Simpozija Geografski informacijski sistemi v Sloveniji. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana, 1992, str. 153-167.
- Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M. 1996: Ecological Monitoring of Preserved Forested Landscapes in Slovenia by Means of Remote Sensing and GIS.- V: Saramaeki, J., Koch, B., Lund, H.G. (ur.). Remote Sensing and Computer Technology for Natural Resource Assessment. Joensuu, The University of Joensuu, Research Notes 48, 1996, s. 95-118.
- Kvamme, K., Oštir-Sedej, K., Stančič, Z., Šumrada, R. 1997: Geografski informacijski sistemi.- Ljubljana, ZRC SAZU, 476 s.
- Marušič, I. 1996: Metodologija načrtovanja gozdne krajine - nekatera teoretična izhodišča.- Gozdarski vestnik, 54, 9, s. 416-424.
- McGarigal, K., Romme, W.H., Crist, M., Roworth, E. 2001: Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA).- Landscape Ecology, 16, 327-349.
- Myers, N., Nath, U.R., Westlake, M. 1991: Gaia, modri planet.- Ljubljana, Mladinska knjiga, 269 s.
- Natek, K., Natek, M., Plut, D., Špes, M. 1994: Študija ranljivosti okolja in osnove za pravo podzakonskega akta.- Inštitut za geografijo, Ljubljana, 73 s.
- Naveh, Z., Lieberman, S. 1984: Landscape Ecology.- Springer-Verlag, New York, 356 s.
- Naveh, Z. 1994: Introduction to landscape ecology as a practical transdisciplinary science of landscape study, planning and management.- V: Cattaneo, D., Semenzato, P. (ur.). Atti del XXXI Corso di Cultura in Ecologia. S. Vito di Cadore, s. 1-48.
- Naveh, Z. 1998: Ecological and Cultural Landscape Restoration and the Cultural Evolution towards a Post-Industrial Symbiosis between Human Society and Nature.- Restoration Ecology, 6, 2, s. 135-143.
- Ogulin, A., Šubic, Š. 1996: Uporaba GIS-a pri presoajah vplivov posegov v gozdni prostor.-

- Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1995-1996, Zbornik referatov simpozija. Ljubljana, Zveza geografskih društev Slovenije, Zveza Geodetov Slovenije, 1996, s. 93-98.
- Orožen-Adamič, M., Perko, D., Kladnik, D. 1995: Krajevni leksikon Slovenije.- Ljubljana, DZS, 1995, 638 s.
- Pirnat, J. 1999: Naravni in umetni energijski tokovi v gozdnih in kmetijskih ekosistemih Kočevske.- Geografski zbornik, XXXIX, s. 29-50.
- Plut, D. 1999: Regionalizacija Slovenije po sonaravnih kriterijih.- Geografski vestnik, 71, s. 9-25.
- Prelesnik, A. 1992: Zgodovinski oris območja Kočevskega naravnega parka.- Kočevski naravni park, Gozdno gospodarstvo Kočevje, 6 s.
- Prosen, A. 1993: Sonaravno urejanje podeželskega prostora.- Ljubljana, Katedra za prostorsko planiranje na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, 1993, 179 s.
- Simič, S. 1995: Celovit prostorski plan za regijski park Kočevsko-Kolpa.- Novo mesto, Acer, Krajinska arhitektura in varstvo okolja d.o.o., 1995, 38 s.
- Skidmore, A.K., Bijker, W., Schmidt, K., Kumar, L. 1997: Use of remote sensing and GIS for sustainable land management.- ITC Journal, 3/4, s. 302-315.
- Vos, W., Stortelder, A. 1992: Vanishing Tuscan landscapes. Landscape ecology of a Submediterranean-Montane area (Solano Basin, Tuscany, Italy).- Pudoc Scientific Publishers Wageningen, 404 s.
- Zonneveld, I.S. 1989: The land unit - A fundamental concept in landscape ecology and its applications.- Landscape Ecology 3, 2, s. 67-86.
- Walker, L.R., Willig, M.R. 1999: An introduction to terrestrial disturbances.- Ecology of Disturbed Ground, Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands (In Press).
- Pravilnik o gozdnogospodarskih in gojitvenih načrtih.- Ur.l.RS št. 5-242/98.

UPORABA DALJINSKEGA ZAZNAVANJA PRI OPAZOVANJU PLAZU V LOGU POD MANGARTOM

Krištof Oštir*, Tatjana Veljanovski**, Tomaž Podobnikar*
in Zoran Stancič*

UDK 550.3:528.8(497.4 Log pod Mangartom)

Izvilleček

Uporaba daljinskega zaznavanja pri opazovanju plazu v Logu pod Mangartom

Območje zgornjega Posočja je 17. novembra leta 2000 prizadela ena hujših naravnih nesreč v Sloveniji. Zaradi dolgotrajnega deževja in spleta neugodnih okoliščin se je s pobočja Mangarta utrgal uničujoč plaz. Del strokovno večplastnih raziskav namenjenih raziskovanju vzrokov in posledic plazu je predstavljala tudi obdelava satelitskih posnetkov in njihova povezava v sistem GIS. V prispevku želimo predstaviti uporabnost satelitskih posnetkov kot vir podatkov za tovrstne situacije.

Posnetke smo pridobili v okviru projekta »Vesolje in velike nesreče«. Radarske posnetke, narejene pred in po nesreči, smo uporabili za določanje vlažnosti tal in opazovanje »odtekanja« vode. Optične posnetke smo skupaj z digitalnim modelom višin InSAR DMV 25 uporabili za analizo plazu in njegovega vplivnega območja. Izdelali smo karto rabe tal ter s primerjavo stanja pred in po dogodku opazovali škodo, ki jo je plaz povzročil.

Ključne besede

naravne nesreče, plazovi, daljinsko zaznavanje, digitalni model reliefa

Abstract

Use of remote sensing in Log pod Mangartom landslide observation

On November 17th 2000 devastated landslide occurred on the slopes of Mount Mangart in the upper Posočje region, Slovenia, as a direct consequence of extreme rainfall and assortment of several inconvenient circumstances. Poly-stratified research was immediately destined for exploration of causes and the slide's consequences. As a part of these attempts also remote sensing and integration of remotely sensed data to GIS was approached. Hereof, a usefulness of satellite images as most convenient data source in hazard events is demonstrated.

Satellite images were acquired within a "Space and Major Disaster" Charter. Before and after radar images were used to detect soil moisture and to observe the changes in water runoff. Optical images together with DEM were used for analysis and determination of areas affected by the slide. And finally, generated before and after land use maps proved to be highly useful for prompt damage estimation purposes.

Keywords

natural disasters, landslides, remote sensing, digital elevation model

* dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, kristof@zrc-sazu.si, tomaz@zrc-sazu.si, zoran@zrc-sazu.si

** Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, tatjanav@zrc-sazu.si

1 UVOD

Po dolgotrajnem in močnem deževju je 15. novembra 2000 izpod grebena Stože spolzela po grapi Mangartskega potoka večja količina morenskega in pobočno gruščnatega materiala. Gmota materiala se je več ur zadrževala in se zaradi obilnih padavin, dotoka Mangartskega potoka in drugih manjših pritokov prepajala z vodo, takorekoč »utekočinjala«. Nekaj minut po polnoči v noči s 16. na 17. november je utekočinjena gmota odtekla kot blatno gruščnati tok po grapi Mangartskega potoka in soteski Predelice. Tok je dosegel in na debelo zapolnil spodnji del doline Predelice, pri tem odnesel most čez Predelico in več poslopij Gorenjega Loga pod Mangartom ter se razlil v dolino Koritnice.

Po ocenah strokovnjakov naj bi se pri tem dogodku premaknilo okoli 3.000.000 m³ materiala, ki je s hitrostjo med 8 in 15 m/s opravil svojo pot v nekaj minutah (Vitrum 2000, UVI 2000). Veliki tokovi drobirja (plazovi) predstavljajo zaradi velike mobilnosti in transportne zmožnosti enega izmed energetsko najmočnejših gravitacijskih transportnih mehanizmov. Posledično s tem so praviloma tudi nastale škode v pokrajini in na objektih velike. Poleg dveh odnešenih mostov in ceste ter številnih uničenih poslopij in opazno spremenjena videza pokrajine je plaz zahteval tudi sedem človeških življenj (UVI 2000).

Razlogi, ki so botrovali dogodku so najverjetneje povezani z geomorfološko sliko in geološkimi ter seizmološkimi lastnostmi območja. Pobočje zahodno od Mangarta je sestavljeno iz karbonatnih in klastičnih kamnin. Zgornji del plazišča je oblikovan v zgornje triasnih formacijah (skrilavci, tufi, lapor, peščenjaki in dolomit), spodnji del plazišča pa je oblikovan v glacialnem (morene) in periglacialnem materialu. Na obravnavanem območju so med masivnimi in plastnatimi dolomiti zgornje triasne, karnijske in norijske starosti, ukleščene in na bokih s prelomi omejene slabo prepustne karnijske karbonatno klastične kamnine, ki neugodno upadajo v smeri pobočja. V zgornjem delu, na višini približno 1600 m, se je ob odlomnem robu razkrila prelomna ploskev, ob kateri je bil nižje ležeči blok pogreznen. Na to stopničasto nepropustno podlago je bil v pleistocenu odložen ledeniški tilni ali presedimentirani tilni material, ki izvira v veliki meri iz talninskih karnijskih karbonatno klastičnih kamnin in je bogat z muljasto komponento. Na njem je odložen še dolomitni pobočni grušč. V zgornjem delu tega materiala so bila ponekod opažena območja manjših, starejših plazov. Neposreden povod za samo sprožitev plazov in oblikovanje toka drobirja je nedvomno bilo dolgotrajno deževje. Zaradi neprepustne podlage se je til ali presedimentiran til povsem prepojil z vodo, porni vodni pritisk je močno narasel in povzročil hitro »utekočinjenje« peščeno muljasto gruščnatega sedimenta v tekočo maso in ta je naposled stekla (Čar in Skaberne 2000).



Slika 1: Posledice plazov v naravi (foto Igor Modic).

Kmalu po nesreči je bila vzpostavljena ekspertna skupina za nadzor območja pod grebenom in stabilizacijo plazu Stože. Območje je bilo sila težko in nevarno dostopno, saj nevarnost plazov ni minila. Med posebne naloge skupine strokovnjakov je spadala tudi ocena škode, ki jo je dogodek povzročil ter ugotavljanje in prepoznavanje možnih vzrokov plazu ter možnosti nadaljnjega premikanja zemeljskih gmot. Skupina je pri svojem delu uporabila vso razpoložljivo tehnologijo, med drugim tudi daljinsko zaznavanje in geografske informacijske sistem.

Prispevek v nadaljevanju podaja rezultate raziskave, ki je bila opravljena. Predstavljeni so uporabljeni satelitski posnetki, tehnike obdelave ter vrednotenje uporabne vrednosti podob opazovanih iz različnih sistemov (ERS, RADARSAT, SPOT in Landsat) za opazovanje plazu ter merjenje in ocenjevanje posledic v naravi. Predstavljena je tudi statistična analiza plazu in njegovega vplivnega območja glede na najpomembnejša naravna dejavnika, to je rabo tal in relief.

2 DALJINSKO ZAZNAVANJE

Takoj po nesreči je bila oblikovana skupina strokovnjakov, katere glavna naloga je bila analiza plazu in iskanje njegovih vzrokov. Omenjena skupina je del dejavnosti namenila tudi analizam plazu s tehnologijo daljinskega zaznavanja in geografskih informacijskih sistemov. Nekaj dni po nesreči je bila za sodelovanje zaprošena Evropska vesoljska agencija (European Space Agency, ESA). Slednja je skupaj s Kanadsko vesoljsko agencijo (Canadian Space Agency, CSA) in francoskim Centrom za vesoljske raziskave (Centre National d'Etudes Spatiales, CNES) le nekaj tednov pred nesrečo pod Mangartom pričela izvajati program »Vesolje in velike nesreče« (Space and Major Disasters). Glavni namen programa je širše izkoriščanje možnosti, ki jih nudi vesoljska tehnologija (daljinsko zaznavanje, komunikacije) v primeru naravnih nesreč. Plaz v Logu pod Mangartom predstavlja prvo študijo, ki je bila izvedena v njegovem okviru.

Skupaj s strokovnjaki Evropske vesoljske agencije je bil oblikovan načrt zajema podatkov. Vse tri agencije so naslednjih nekaj tednov s svojimi sateliti sistematično opazovale območje zahodne Slovenije in izmed zajetih podob izbrale najboljše. Posnetke, uporabljene v študiji, prikazuje preglednica 1. Skupaj smo analizirali 13 satelitskih posnetkov iz obdobja med leti 1992 in 2000, in sicer:

- pet posnetkov ERS (tako 1 kot 2),
- dva posnetka RADARSAT,
- štiri posnetke SPOT (dva pankromatska in dva multispektralna) in
- dva posnetka Landsat.

Kot dodatni sloj je bil v analizah uporabljen digitalni model višin, ustvarjen z interferometrijo iz radarskih satelitskih posnetkov.

Organizacija	Satelit	Vrsta	Datum zajema	Čas zajema	Datum prejema
ESA	ERS	radarski	1999-11-05	9:56	2000-11-30
ESA	ERS	radarski	2000-11-24	9:56	2000-11-30
CSA	RADARSAT	radarski	1998-10-25	17:02	2000-12-13
CSA	RADARSAT	radarski	2000-12-01	17:02	2000-12-13
CNES	SPOT	optični	2000-08-19	10:08	2000-12-14
CNES	SPOT	optični	2000-08-21	10:08	2000-12-14
CNES	SPOT	optični	2000-11-29	9:58	2000-12-14
CNES	SPOT	optični	2000-11-29	10:11	2000-12-14
ESA	ERS	radarski	1998-03-20	9:56	pred nesrečo
ESA	ERS	radarski	1998-04-24	9:56	pred nesrečo
ESA	ERS	radarski	1998-05-29	9:56	pred nesrečo
ESA	Landsat	optični	1992-08-18	9:14	pred nesrečo
ESA	Landsat	optični	1999-09-15	9:14	pred nesrečo

Preglednica 1: Satelitski posnetki, uporabljeni v študiji. Prvih osem posnetkov je bilo pridobljenih v okviru programa »Vesolje in velike nesreče«.

Prvi korak, ki je bil opravljen še pred resno analizo, je bil vizualni pregled posnetkov. Plaz je bilo mogoče posredno ali neposredno zaznati na vseh podobah, ki so jih sateliti zajeli po nesreči. Gre za posnetke ERS-2 (2000-11-24), RADARSAT (2000-12-01) in SPOT (2000-11-29).

Osnovnemu pregledu je sledilo geokodiranje in obdelava. Vse posnetke je bilo potrebno georeferencirati v državni koordinatni sistem, to je v Gauss-Kruegerjevo projekcijo na Besselovem elipsoidu. Gre za pomemben korak, ki ga je potrebno izvesti zelo natančno, saj je od njega odvisna natančnost in uspešnost naslednjih postopkov. Sami posnetki sicer vsebujejo osnovne podatke o položaju, ki pa so po naših izkušnjah za nadaljnje obdelave premalo natančni in torej neuporabni. Geokodiranje optičnih posnetkov SPOT je bilo razmeroma enostavno, precej več težav pa so povzročali radarski posnetki. To je bilo sicer pričakovano, a kljub temu dokaj neprijetno, zato je bilo treba deloma uporabiti tudi tehnike samodejne registracije. Z njimi so bili pari podob ERS in RADARSAT najprej poravnani med seboj in šele nato je bil tako ustvarjeni kompozit referenciran glede na karto. Na ta način so se napake pri medsebojni registraciji podob zmanjšale na zanemarljivo vrednost.

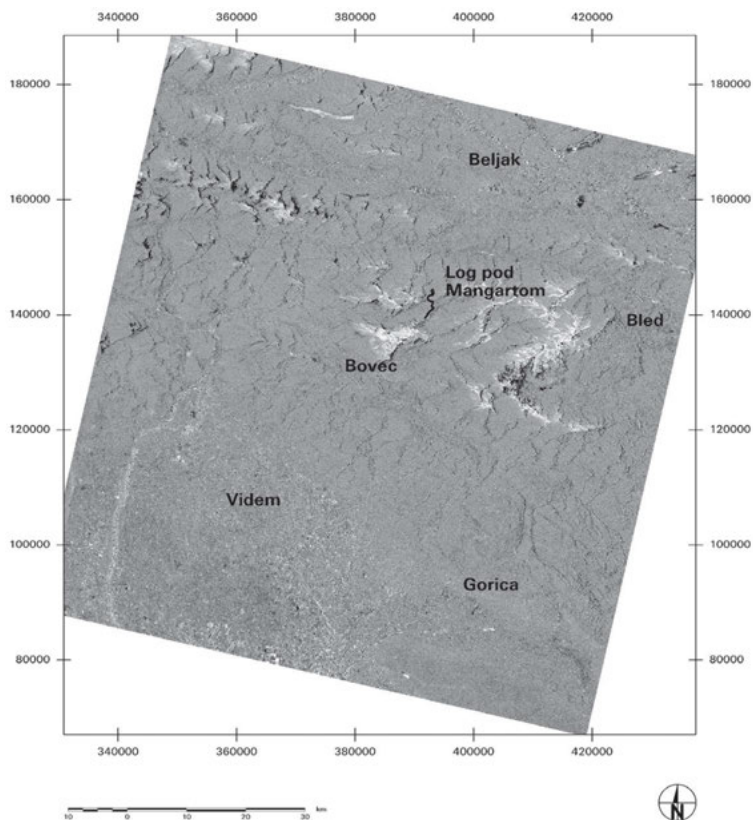
Georeferencirane satelitske posnetke smo vključili v sistem GIS, skupaj z drugimi razpoložljivimi podatki (posnetki Landsat, plastjo rabe tal, digitalnim modelom višin ...). Naslednji razdelki podajajo osnovno interpretacijo posnetkov.

2.1 ERS

Podobe satelita ERS so bile v okviru projekta uporabljene na dva načina, in sicer za izdelavo digitalnega modela višin in za opazovanje lastnosti površja v času zemeljskega plazu. Že v začetku leta 2000 je bil z radarsko interferometrijo izdelan digitalni model Slovenije – InSAR DMV 25 (Oštir 2000). Glavni namen njegove izdelave je bila študija uporabnosti posnetkov ERS v razgibanem površju, poleg tega pa je bil model uporabljen

tudi v nekaterih analizah, recimo pri zaznavanju premikov ob potresu, ki je Posočje prizadel aprila 1998. Model reliefa je bil za območje plazu izdelan iz večjega števila delnih modelov, ustvarjenih iz sedmih podob ERS-1 in 2, tako iz spuščajoče kot tudi iz dvigajoče tirnice satelita. Poleg tega je bil upoštevan tudi obstoječi slabši model DMV 100 z ločljivostjo 100 m. Z napredno kombinacijo več interferogramov lahko namreč znatno izboljšamo natančnost digitalnih modelov višin (Oštir 2000; Gens 1998). Ustvarjeni model ima skupno višinsko natančnost približno 8 m, pri čemer je v nižinah natančnost boljša od 2 m, medtem ko je v višinah slabša od 10 m.

Podobe ERS so bile uporabljene tudi za opazovanje lastnosti površja, predvsem vlažnosti, v času nesreče. Dva posnetka satelita ERS-2 sta bila ustvarjena – v približno enakih razmerah – pred (1999-11-05) in po plazu (2000-11-24). Podobi sta bili poravnani s podpikslo natančnostjo in nato georeferencirani. Karta na sliki 2 prikazuje razliko posnetkov ERS, zajetih 24. novembra 2000 in 5. novembra 1999. V okolici plazu lahko vidimo obsežno območje povečane vlažnosti. Površine, ki so obrnjene proti radarju, in večja mesta (Gorica, Videm in Beljak) so zelo svetla zaradi koherence odboja na obeh posnetkih.

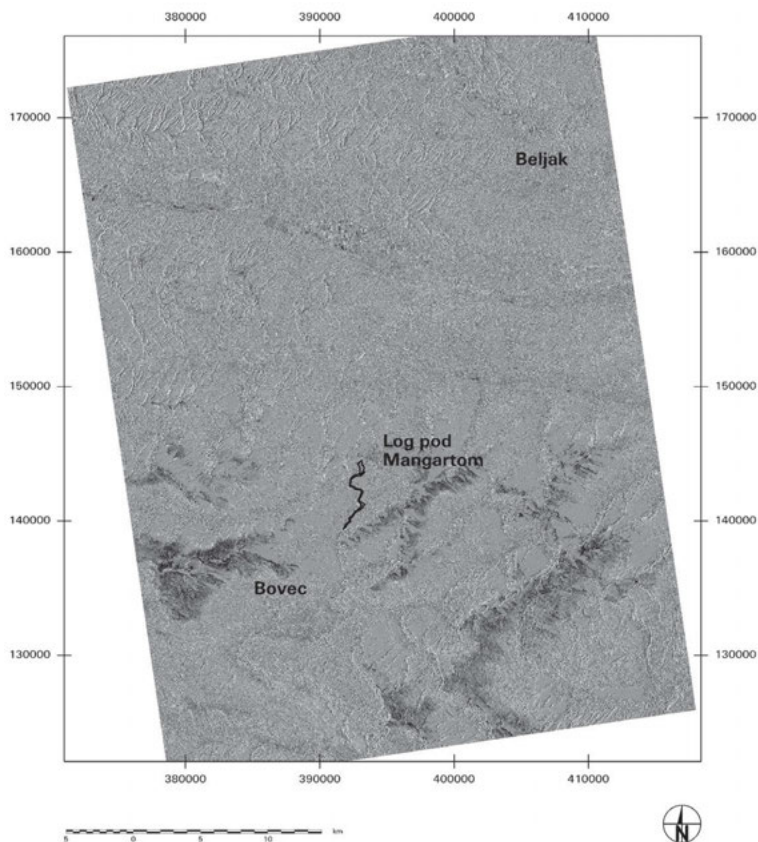


Slika 2: Razlika satelitskih posnetkov ERS.

2.2 RADARSAT

Uporabljene podobe RADARSAT imajo zelo dobro prostorsko ločljivost, saj so bili posnetki ustvarjeni v tako imenovanem drobno žarkovnem načinu (fine beam mode). Posnetki imajo drugačen tudi kot gledanja kot ERS (ERS 23°, RADARSAT 42°), poleg tega pa ima RADARSAT za opazovano območje prikladnejšo smer gledanja (dvigajoča proti padajoči tirnici). Rezultati, ki jih je satelit ustvaril, so zato jasnejši kot pri podobah ERS, kljub dejstvu, da gre za dokaj razgibano površje, ki omejuje uporabo radarskih posnetkov nasploh.

Na satelitski karti, ustvarjeni iz podob RADARSAT, lahko opazimo nekaj značilnosti (slika 3). Na karti je podobno kot za satelit ERS prikazana razlika podob, zajetih 1. decembra 2000 in 25. oktobra 1998. Svetla področja prikazujejo območja povečane vlažnosti, ki jih lahko opazimo na celotnem območju Alp. Kljub temu pa vlažnost ni tako velika kot na posnetkih ERS. Glavni razlog za to je dejstvo, da so bili posnetki RADARSAT ustvarjeni nekaj dni za posnetki ERS, po tem ko je dež že prenehal. Poleg vlažnosti lahko na karti opazimo tudi sneg, ki je zapadel le nekaj dni preden je RADARSAT posnel območje.



Slika 3: Razlika satelitskih posnetkov RADARSAT.

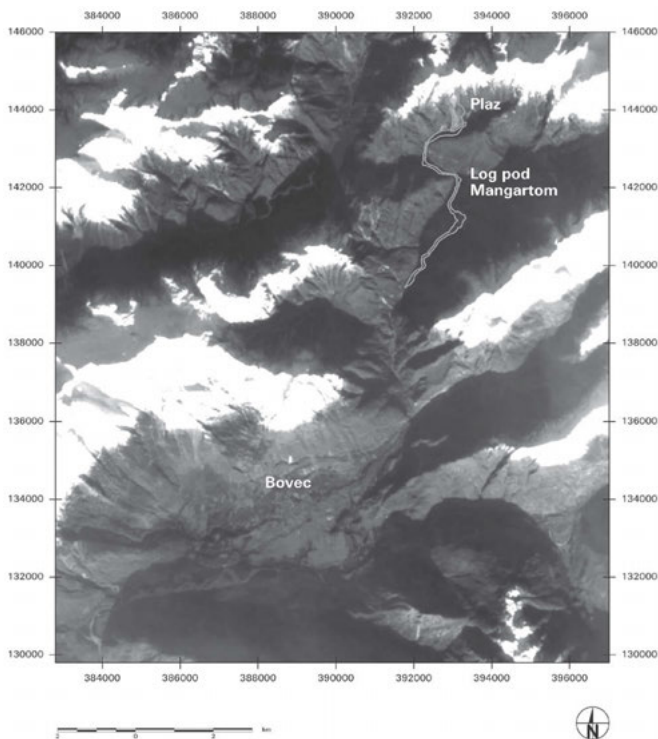
2.3 SPOT

Natančnejše analize nesreče so omogočile podobe satelita SPOT, in sicer tako samostojno kot v povezavi z radarskimi podobami. Za opazovanje plazu in njegovih posledic sta bila uporabljena dva pankromatska (2000-08-21 in 2000-11-29) in dva multispektralna (2000-08-19 in 2000-11-29) posnetka. Kot je vidno na sliki 5 je plaz občutno spremenil površje v okolici Loga pod Mangartom. Po ocenah je bilo v celoti uničenih skoraj 76 ha gozda, kmetijskih in urbanih površin.

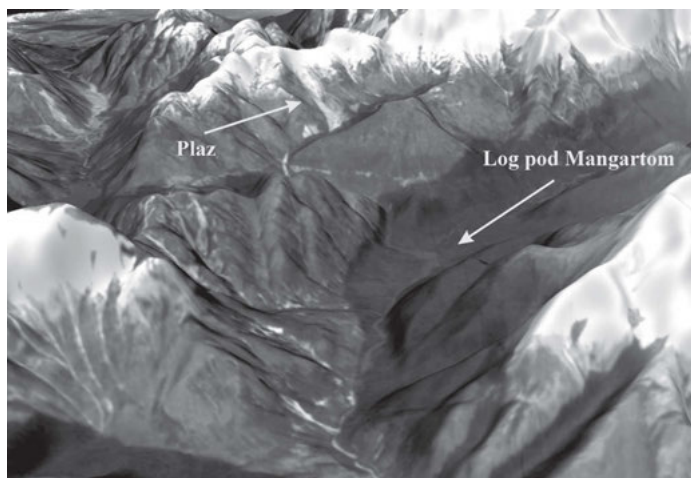
Interpretacija posnetkov SPOT je omogočila pridobivanje natančnih podatkov o plazu in primerjavo stanja pred in po katastrofalnem dogodku (slikah 4). Posledice plazu so vidne ne le na pobočju Mangarta in v okolici Loga, ampak tudi vzdolž rek Predelice, Koritnice in Soče. Plaz lahko po skoraj dveh tednih opazimo več kot 20 km niže v koritu Soče. Celotno območje plazu obsega približno 26 ha, njegovo vplivno območje (blatno-gruščnati tok) pa dodatnih 50 ha.

Analiza optičnih podob satelita SPOT je bila enostavnejša od analize radarskih ERS in RADARSAT. Kljub temu je precej težav povzročil nizek položaj sonca v novembru, zaradi katerega so sence velike in zelo poudarjene. Poleg tega je na novembrskem posnetku v višjih predelih sneg (slika 4), na avgustovskem pa je nekaj oblakov.

Podrobnejša statistična analiza plazu in povzročene škode je predstavljena v naslednjih razdelkih.



Slika 4: Satelitski posnetek SPOT, ustvarjen po plazu (2000-11-29).



Slika 5: Perspektivni pogled območja plazu. Prek digitalnega modela višin je napet izostren posnetek satelita SPOT.

3 ANALIZA OBMOČJA PLAZU

Interpretacija satelitskih posnetkov daje uporabne rezultate, vendar so ti ponavadi le vir podatkov za analize z geografskimi informacijskimi sistemi. Vse v študiji uporabljene podobe so bile zato skupaj z digitalnim modelom višin in karto rabe tal integrirane v geografsko zbirko podatkov.

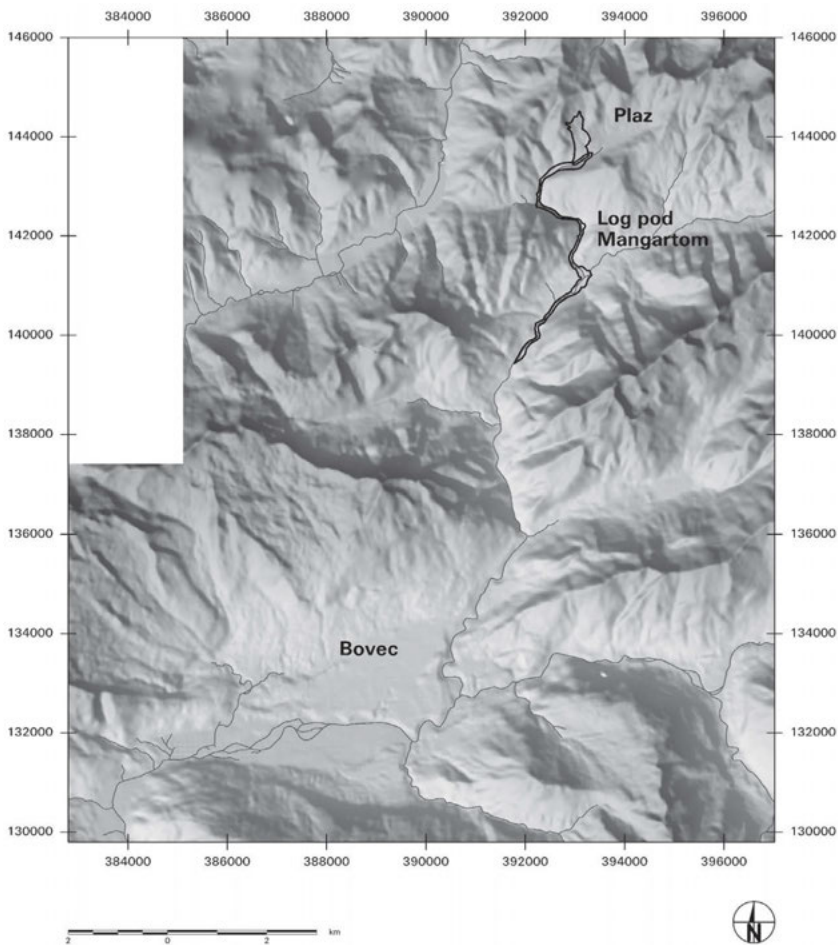
Pred nadaljnjimi analizami sta bili določeni območji plazu in njegovega vpliva. Zaradi dobre prostorske in spektralne ločljivosti so bili za ta namen uporabljeni satelitski posnetki SPOT, zajeti 29. novembra 2000. Ocenjena površina celotnega območja plazu, to je površina zdrskega pobočja (plazišča), je 25,7 ha. Plaz je potoval več kilometrov vzdolž Mangartskega potoka, Predelice in Koritnice. Površina dodatnega območja uničenja v dolini je 50,1 ha. Celotno območje, ki ga je plaz uničil, ima torej površino 75,8 ha.

3.1 Digitalni model višin

Kot je bilo že omenjeno, je bil v študiji uporabljen digitalni model višin, izdelan za radarsko interferometrijo iz posnetkov ERS (slika 6). Višine na prikazanem območju se razprostirajo med malo manj kot 500 m in več kot 2500 m, položaja plazu in njegovega vplivnega območja pa sta prikazana z vektorjem. Iz modela višin sta bili ustvarjeni tudi karti naklona in usmerjenosti površja. Povprečno višino, naklon in usmerjenost plazu in njegovega vplivnega območja podaja preglednica 2.

		Plaz	Vplivno območje
Višina (m)	Povprečje	1386	824
	Std. odkl.	109	243
Naklon (%)	Povprečje	24	19
	Std. odkl.	6	12
Usmerjenost (°)	Povprečje	161	224
	Std. odkl.	25	83

Preglednica 2: Višina, naklon in usmerjenost plazu in njegovega vplivnega območja.



Slika 6: Digitalni model višin InSAR DMV 25, ki je bil ustvarjen z radarsko interferometrijo iz posnetkov ERS.

Kot lahko razberemo iz preglednice 2, se je plaz sprožil na povprečni višini skoraj 1400 m, in sicer na zelo strmem pobočju (24 %), usmerjenem proti jugovzhodu (161°). Standardni odklon je relativno majhen tako za naklone kot za usmerjenost, kar kaže, da je območje plazu razmeroma homogeno. Vplivno območje plazu leži precej nižje, na povprečni višini približno 800 m. Je prav tako dokaj strmo (19 %) in usmerjeno proti jugozahodu (224°). Vplivno območje je bolj heterogeno, saj so standardni odkloni dva do trikrat večji kot pri plazu.

3.2 Raba tal

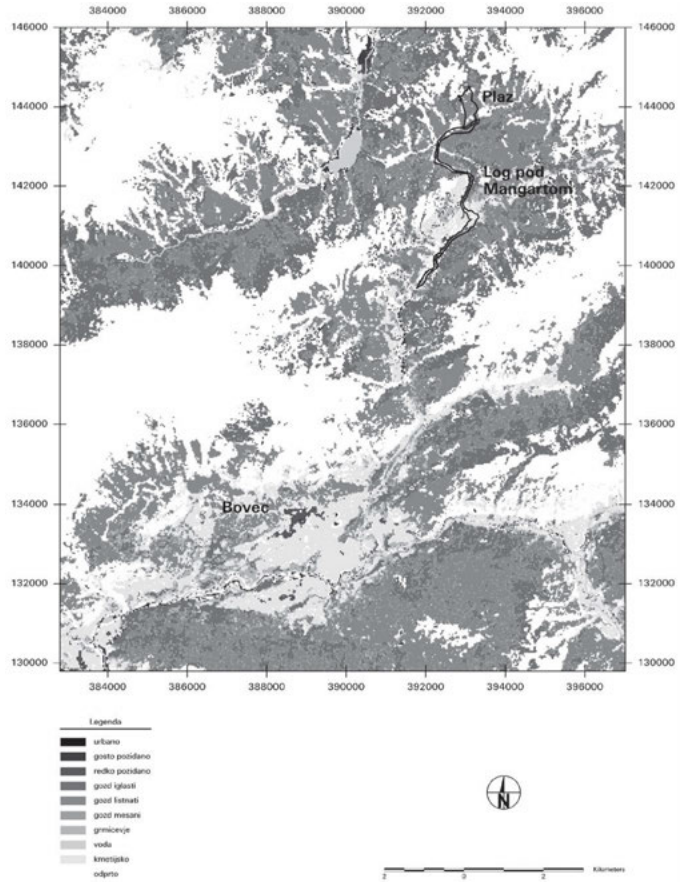
Raba tal je poleg digitalnega modela reliefa najpomembnejši podatek o okolju. Karta rabe tal za območje plazu je bila izdelana iz satelitskih posnetkov Landsat in SPOT. Pri tem so bili uporabljeni bili vsi netermični kanali; slednji s svojo slabšo prostorsko in radiometrično ločljivostjo k izboljšanju klasifikacije ne pripseva. Uporabljena je bila tehnika klasične nadzorovane klasifikacije z desetimi razredi:

- urbano,
- gosto pozidano,
- redko pozidano,
- iglasti gozd,
- listnati gozd,
- mešani gozd,
- grmičevje,
- voda,
- kmetijsko in
- odprto.

Za vsakega izmed razredov je bilo na širšem območju določenih več učnih vzorcev. Testne površine so bile določene z interpretacijo podob, primerjavo s kartami in poznavanjem površja. Vzorci za posamezne razrede so se razlikovali po geografskem položaju, recimo višini, usmerjenost in naklonu. Razdelitev v razrede je bila izvedena s »klasično« klasifikacijo največje verjetnosti (Lillesand in Kiefer 1994; Sabins 1997). Poleg tega so bile uporabljene naprednejše tehnike, recimo modeliranje z upoštevanjem višine in »mešanje« gozdov. Z upoštevanjem nadmorske višine je bilo mogoče ločiti spektralno zelo podobne razrede, predvsem gole skale od urbanih območij. Mešanje gozdov pa iz površin s približno enakim deležem iglastega in listnatega gozda ustvari mešani gozd. Ocenjena atributna natančnost klasifikacije znaša približno 90 %, kar je sorazmerno dober rezultat. Ustvarjeno karto rabe tal prikazuje slika 7.

Rezultati analize vpliva plazu na posamezne kategorije rabe tal so prikazani v preglednici 3 in na sliki 8. Plaz s površino 25,7 ha je uničil v glavnem gozd, od katerega je največ listnatega (74 %), nekaj pa tudi mešanega (9 %) in iglastega (4 %). Znatno del površine plazu predstavljajo tudi odprte površine (14 %). Vplivno območje plazu s površino 50,1 ha pa je precej bolj heterogeno. Skoraj polovico njegove površine predstavljajo gozdovi, (20 % iglasti, 12 % listnati, 11 % mešani in 7 % grmičevje). Na vplivnem območju je sorazmerno velik del pozidanih površin (3 %) in posameznih hiš (4 %), skupaj kar 3,6 ha. Pomemben je tudi del kmetijskih površin, ki znaša 9,4 ha ali 19 % celotnega vplivnega območja plazu. Druga prisotna razreda sta še voda (Mangartski potok, Predelica in Koritnica, skupaj 8 %) in odprte površine (16 %).

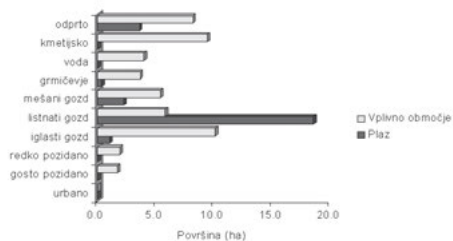
Slika 7: Karta rabe tal, ustvarjena iz satelitskih posnetkov Landsat in SPOT



Razred	Plaz		Vplivno območje	
	Površina (ha)	%	Površina (ha)	%
Urbano	0,0	0 %	0,0	0 %
gosto pozidano	0,0	0 %	1,7	3 %
redko pozidano	0,0	0 %	1,9	4 %
iglasti gozd	1,0	4 %	10,1	20 %
Listnati gozd	18,6	72 %	5,8	12 %
Mešani gozd	2,2	9 %	5,4	11 %
grmičevje	0,3	1 %	3,6	7 %
Voda	0,0	0 %	4,0	8 %
kmetijsko	0,0	0 %	9,4	19 %
Odprto	3,6	14 %	8,2	16 %
Skupaj	25,7	100 %	50,1	100 %

Preglednica 3: Raba tal na območju plazu in njegovem vplivnem območju.

Slika 8: Uničene površine po kategorijah rabe tal.



4 SKLEP

Nesreča, ki se je jeseni leta 2000 zgodila pod Mangartom, je dober primer uporabnosti tehnologije daljinskega zaznavanja in geografskih informacijskih sistemov. Plaz se je sprožil meseca novembra po več tednih močnega deževja, razsežnost dogodka pa je bila tolikšna, da je bilo mogoče opazovanje iz satelitov. Zaradi slabega vremena je bilo možno prvi uporabni posnetek SPOT narediti šele 12 dni po nesreči. Kljub temu pa zajete optične podobe dobro opisujejo razmere in jih v kombinaciji z arhivskimi podatki lahko uporabimo za ocenitev škode.

Spektralno bogate optične podatke dobro dopolnimo z radarskimi podobami, ustvarjenimi v štirih trenutkih pred in po plazu. Prvi radarski posnetek, uporabljen v študiji (ERS-2), je bil narejen sedem dni po nesreči, drugi (RADARSAT) še sedem dni kasneje. Zaradi razgibanega površja je na radarskih podobah plaz težko zaznati neposredno, povečano vlažnost pa lahko opazujemo še več tednov po nesreči. Več informacij o plazu bi lahko dobili z interferometričnim opazovanjem premikov, za kar pa ni bilo na voljo dovolj ustreznih podob.

V okviru študije je bila opravljena podrobna analiza satelitskih posnetkov, digitalnega modela višin in karte rabe tal. Plaz je bilo mogoče najbolj očitno zaznati na posnetkih SPOT, ustvarjenih 29. novembra 2000, ki so bili uporabljeni za določitev njegovega obsega in vplivnega območja. Celotno uničeno območje je veliko približno 76 ha, od česar je 26 ha samega plazu in 50 ha njegovega vplivnega območja. V analizah je bil uporabljen tudi digitalni model višin, ustvarjen z radarsko interferometrijo iz posnetkov ERS. Plaz je nastal na strmih jugovzhodnih pobočjih Mangarta, na povprečni višini približno 1400 m. Območje uničenja je nižje v dolini in je precej bolj heterogeno, tako glede višine kot tudi naklona in usmerjenosti. Za oceno škode je bila iz satelitskih posnetkov Landsat in SPOT ustvarjena karta rabe tal. Plaz je nastal na območju listnatega gozda (skoraj tri četrtine njegove površine), vplivno območje pa je tudi v tem primeru precej bolj heterogeno. Polovica je pokritega z gozdom, znatne pa so tudi kmetijske (9,4 ha) in urbane površine (3,6 ha).

Opazovanje plazu v Logu pod Mangartom je potrdilo uporabnost tehnologije daljinskega zaznavanja pri spremljanju naravnih nesreč. Kot posebej uspešen se je izkazal program »Vesolje in velike nesreče«. Opravljena raziskava je pokazala, da lahko satelitske posnetke uporabimo tako pri reševanju, ko potrebujemo sprotno opazovanje, kot pri oceni škode, ko je hitrost obdelave manj pomembna od visoke natančnosti rezultatov.

VIRI IN LITERATURA

- Blonda, P., Satalino, G., Baraldi, A., Wasowski, J., Parise, M., Refice, A., Pappalepore, M. 1999: Soft computing techniques for integration of SAR intensity and coherence images: an application to the study of a landslide-prone area. Proceedings of the 'Fringe 99' Workshop on ERS SAR Interferometry, European Space Agency. Liege.
- Čar, J., Skaberne D. 2000: Okrogla miza o Mangrtskem »plazu« v okviru seminarja Sekcije za sedimentarno geologijo. <http://www.zrc-sazu.si/ssg/december%202000.htm>
- Fruneau, B., Delacourt, C., Achache, J. 1997: Observation and modelling of the Saint-Etienne-de-Tinée landslide using SAR interferometry. Proceedings of the 'Fringe 96' workshop on ERS SAR interferometry, Guyenne, T.D., Danesy, D. (eds.), European Space Agency. Noordwijk, The Netherlands.
- Gens., R. 1998: Quality assessment of SAR interferometric data. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede, The Netherlands.
- Oštir, K. 2000: Analiza vpliva združevanja interferogramov na kakovost modelov višin in premikov. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1994: Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons. New York.
- Sabins, F.F., Remote sensing: principles and interpretation, Freeman, New York, 1997.
- UVI 2000: Danger not yet over in Log pod Mangartom. Urad vlade za informiranje. Ljubljana. http://www.uvi.si/eng/new/press/data/press/2000-11-20_2000-11-20-145644.html
- Vitrum 2000: Tragedy Below Mangart Mountain. Slovenia weekly, 46. Ljubljana.

TRIGLAVSKI NARODNI PARK IN NATURA 2000

Jurij Dobravec*

UDK 502.4(497.4):349.6

Izvleček

Triglavski narodni park in Natura 2000

Temeljni instrument varovanja narave v Evropski zvezi je program Natura 2000, ki temelji na predpisu, imenovanem Direktiva 92/43/EEC. Slovenija ima osnovo za uporabo tega predpisa v Zakonu o ohranjanju narave in ratificirani Bernski konvenciji. V nalogi smo prikazali, kako je že zbrane prostorske podatke o habitatnih tipih mogoče uporabiti pri vrednotenju narave na podlagi veljavnih predpisov. Kljub pomanjkljivostim, ki se jih moramo pri presoji teh podatkov zavedati, nam rezultati kažejo, da je za večji del narodnega parka glede na Naturo 2000 treba upoštevati posebna merila varstva narave.

Ključne besede

Varstvo narave, Triglavski narodni park, habitatni tip, upravljanje

Abstract

Triglav national park and Natura 2000

Natura 2000 program is a basic instrument of implementation of nature conservation in European union. It is based in Directive 92/43/EEC. Slovenia, as accession country can implement this Directive through Nature conservation law (Zakon o ohranjanju narave) and ratified Bern convention. Existing data on habitat types in the national park were used in an evaluation, performed on the basis of Slovenian and EU legislation. Despite incomplete database of habitat types, we find out, that a great part of park's area is (will be) under Natura 2000 protection.

Key words

Nature protection, Triglav national park, habitat type, management

1 UVOD

Območje sedanjega Triglavskega narodnega parka (TNP) predstavlja sorazmerno obsežen del Republike Slovenije, kjer dvajset let skušamo intenzivneje ohranjati naravo. Administrativna meja, ki jo je določil zakon o TNP leta 1981 je bila potegnjena na podlagi različnih strokovnih in družbenih meril, ki so bila uveljavljena v času nastajanja zakona. Danes, ob vse močnejšem uveljavljanju globalnega povezovanja, se v naravovarstvu uveljavljajo mednarodna merila.

Znanstveno raziskovalna služba TNP od leta 1995 razvija metodologijo kartiranja habitatnih tipov. Habitatni tip je zbirna kategorija pojavov v naravi, v kateri so zaobsežene fizične, kemijske in biološke prvine. Karta habitatnih tipov je topološko čista poligonska

* Triglavski narodni park, Kidričeva 2, 4260 Bled, jurij.dobravec@tnp.gov.si

plast, kjer ima vsak poligon atribut tipa, določenega po Palearktični razvrstitvi habitatnih tipov (Devillers in Devillers-Terschuren 1996). Razvrstitev se uporablja kot standard v Evropski zvezi (EU). Iz končnega izdelka je mogoče po katerihkoli merilih izdvojiti "naravovarstveno pomembna" območja.

Pri tem je pomembno opozoriti na uporabo izrazov. Pogosto se za pojem *habitatni tip* uporablja izraz *naravni habitat* (92/43/EEC uporablja »natural habitat of flora and fauna«), poenostavljeno pa samo *habitat*, kar pa pri biologih naredi zmedo. Ta izraz v bistvu le v redkih primerih pomeni habitat v biološkem smislu, torej kot bivališče določene vrste (v angleškem jeziku bi se ustrezno glasilo »natural habitat of species«, kar seveda ni isto, kot pri 92/43/EEC). Za ploskovno kategorijo habitatnega tipa, ki je območje, ki se po oblikovnih, vsebinskih in ekoloških prvinah značilno loči od sosednjih, predlagamo slovenski izraz »habitip«.

2 PRAVNI OKVIR

Rezultati naloge služijo za podlago oziroma kot argument pri določanju različno strogih upravljalških območij v okviru TNP, zato se pri vrednotenju moramo naslanjati na veljavne predpise. Zakon o ohranjanju narave (ZON), kot krovni predpis slovenskega varovanja narave, se na mnogih mestih dotakne oziroma naslanja na mednarodna merila. Tako na primer pri rastlinskih in živalskih vrstah, ekološko pomembnih območjih (EPO) in upravljalških določilih v zavarovanih območjih.

Evropska zveza je za svoje članice sprejela natančnejša določila, predvsem direktivo št. 92/43/EEC (imenovana tudi »flora, favna habitat«; FFH), kjer so poleg vrst v posebnem seznamu določeni habitatni tipi, za katere je nujno posebno varstvo. Ti predpisi veljajo za države, ki so članice EU, in jih udeležujejo v okviru omrežja Natura 2000.

Stalni odbor Bernske konvencije, ki je odgovoren za spremljanje te konvencije, je z Resolucijo št.1 (1989), Priporočili št. 14. (1989) in predvsem z Resolucijo št. 4 (1996), ki je bila pripravljena na podlagi direktive 92/43/EEC EU, varstvo posameznih vrst in njihovih habitatov razširil na varovanje habitatnih tipov. S tem je odprl prehodno obdobje za države, ki se tej zvezi pridružujejo. Ratificirana Bernska konvencija za Slovenijo pomeni, da ima v času pridruževanja pravno podlago za postopno uveljavljanje meril varstva rastlinstva, živalstva in habitatov, kakršna bo morala spoštovati ob vstopu v EU.

3 UPORABLJENE METODE

3.1 Zbiranje in urejanje podatkov

Podatke, ki smo jih uporabili v nalogi, smo zbrali iz različnih virov. Pri delu smo uporabili metodo hierarhične mozaičnosti, po kateri smo nekatera območja ali področja obravnavali prednostno. Glede na zasnovo projekta (Dobravec 1998) tako kartiranje poteka tematsko in za celotno območje parka naenkrat.

Podatke glede na njihove topološke in vsebinske značilnosti združujemo v naslednje skupine:

- habitatni tipi (ploskovni podatki),
- vrste organizmov (psevno-točkovni, vsaj navidez statični podatki),
- koridorji in ekološka omrežja (psevdo-linijski, pogosto precej dinamični podatki).

Pri nalogi smo največje težo dali habitatnim tipom, ker so kot zbirna kategorija in ploskve na karti enostavno razumljive prostorskim načrtovalcem in drugi nebiološki javnosti.

Meje habitatnih tipov smo določali s kombinacijo kabinetnega in terenskega dela na podlagi različnih kart in drugih podobnih gradiv, predvsem Temeljne topografske načrte v merilih 1 : 5000 in 1 : 10.000 (TTN5 in TTN10) in digitalne ortofoto posnetke (DOF) v natančnosti rastra 0,5 m. V nekaterih primerih smo uporabili Topografsko karto v merilu 1 : 25.000 (TK25) in letalske posnetke cikličnega aerosnemanja (CAS).

Pri določevanju točkovnih pojavov, smo določili povprečno varovalno območje, in sicer pri vodnih izvirih krog s premerom 100 m, pri vhodih v podzemne jame pa 40 m. Koordinate vhodov v jame so povzete po Jamskem katastru (Zveza jamarskih društev Slovenije).

Za določitev strmih sten in habitatnih tipov na prisojnih pobočjih smo uporabili digitalni model reliefa z natančnostjo kvadratne celice 10 m (DMR 10) (Dobravec 2000).

Za določanje vsebine smo uporabili tipologijo Habitatni tipi Slovenije 2001-1 (Dobravec 2001). Slovenska tipologija je pretežno usklajena s Palearktično klasifikacijo habitatov (Devillers in Devillers-Terschuren 1996). Problematična območja smo natančno pregledali na terenu. Pri določanju tipologije smo si pomagali z naslednjimi viri:

- oznake na topografskih načrtih in kartah,
- letalski posnetki CAS visoke ločljivosti,
- tematske karte elaborata Skupni razvoj TNP iz leta 1983,
- digitalni model reliefa (DMR 10),
- druge zbirke prostorskih podatkov, ki so v lasti uprave TNP,
- terensko delo.

Pri delu uporabljamo orodja za upravljanje in analizo prostorskih podatkov (geoinformacijski sistemi – GIS), predvsem SDMS (Softdata), ArcView (ESRI) in TNTmips (Microimages) (slika 1).

3.2 Vrednotenje

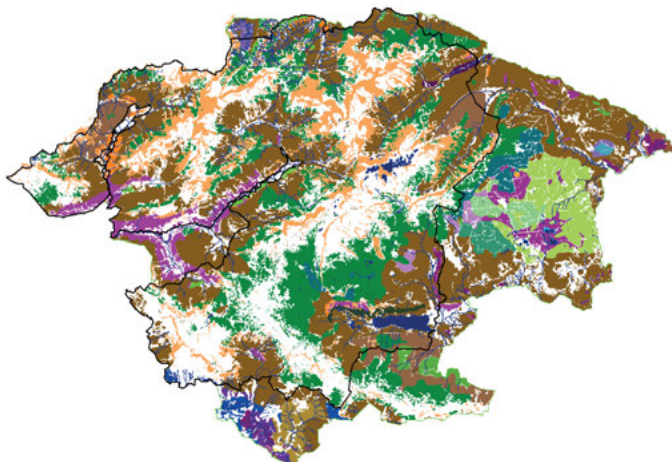
Pri vrednotenju smo upoštevali dva veljavna predpisa. Prvi je ratificirana Bernska konvencija, drugo vrednotenje pa temelji na Zakonu o ohranjanju narave.

Pri habitatnih tipih smo uporabili delitev, ki jo prinaša Resolucija št. 4 (1996) Bernske konvencije, ki v bistvu povzema Direktivo 92/43/EEC. V teh dveh dokumentih so:

- naštetni vsi tisti habitatni tipi, kjer je pri njihovem varovanju potrebno *upoštevati posebno merila* (kriterij A) in
- dodatno označeni nekateri habitani tipi, ki jih je treba obravnavati *prednostno* (kriterij B, oznaka v Direktivi *).

naštetni vsi tisti habitatni tipi, kjer je pri njihovem varovanju potrebno *upoštevati posebno merila* (kriterij A) in dodatno označeni nekateri habitani tipi, ki jih je treba obravnavati *prednostno* (kriterij B, oznaka v Direktivi *).

Zakon o ohranjanju narave je v svojem 32. členu, kjer govori o ekološko pomembnih območjih (EPO), prinesel solidno vrednotenje habitatnih tipov. Iz tega člena smo izvedli



Slika 1 : Dosedanji rezultati kartiranja (poenostavljen prikaz). Bela barva pomeni, da podatki še niso zbrani.

devet meril, ki pomembno prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti. Zaradi različnih pristopov k obdelavi podatkov smo jih razdelili v tri skupine:

1. kriteriji habitatnih tipov, kjer izvedemo, da so ekološko pomembni habitatni tipi, ki:
 - so biotsko izjemno raznovrstni,
 - so dobro ohranjeni.
2. kriteriji vrst, pri čemer upoštevamo življenjske prostore naslednjih skupin:
 - ogrožene vrste,
 - endemite,
 - vrste, ki so na seznamih ratificiranih mednarodnih konvencij,
 - vrste, ki drugače prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti.
3. kriteriji selitvenih poti in omrežij, kjer so EPO tista območja, ki
 - so biogeografsko uravnoteženo razporejena v ekološko omrežje,
 - predstavljajo selitvene poti za živali,
 - bistveno prispevajo h genski povezanosti populacij.

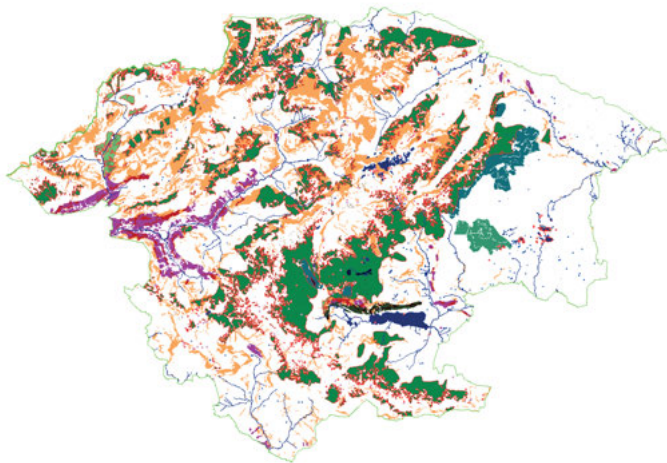
Nekateri kriteriji so obdelani tudi na drugih mestih v zakonu, vendar so te obdelave za potrebe te naloge manj pomembne.

Iz zbranih dostopnih podatkov o habitatnih tipih v TNP smo s povpraševanjem izločili tiste, ki zadostijo vsaj enemu od opisanih kriterijev 32. člena ZON ali Direktivi 92/43/EEC. Pri delu se je pokazalo, da imamo za neposredno upoštevanje ZON oziroma za zanesljivo obdelavo premalo podatkov, zato smo se pretežno usmerili na bolj konkretne kriterije Direktive. Pri tem smo upoštevali, da se ZON naslanja na mednarodne predpise tudi v smislu vrednotenja.

4 REZULTATI

Rezultate prikazujemo v dveh stopnjah. Najprej smo izločili habitipe, ki ustrezajo kriteriju A, torej tiste, pri katerih moramo po Naturi 2000 upoštevati posebna merila. Dobili smo karto (slika 2), na kateri vidimo, da so v EU visoko vrednotene vse gorske sladke vode, prisojna grmišča in travišča, ruševje, barja, mokrotni travniki, obrežna vegetacija, izviri s trdo vodo, ledeniški ostanki, gorski iglasti gozdovi. Ugotovimo, da večji del površine TNP pokrivajo tisti habitatni tipi, pri katerih moramo upoštevati posebna merila.

Slika 2: Iz habitipnega katastra izločeni habitatnih tipi na območju TNP, ki ustrezajo kriteriju A, oziroma v okviru Nature 2000 zanje veljajo posebna obravnava.



Druga stopnja predstavlja izločitev samo tistih habitipov, ki ustrezajo kriteriju B, torej jih moramo obravnavati prednostno. Pri tem je pomembno opozoriti, da je obdelanost habitipov za prednostno obravnavo slabša (preglednica 1):

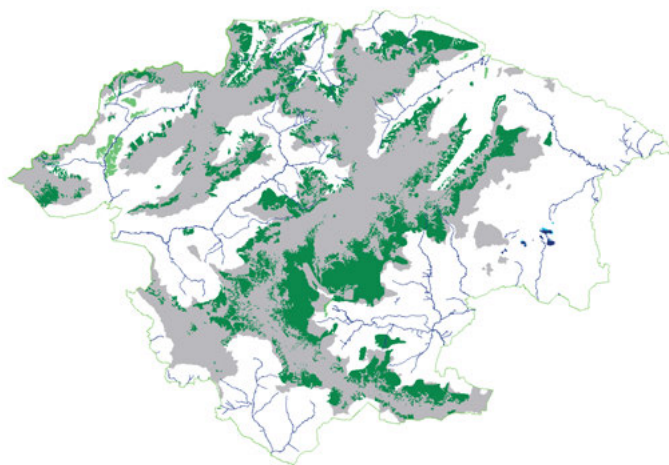
Ruševje s sleči	obdelano
Evrosibirska pionirska vegetacija peščenih in kamnitih tal	NI obdelano
Alpiska in subalpiska travišča s prevladujočim volkom	NI obdelano
Alpske rušate trate in sorodne združbe	NI obdelano
Naravna in naravnim podobna visoka barja	obdelano
Apenčasti podi s škrapljami in podobnimi kraškimi tvorbami	NI obdelano
Javorovi, jesenovi, brestovi in lipovi gozdovi v grapah in na gruščnatih pobočjih	NI obdelano
Gorska barja z rušjem	obdelano
Barjanska smrekovja	obdelano
Bela vrbovja	NI obdelano
Siva jelševja	NI obdelano
Srednjeevropska črna jelševja in jesenovja ob tekočih vodah	NI obdelano
Alpsko apeninski gozdovi črnega bora (naravni sestoji)	obdelano

Preglednica 1: Obdelanost habitatnih tipov za prednostno obravnavo Natura 2000 v TNP.

Iz pregleda obdelanosti lahko vidimo, da imamo visokogorje na območju TNP zaenkrat slabo obdelano, iz izkušenj in prakse pa vemo, da se tam obširno pojavljajo rušnate trate in apnenčasti podi, arktično-alpinske in borealne resave, brinovje kot faza zaraščanja suhih travišč, evrosibirska pionirska vegetacija peščenih in kamnitih tal, alpinska travišča na karbonatni podlagi, suha in polsuha travišča s pokončno stoklaso, oligotrofni mokrotni travniki z modro stožko, visoka steblikovja, gorski gojeni travniki, melišča in skalni drobiri in macesnovi gozdovi na karbonatih. Na splošno tudi vemo, da se v nižjih predelih parka pojavlja obvodno vrbovje in jelševje ter grape z listavci.

Delna neobdelanost pa ni razlog, da sedanjih podatkov ne bi mogli učinkovito uporabiti vsaj teoretično, v visokogorju TNP pa brez posebnih pridržkov tudi praktično.

Na podlagi navedenih dejstev in ugotovitev smo celotno visokogorje nad 1400 m nadmorske višine ter obvodne predele v sredogorju označili kot območja z veliko gostoto habitatnih tipov, ki jih je treba prednostno obravnavati, torej visoko vrednih habitatnih tipov (slika 3).



*Slika 3: Pregled obdelanih habitatnih tipov, ki so v Natura 2000 obravnavani prednostno (imajo znak *). Temna sivina predstavlja območja z dejanskimi podatki, svetlejša pa območja nad 1400 m.*

6 SKLEP

Osnova ugotovitev, ki izhaja iz opravljenih analiz je, da pretežni del narodnega parka pokrivajo habitatni tipi, ki jih lahko označimo kot ekološko pomembne po merilih Evropske zveze in s tem po merilih ZON. Z izjemami nekaterih kmetijskih zemljišč v dolinah in intenzivno gojenih gozdov, skoraj v celoti ustreza kategorijam habitatnih tipov, ki jih je EU v svoji Direktivi 92/43/EEC uzakonila kot take, ki potrebujejo posebno obravnavo (kriterij A). Od teh je večji del gorskega sveta ter mokrišča, borovi gozdovi in obrobja vodotokov v sredogorju obravnavan prednostno (kriterij B).

Kot je bilo že večkrat omenjeno, so podatki relativno pomanjkljivi, saj nam manjka približno polovica podatkov. Prostorsko gledano se glavne pomanjkljivosti podatkov pojavljajo v visokogorju in na območju sredogorskih melišč, kar pa s stališča neposredne ogroženosti narave zaradi človekovih dejavnosti ni ključnega pomena. Kljub temu je torej z opisanim pristopom mogoče doseči zadosti zanesljivo uporabo obstoječih podatkov v smislu argumentov za določanje upravljaljskih območij znotraj parka.

VIRI IN LITERATURA

- Devillers, P. in Devillers-Terschuren, J. 1996: A classification of Palearctic habitats.
- Dobravec, J. 1998: HABIS, kartiranje habitatnih tipov RS, metoda in organizacija. Triglavski narodni park. Bled. (www.sigov.si/tnp/habis).
- Dobravec, J. 2000: Postopek izdelave digitalnega modela površja Triglavskega narodnega parka. Geodetski vestnik 4/2000. Ljubljana.
- Dobravec, J. (ed.) 2001: HTS 2001-1 Habitatna tipologija Slovenije. Poročilo projektne naloge. MOP, Ljubljana.
- Skoberne, P. 1999: Interpretation manual of EU habitats (HAB 98/3 final) – Izbor za Slovenijo, Interno gradivo – Eionet – CIRCA.
- Predpisi:
- Direktiva 92/43/EEC.
- Stalni odbor Bernske konvencije 1996: Resolution No. 4 (adopted 6 December 1996) listing endangered natural habitats requiring specific conservation measures.
- Stalni odbor Bernske konvencije 1998: Resolution No. 6 (adopted on 4 December 1998) listing the species requiring specific habitat conservation measures.
- Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njihovih naravnih življenjskih prostorov (Bernska konvencija) Uradni list RS – Mednarodne pogodbe št.17/99.
- Zakon o ohranjanju narave (Uradni list RS št.56/99).
- Zakon o Triglavskem narodnem parku (Uradni list SR Slovenije št.63-28/81).

ZGODNJESREDNJEVEŠKA POKRAJINA: ŠTUDIJSKI PRIMER BISTRISKE RAVNI IN MENGEŠKEGA POLJA

Benjamin Štular*, Sašo Poglajen**

UDK 902:911.62"653"

Izvleček

Zgodnj srednjeveška pokrajina: študijski primer Bistriške ravni in Mengeškega polja

Avtorja raziskujeta zgodnj srednjeveško pokrajino Bistriške ravni in Mengeškega polja. V analitičnem delu ločujeta fizično, oziroma objektivno, in zaznavno, oziroma subjektivno, pokrajino. V sintezi sta oba aspekta obravnavana kot nedeljiva celota. Pri rekonstrukciji fizične pokrajine so uporabljeni historični viri in znanstvene interpretacije. Metoda kartiranja toponimov se je pokazala kot najučinkovitejša za rekonstruiranje zgodnj srednjeveške fizične pokrajine. V drugem delu avtorja, da bi predstavila zaznavno pokrajino, uporabita izsledke raziskav slovenske poganske svete pokrajine. V sintezi je predstavljena zgodnj srednjeveška pokrajina. Elementi fizične in zaznavne pokrajine so združeni v celoto. Postopek dela in vizualizacija rezultatov sta dostopna na <http://www2.arnes.si/~spogla>.

Ključne besede

arheologija, fizična pokrajina, zaznavna pokrajina, toponimi, zgodnji srednji vek

Abstract

Early middle ages landscape: study case of the Bistrica plain and Mengeš field

The authors researched the early middle ages landscape of the Bistrica plain and Mengeš field. In the analytical work they divided the physical or objective and the cognitive i.e. subjective landscape. In the synthesis both aspects were treated as a whole. At the reconstruction of the physical landscape historical sources and scientific interpolations were used. The toponym charting method has proved to be the most efficient for the reconstruction of the early middle ages physical landscape. In the second part the authors used the results of the research of the Slovene pagan sacred landscape to represent the cognitive landscape. In the synthesis the early middle ages landscape is represented. The elements of the physical and cognitive landscape are joined into a whole. The work procedure and the visualisation of results can be seen on <http://www2.arnes.si/~spogla>.

Keywords

archaeology, actual landscape, perceived landscape, Early Middle Ages, place names

1 UVOD

V članku bomo predstavili zgodnje srednjeveško pokrajino Bistriške ravni in Mengeškega polja. Prispevek temelji na rezultatih dodiplomskega in podiplomskega študija avtorjev.

V prvem delu bomo prikazali način rekonstrukcije fizične pokrajine na podlagi,

* Cankarjeva ul. 15, 4240 Radovljica, benjaminštular@yahoo.com

** Harpha sea, d. o. o. Koper, Čevljarska 8, 6000 Koper, saso.poglajen@zrs-kp.si

predvsem, zgodovinskih virov. V drugem delu bomo prikazali zaznavno pokrajino, slovensko pogansko sveto pokrajino. Pri tem uporabljamo verjetno rekonstrukcijo le-te (Štular 2001, str. 110–114; Štular in Hrovatin, v tisku), kot podstat pa služi rekonstrukcija fizičnega okolja iz prvega dela prispevka.

Končni cilj ni le predstaviti pokrajine, kakršno je zgodnj srednjeveški prebivalec Bistriške ravnih lahko opazoval, temveč odgovoriti na vprašanja, kako je pokrajino čutil, ustvarjal in živel.

2 ZGODNJSREDNJEVEŠKA POKRAJINA BISTRIŠKE RAVNI IN MENGEŠKEGA POLJA

Pokrajina predstavlja kontekst vsakemu organizmu, le-ti pa hkrati tvorijo okolje ostalim organizmom. Tako kot vsako bitje, tudi človek zavzema določeno ekološko nišo v okolju. To lahko, kot avtorja A. Evans in T. O'Connor (Evans in O'Connor 1999), imenujemo človeška niša. Vsa živa in neživa narava človeške niše predstavlja človeku fizično pokrajino oziroma objektivni svet. To bomo imenovali fizična pokrajina.

Fizična pokrajina hkrati kontekstualizira predstave in dejanja ljudi. Predstave o sebi in svojem okolju ter dejanja v okolju, torej subjektivni svet, imenujemo zaznavna pokrajina. Tako je torej fizična pokrajina vedno odvisna od zaznavanja subjekta in s tem od zaznavne pokrajine. Fizično pokrajino vedno spremlja simbolika in sistemi označevanja, ki jih ni mogoče ločiti od objektivnega.

Tako smo tudi v Bistriški Ravnih in na Mengškem polju v zgodnjem srednjem veku raziskovali fizično ter zaznavno pokrajino. V analitičnem delu ju sicer obravnavamo ločeno, čemur se nismo uspeli izogniti. Vendar se te pomankljivosti zavedamo in jo v sintezi skušamo preseči.

2.1 Fizična pokrajina

Za rekonstruiranje zgodnj srednjeveške fizične pokrajine Bistriške ravnih in Mengeškega polja smo uporabili historične vire in znanstvene interpretacije (Radinja, et al. 1974; Stritar 1990). Kot najuporabnejši vir za rekonstrukcijo zgodnj srednjeveškega okolja so se pokazali historični viri: toponimi, Jožefinski vojaški zemljevidi z opisi sekcij (Rajšp 1998) in Krajevni leksikon Dravske banovine. Uporabnost toponimov gre pripisati dejstvu, da so se ohranili do danes v bolj ali manj nespremenjeni obliki. Edino slovensko delo, ki celostno obravnava toponomastiko, je Ljudska geografija (Badjura 1953), v kateri je avtor skušal vzpostaviti slovensko izrazoslovje za fizično geografijo, tloslovje. Pri tem je črpal izraze iz ljudskega izrazoslovja. Bogato tradicijo ima uporaba toponimov, predvsem pa krajevnih imen, v zgodovinopisju (Kos 1960; za literaturo do leta 1960 glej Kos 1966) in historični geografiji (npr. Ilešič 1950).

Pri prepoznavanju vodnih toponimov smo uporabljali delo Slovenska vodna imena (Bezlaj 1956; isti 1961).

O uporabi toponimov v slovenski arheologiji je prvi pisal F. Truhlar (Truhlar 1979; isti 1980; isti 1983). Sistematična uporaba toponomastike v arheologiji je redka (Pleterski

1986; Slapšak 1995). Poučen je primer Pleterskega, ki je s pridom črpal podatke tudi iz poimenovalnih toponimov. Natančneje, na podlagi toponimov, ki označujejo gozd, je skušal rekonstruirati obseg gozda v Blejskem kotu v zgodnjem srednjem veku (Pleterski 1986, str. 125). Pri uporabi toponimov je potrebno upoštevati nekaj pravil. Prvo je, da so toponimi izvirno navadno imenovali večje ledine, do danes pa so se ista ledinska imena v nekaterih primerih ohranila le na površini posameznih parcel (Pleterski 1986, str. 12). Drugo je t. i. premikanje toponima. Ta se lahko dogaja v času modernega kartiranja ali že pred tem.

Tretji problem je časovna nedoločljivost. Predvidevamo, da so slovnski toponimi slovanskega izvora nastajali v času, ko so prvi slovansko govoreči ljudje naselili določen prostor. To hipotezo podpirajo toponimi, ki kažejo na posreden ali neposreden stik s predhodnimi prebivalci (na primer Lahovče in Ajdovščina) v času poimenovanja.

Naselitev Slovanov v jugovzhodnoalpski prostor je tradicionalno postavljen v čas neposredno po odhodu Langobardov v Severno Italijo leta 546 ali 568 (Grafenauer 1978, str. 282–285; za vire in literaturo glej Štih 2001). Z arheološkimi viri je ta proces na področju Bistriške ravnin in Mengeškega polja okvirno datiran najkasneje v 9. stoletje (Vuga 1975; Korošec 1979; Knific 1999; Sagadin 2001), verjetno pa že pred tem (Štular 2001, str. 104–107).

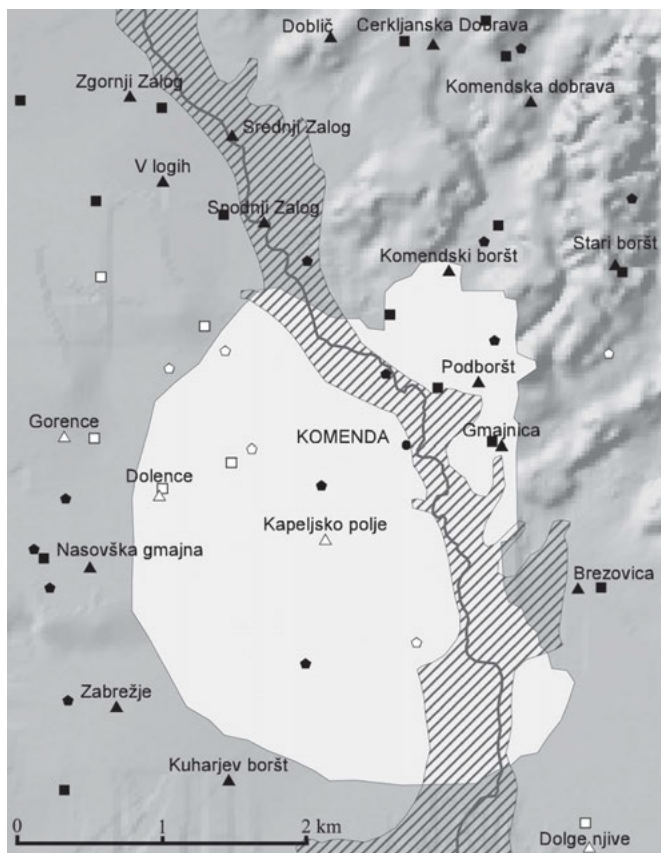
Proces, ko skupina ljudi vstopa v nek prostor imenujemo mentalno kartiranje. Takrat skupina prostor spoznava, ga skuša 'udomačiti' in ga 'pripravlja za uporabo'. Prvi korak v humanizaciji prostora je poimenovanje krajev. S tem se vzpostavi zveza fizičnih lokacij z opisnimi, razvrščujočimi in označevalnimi sistemi kulture. V tem procesu nastajajo poimenovalni toponimi. Ti služijo za orientacijo v prostoru in lokacijo potencialnih virov (poimenovanje fizičnega okolja, na primer Dob). Na drugi strani nastajajo toponimi, ki določenim mestom pripisujejo vrednote poimenovalcev (poimenovanje zaznavnega okolja, na primer Hudo, Velesovo). Kraji dobijo pomen, identiteto in referenco v zavesti prebivalcev (primerjaj Tilley 1994).

V idealnem primeru je mentalno kartiranje hkrati zajelo celoten prostor. Takrat je dinamiki okolja moč slediti. Vas, ki se imenuje Brezovica pri Dobu, je zelo verjetno nastala na prvotnem območju brezovega in hrastovega gozda. Ledina Mala poljana sredi hribovite in gozdnate pokrajine ob naselju Dobeno pa je verjetno produkt krčenja gozdnih površin v času srednjeveške notranje kolonizacije.

V določenih primerih lahko sledimo tudi naknadnim mentalnim kartiranjem. Tak primer je toponim Komendski boršt. Obe besedi sta nemškega izvora, toponim pa izpoveduje zaznavno - lastnika, Nemški viteški red - in fizična pokrajina - gozd - ter posredno čas nastanka - po vzpostavitvi fevdalnega sedeža v visokem srednjem veku.

Toponomastično gradivo smo uporabili na način, ki ga je opisal Pleterski (Pleterski 1986). Kot vir smo uporabljali moderne zemljevide (Topografske karte v merilu 1 : 25.000, listi Kamnik, Moravče, Ljubljana, Dolsko. Več o metodi in izvedbi glej v Štular 2001, str. 78–83). Le na izbranem območju smo uporabili kot vir tudi TTN 5 Sekcija Kamnik, listi 34, 35, 36, 44, 45, 46 ter Franciscejske katastre k. o. Kaplja vas 1826, k. o. Klanec 1826).

Primerjava zgodnjersrednjeveške pokrajine, dobljene na podlagi moderne topografske karte (glej sliko 2), se vsebinsko ne razlikuje od tiste, pri kateri so bili uporabljeni tudi našeti historični zemljevidi (glej sliko 1). Uporaba natančnejših virov omogoča večjo natančnejši rezultat, vendar ne spremeni splošne slike. Zajemanje podatkov torej lahko prilagodimo merilu rezultata, kakršnega potrebujemo.



Slika 1: Slika prikazuje izrez iz slike 1 z uporabo dodatnih virov. Svetli znaki predstavljajo poljske temni pa gozdne toponime. Trikotniki predstavljajo toponime moderne topografske karte 1 : 25.000, kvadrati toponime moderne topografske karte 1 : 5000 in petkotniki toponime Franciscejskih katastrov. Svetel poligon predstavlja polourno ekonomsko zajetje zgodnesrednjeveške naselbine na Komendi (povzeto po Štular 2001, str. 97), črtano je poplavno področje reke Pšate.

Toponime smo pri našem delu razvrstili v kategorije poljski, vodni in gozdni. Poljske in gozdne toponime smo uporabljali kot takšne: za ledino z gozdnim toponimom smatramo, da je bila v času poimenovanja, mentalnega kartiranja pokrajine, gozd. Toponim Polje kaže na najstarejše poljske površine. Vodni toponimi so v pomoč pri rekonstrukciji paleohidrološke slike. Pod oznako drugi so večinoma topografski toponimi. Osnovni namen je bil rekonstrukcija fizičnega okolja, pri čemer sta nas najbolj zanimali kategoriji polje in gozd.

Pojem gozd obravnavamo v najširšem pomenu besede in vsebuje 'pravi', mešani gozd, grmičevje in senožeti. Slednje so vključene med gozdne površine z namenom razlikovanja od kategorije poljskih površin.

Poleg razprostranjenosti lahko s pomočjo kartiranja toponimov delno rekonstruiramo tudi sestavo gozdov. Toponimi hrastovih in brezovih gozdov so razprostranjeni enakomerno, predvsem na prehodu pobočij v ravnino. Kartiranje toponimov ima še več implikacij. V pomoč je pri rekonstrukciji ne samo fizične, ampak tudi zaznavne pokrajine, kot kaže primer kartiranja gozdnih toponimov (glej sliko 3).

Jožefinske vojaške zemljevide in Franciscejske katastre smo uporabljali kot neposreden in posreden vir: kot historično stanje pokrajine in kot vir toponimov.

Nekaj besed o Krajevnem leksikonu Dravske banovine. Pomemben je čas nastanka,

pred drugo svetovno vojno. Takrat je bilo v pokrajini še moč slediti ruralnim osnovam poselitvene slike. Pri naši raziskavi smo uporabili opise Sreza Kamnik in dela Sreza Ljubljane. Pri tem so pomembni predvsem opisi kot: dobro polje, zamočvirjeni travniki, slaba gmajna v Rojahn ... Ti so glavni vir (poleg pedološke slike) za izdelavo kategorij polje in močvirje v rekonstrukciji paleookolja.

Strugo reke Pšate in okolje v neposredni bližini le te smo v celoti povzeli po izsledkih študije poplavnega območja Pšate (Radinja et al. 1974). Ta je nastala kot 1. del dolgoročne raziskovalne naloge Geografija poplavnih področij na Slovenskem. Prikazuje obseg in razprostranjenost poplavnega območja ob Pšati in razlikuje območje rednih in izrednih poplav. Ukvarja se tudi z višino poplavne vode in njenim izvorom. Ostale ugotovitve, ki so za raziskovanje paleookolja manj pomembne, se nanašajo na moderno pokrajinsko zasnovo poplavnega območja in možnim razvojem.

Pomembne so tudi glavne geomorfološke značilnosti porečja Pšate. Reka dobiva vodo iz Kamniških Alp, a teče v ravninskem svetu (pretežno po Mengeškem polju). Struga je zavita in ni poglobljena. Zato pogosto prestopa bregove. Za pogostost poplav je pomembno tudi dejstvo, da je njeno hribovito in gričevnato zaledje, predvsem v zgornjem toku nad Mostami, reliefno in geološko tako izoblikovano, da pospešuje odtok vode. Za obseg poplav je pomembna tudi najmlajša akumulacija, ki so jo posegli ljudi v naravo še pospešili.

Pri rekonstrukciji zgodnjersrednjeveškega okolja Bistriške ravni in Mengeškega polja smo generirali naslednje kategorije (glej sliko 2):

- polje,
- močvirje,
- poplavno območje,
- gozd in
- reke.

Imena kategorij niso poimenovalna, temveč zgolj opisna.

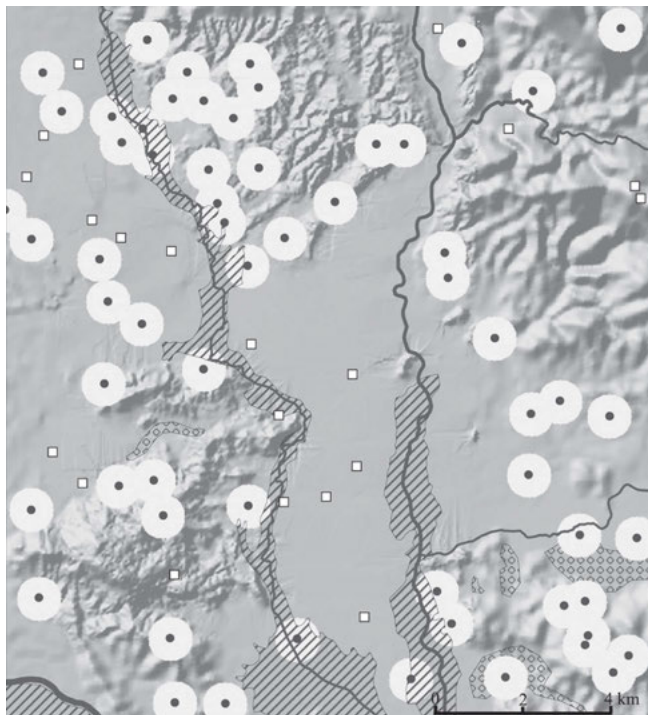
V kategorijo *polje* so uvrščena območja rjavih prsti na prdu in pesku, območja ki jih Krajevni leksikon Dravske banovine našteva kot "rodovitna" ali "dobre njive" ter območja s poljskimi toponimi. Tako smo določili vse večje površine 'potencialnega maksimuma' rodovitnih površin.

Neposredni podatki o načinu obdelovanja ali kulturnih rastlinah poljskih površin niso znani. Splošno sliko pa kažejo analogije. Prva analogija so posredni podatki o zgodnjersrednjeveški prehrani alpskih Slovanov (Makarovič 1985). Avtor omenjenega članka na podlagi pričevanj iz jezikoslovnega sveta, po možnosti podprtih s pisnimi in materialnimi viri ter primerjavami govori, med drugim, o gojenih kulturnih rastlinah. Ti podatki so uporabni za opis fizičnega okolja kategorije polje.

"Kulturne rastline so: proso, pšenica, ječmen, oves, bob, repa /.../. Gojene živali: govedo, drobnica, svinje, perutnina. /.../ Začimbe: /.../ čebula, por, hren, pelin, hmelj, mak" (Makarovič 1985, str. 98).

Takšen izbor kulturnih rastlin se ne razlikuje močno od slike, kakršno podajajo jožefinski katastri. Slednji kot kategorije žit uporablja pšenico, rž, ječmen in oves. K temu je treba prišteti še vrtove (to kategorijo uporablja franciscejski kataster), ki dajejo značaj fizičnemu okolju v neposredni okolici bivališč.

Tudi poznavanje osnovnih poljedelskih tehnik nam omogoči vpogled v elemente fi-



Slika 2: Slika prikazuje rekonstruirano zgodnjerednjeveško fizično pokrajino. Krogi predstavljajo gozdne toponime, kvadrati poljske, poševno šrafirana so poplavna območja, z liki so šrafirana močvirja.

zične pokrajine, kot tudi v vsakdanje življenje (npr. zmožnosti prilagajanja na kratkotrajne spremembe okolja). Nekaj najdb poljedelskega orodja iz poznoantičnega in zgodnjerednjeveškega obdobja je omogočilo, da je A. Pleterski (Pleterski 1987) izdelal rekonstrukcijo izbora in načina uporabe staroslovanskega poljedelskega orodja. Tako je svobodni kmet iz Sebenj v bližini Bleda v prvi tretjini 9. stoletja uporabljal različna načina oranja, prilagojena potrebam in zemljišču. V ta namen sta mu služili različni orali: nesomerno oralo s kolci za oranje polja na kraje in soha za prvo oranje novo izkrčenih površin. Pri svojem delu je njegova družina uporabljala tudi rovnico za delo na kamnitih tleh, kose za košenje travnikov in srpe za žetev.

Še ena pomembna lastnost zgodnjerednjeveške pokrajine je poljska razdelitev. Zgodovina agrarnih panog (Blaznik et al. 1970) je uveljavila tezo, da so bili v času prihoda v vzhodnoalpski prostor Slovani poljedelsko usmerjeni, čeprav je v razdobju selitev pri njih prišla močno do izraza nomadska živinoreja. Prevladujoča načina obdelovanja zemlje naj bi bila požigalništvo in kopaštvo, ob katerih se je že kmalu pojavilo orno poljedelstvo z uporabo rala. Takšen način obdelovanja bi kategorijo polje oblikoval v serijo enako velikih parcel, ki so poraščene z različnimi stopnjami pionirskega gozda. Le 6,5 do 12,5 % ozemlja kategorije polje bi predstavljale površine kulturnih rastlin.

V naslednji stopnji se je uveljavilo dvoletno in kmalu tudi troletno kolobarjenje. Pri slednjem je zemlja razdeljena na ozimino (pšenica, rž), jaro žito (ječmen, oves) in praho (neobdelano zemljišče), torej na tri približno enakovredne dele. Tak način poljedelstva, povezan tudi s tehniko oranja, omogoča močno povečano 'nosilno kapaciteto' določene

površine kategorije polje.

Načini obdelave tal z motiko in ralom so pogojevali razdelitev obdelovalne zemlje na grude nepravilnih oblik. Taka razdelitev tal se je ohranila še v čas 9. do 11. stoletja. Vzponredno naj bi se pojavljal tudi gručast tip naselbin (primerjaj Ilešič 1950). Vendar natančno preučevanje mikroregije pokaže precej bolj zapleteno sliko. Tako prikaže se župa Bled pokaže kot dinamična pokrajina, kjer je poljska razdelitev tudi v zgodnjem srednjem veku različna, od grudaste do progaste (Pleterški 1986; 1989). Odvisna je od razvojne stopnje vasi in naravnih pogojev. Najpogosteje je prvotno jedro, ki obsega najplodnejša tla, razdeljeno na nepravilne grude. V poznejših stopnjah se poljska razdelitev najplodnejših tal spremeni v progasto, polja izkričena nanovo na manj plodnih tleh pa imajo obliko nepravilnih grud.

Močvirja ob Pšati so digitalizirana na podlagi že omenjenega članka (Radinja et al. 1974, priloge), ostala pa smo prepoznali na podlagi opisov sekcij Joženskih vojaških zemljevidov in opisov v *Krajevnam leksikonu Dravske banovine*. Kot zanesljiv vodnik so se izkazala tudi območja, ki so na modernih topografskih kartah označena kot meliorirana (primerjaj Štular 2001).

Le manjši del območja, zajetega v kategoriji močvirje, so predstavljala prava močvirja. Ta so verjetna le na posameznih delih Blatnice, področju severno od savske ježe in vzhodno od Soteškega hriba. V ostalih primerih gre za barja, močvirne in mokre travnike ter območja pogostih poplav. To kategorijo obravnavamo kot neprimerno za intenzivno poljedelstvo, torej prostor sekundarnega ekonomskega zajetja.

Takšne površine je bilo moč izkoriščati kot pašnike in travnike, lovski revir, vir lesa za kurjavo in kot strateško zaledje. Tudi izraba kategorije močvirje za naselbinski prostor ni izključena. Vendar je pri slednjem potrebna pazljivost. Zaradi razgibanega terena, posebej v zgornjem toku Pšate in na obrobju Mengeškega polja, je posploševanje neumestno. Šele ob uporabi natančnejšega digitalnega modela reliefa bi bilo moč določiti manjše 'otoke', ki se dvigajo nad poplavnim območjem. V določenih pogojih so takšna območja za naselitev še posebej privlačna, saj so nepoznavalcem lokalnih posebnosti težko dostopna. Takšno izjemo kaže že Mengeš sam (primerjaj Sagadin 1999, slika 34).

Kot kategorijo *gozd* smo označili gozd zaznavne pokrajine. Določena je na podlagi toponimov in ne zajema sredogorskega zaledja. Gozdna sestava tega kaže, da je področje pogozdeno že vsaj tekom večine holocena. Vendar se gozdni toponimi na tem območju ne pojavljajo. To pomeni, da ni bilo zaznavano kot prostor vsakodneve uporabe, temveč kot drugo, prostor izven. To je 'črni gozd' slovanskih pripovedk. Pri določevanju kategorije gozd pa niso upoštevane podkategorije fizične pokrajine (kvalitetni gozdovi - Dob, Hrastnice - in slabi gozdovi - Gmajna), kar uporaba metode kartiranja toponimov sicer omogoča.

2.2 Zaznavna pokrajina

V Bistriški ravni so Slovani v zgodnjem srednjem veku oblikovali slovensko pogansko sveto pokrajino. Izraz slovenska uporabljamo v geografskem pomenu. Nanaša se, v ožjem pomenu, na področje študijskega primera, vzhodne Gorenjske in v širšem smislu na slovensko narodnostno območje. Pojem pogan, poganska je uveljavljen v literaturi za predkrščanske zgodnjersrednjeveške religije, tudi praslovanske in slovanske (npr. Belaj 1998, str. 7–44). Pojem je religiozno obremenjen (izraža pogled kristjana), vendar ga uporabljamo zaradi



Slika 3: Slika prikazuje primerjavo gozdnih površin, prikazanih na Jožefinskih vojaških zemljevidih (šrafirano območje) in modernih gozdnih toponimov (temni trikotniki). Moderni toponimi kažejo na večje gozdne površine v ravninah, ne zajemajo pa sredogorja. To kaže na eni strani na prvotne gozdne površine tudi v ravnini in na drugi strani na drugačno percepcijo gozda v zaledju, torej na zaznavno pokrajino.

razširjenosti v strokovni literaturi.

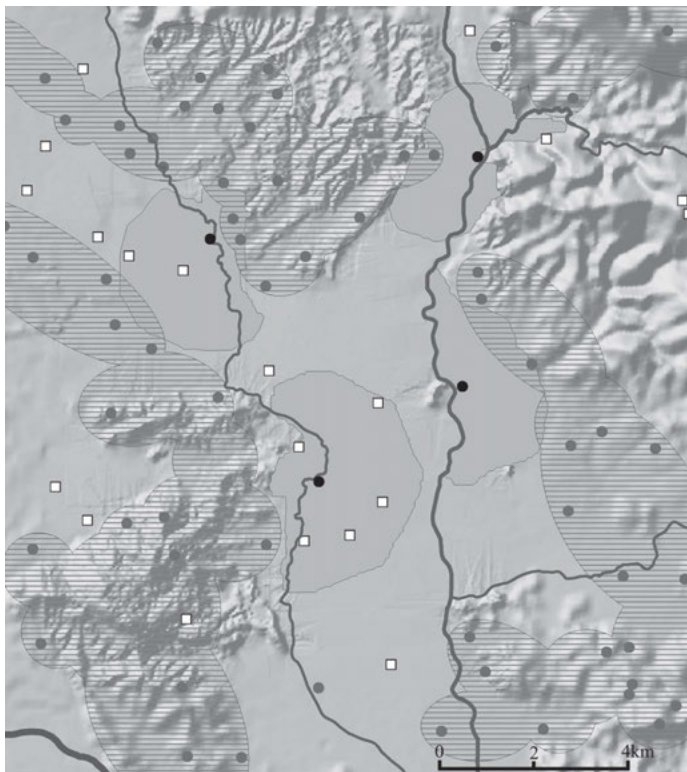
Sveta pokrajina je v arheološki literaturi uveljavljen termin (za pregled glej Knapp in Ashmore 1999). Gradniki takšnih pokrajin so lahko templji in cerkve, dramatične pokrajine ali zgolj kraji, katerih religiozen pomen je posledica obredov in so skriti v mitih. Prav s slednjimi imamo opravka v našem primeru.

Pojem sveta pokrajina, kot ga uporabljamo, ima še drugi pomen. Kaže, kako so zaznavno okolje v povezavi s svojimi religioznimi predstavami dojemali stari Slovani. Tega lahko razložimo z besedami Z. Šmitka (1998; 1999): svet sestavljajo tri horizontalne sfere, in os, ki jih povezuje. Horizontalne sfere so nebo, zemlja in podzemlje. Os, ki jih povezuje, simbolizira gorski vrh, votlina v gori ali kozmično drevo. Vendar človeški svet obsega le del zemeljske plošče, nadzemska in podzemska sfera pa pripadata bogovom, demonom in dušam umrlih. Sveta pokrajina je torej horizontalni 'zemeljski svet', v katerem imajo posebno vlogo določena kulturna mesta, kjer vertikalna os povezuje vse tri svetove.

V našem primeru so osišča svete pokrajine trojice kulturnih mest. Na teh so se odvijali obredi, katerih namen je bil povezovati vse tri svetove. Tako se je ohranjalo ravnovesje v vseh treh sferah, kar je omogočalo blagostanje na zemeljskem svetu.

Vsako od kulturnih mest je bilo mesto enega od božanstev. Htonsko božanstvo običajno predstavlja zmaj, pri Slovanih večkrat imenovano Veles (Belaj 1998, str. 46–66; za uporabo na vzhodni Gorenjski priča toponim Velesovo), božanstvo oblasti pa Perun (Belaj 1996,

Slika 4: Slika prikazuje elemente fizične pokrajine, 'popravljene' v skladu z znano arheološko sliko. Arheološko znane zgodnj srednjeveške naselbine (temne točke) z polurnim ekonomskim zajetjem (sivi poligoni) nam dajejo natančnejši vpogled v stanje zgodnj srednjeveške pokrajine. Predvidevamo, da so bile izkoriščane le poljske površine znotraj področja ekonomskega zajetja.



str. 989; primerjaj ibid. 1998, str. 46–66; za uporabo na vzhodni Gorenjski priča toponim Perovo). Žensko božanstvo ima, tako kot tudi obe moški, pri Slovanih več imen: Mokoš (Pleterski 1996), Mara/Morana (Belaj 1998, str. 349) ...

Elemente svete pokrajine lahko, zaradi narave pokristjanjevanja na obravnavanem prostoru, razbiramo v simboliki krščanske pokrajine. Te prepoznavamo kot kulturna mesta in usmeritve kulturnih objektov. Na podlagi patrocinijev, tradicionalnih običajev in procesij lahko nekaterim kulturnim mestom pripišemo tudi vsebino.

Na prostoru Bistriške ravni je zgodnj srednjeveška pokrajina na ravni skupnosti urejena po naslednjem ključu: kulturno mesto Peruna predstavlja upravno vojaško središče (kamniški Stari grad). Kulturno mesto Velesa je povezano z ekonomskim (kmetijskim) središčem (Mengeš). Kulturno mesto Mokoši (Homški hrib) ima v prostoru skupnosti vlogo religioznega, morda romarskega, središča.

Pomembno je, da so vsa kulturna mesta medsebojno vidna in so v prostoru razporejena po vnaprej določenem ključu. Pri tem izhajamo iz predpostavke, da je Bistriška ravan prostor skupnosti, katere središče bil Kamnik, gospodarska osnova pa mengeško polje. V prid trditvi, da je govora o zaključenem prostoru skupnosti, govorijo slika fizičnega okolja, študija ekonomskega zajetja arheoloških najdišč (Štular 2001, str. 90–116) in mitološko izročilo (Štular in Hrovatin, v tisku). Predpostavljamo, da je skupnost na svojem teritoriju ustvarila, uporabljala in 'živela' *sveto pokrajino*.

Celosten vpogled v *sveto pokrajino* nam omogoči šele razumevanje obstoja trojnosti

v religioznih predstavah pri Slovanih in način, kako se ta odraža v prostoru. Slednje je na primerih z območja zgodnesrednjeveške Karantanije in Karniole pokazal Pleterski (1996).

Gre za trojice kulturnih krajev v pokrajini ali trojice izhodiščnih točk na grobiščih. Kulturni kraji so medsebojno razporejeni tako, da kot med osema, ki povezujeta 'zgornji' kulturni kraj s 'spodnjima', tvori četrtino pravega kota. Uporabo kota 22° do 24° pojasnjuje kot med Zemljino osjo in ravnino Zemljine orbite okoli sonca (približno 23°), ki se odraža kot navidezna razlika v višini sonca v času enakonočja in obeh sončnih obratov. Hkrati je moč četrtino pravega kota določiti s pomočjo preprostih pripomočkov, kot na primer dva količka povezana z vrvico (Pleterski 1996).

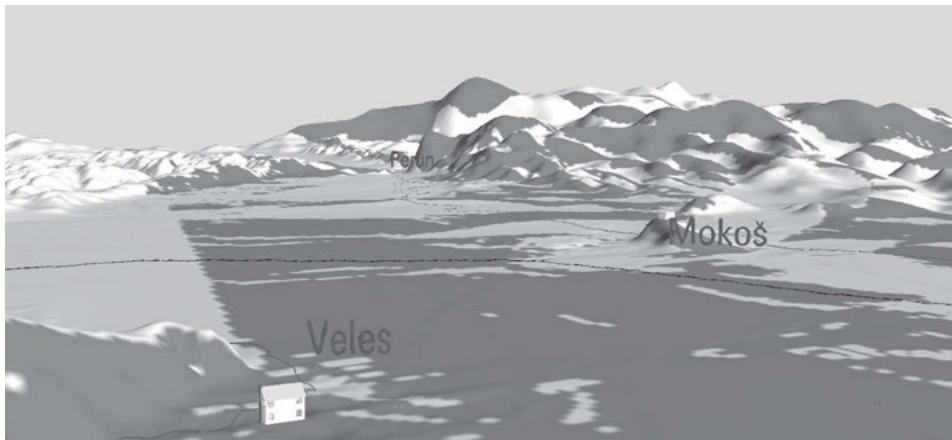
Postavljanje celotnega metričnega prostorskega sistema se je, kot kažejo primeri, začelo z določitvijo treh kulturnih krajev pokrajini, ki jo je naselil nek rod. Velesovo mesto od Mokošinega ločuje voda, kar verjetno simbolizira ločnico med svetom živih in svetom mrtvih. Nato je bilo izbirno mesto grobišča. Priljubljene so bile vzpetine, pogosto južno ali vzhodno pobočje.

3 SKLEP

Karta fizične pokrajine Bistriške ravni in Mengeškega polja v zgodnjem srednjem veku kaže pričakovano sliko. Pravzaprav se bistveno ne razlikuje od situacije v 18. stoletju, kakršno podajajo jožefinski vojaški zemljevidi (glej sliko 3).

Pravo sliko dobimo šele, ko upoštevamo znane in predvidene (Štular 2000, str. 104–107) sodobne naselbine ter njihovo predvideno območje izrabe (glej sliko 4). Tako dobljena slika pa se, vsaj na področju Mengša in pokriva z historično geografskimi izsledki (Plešič 1936).

Prostor primarnega ekonomskega zajetja Mengša deluje v kontekstu kulturnih mest



Slika 5: Elementi zgodnesrednjeveške zaznavne pokrajine s kulturnimi mesti Velesa, Mokoši in Peruna. Pogled iz naselbine (temnejše) zajema vsa kulturna mesta. Ravnovesje treh kulturnih mest "ureja" pokrajino.

(glej sliko 5). Mesto Peruna (Stari grad) je vidno iz celotnega področja in predstavlja hkrati posvetno in sveto oblast. Mesto Velesa (Mengeš), kjer se opravljajo rituali rodnosti zemlje (Besedilo ljudske pesmi: kuda Jurij hodi, tuda zemlja rodi), je v naselju, ki ima najizrazitejše poljsko zaledje. Najslabše poznamo vlogo tretjega kulturnega mesta. Homški hrib, mesto Mokoši, je prav tako vidno iz Mengša ter iz vseh poljskih površin.

Fizična in zaznavna pokrajina sta dela celote, razbita na dvoje zaradi analitičnih potreb. Kot celota je pokrajina delovala na predstave sodobnih ljudi in kot celoto so ga ti urejali in spreminjali ter živeli.

Pokrajina je entiteta, ki obstaja le, ko jo ljudje zaznavamo, izkušamo in osmišljamo, skratka živimo. Tak pogled na pokrajino nam olajša razumevanje svete pokrajine njo si lahko predstavljamo kot oder, zgrajen v mislih z namenom, da bi prinašal pomen in vsebino tistim, ki v prostoru živijo.

VIRI IN LITERATURA

- Badjura, R. 1953: Ljudska geografija. Ljubljana.
- Belaj, V. 1996: Grom in strela v kmečki hiši. Ptujski zbornik VI/2. Ptuj
- Belaj, V. 1998: Hod kroz godinu. - Zagreb.
- Bezlaj, F. 1956: Slovenska vodna imena I. Dela 2. razreda SAZU 9. Ljubljana.
- Bezlaj, F. 1961: Slovenska vodna imena II. Dela 2. razreda SAZU 9. Ljubljana.
- Blaznik, P., Grafenauer, B., Vilfan, S. 1970: Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev, Zgodovina agrarnih panog 1, Agrarna zgodovina. Ljubljana.
- Grafenauer, B. 1978: Zgodovina Slovenskega naroda I. Ljubljana.
- Ilešič, S. 1950: Sistemi poljske razdelitve na Slovenskem. Dela 4. razreda SAZU. Ljubljana.
- Kos, M. 1960: Starejša naselitev na Kranjski ravnini. (ur.) M. Žonta: 900 let Kranja. Kranj.
- Kos, M. 1966: Vas in selo v zgodovini slovenske kolonizacije. Hauptmanov zbornik, Dela 1. razreda SAZU 5. Ljubljana.
- Korošec, P. 1979: Zgodnjesrednjeveška arheološka slika karantanskih Slovanov. Dela 1. razreda SAZU 22. Ljubljana.
- Knapp, A. B., Ashmore, W. 1999: Archaeological Landscapes: Constructed, Conceptualized, Ideational. (ur.) Knapp, A. B. in Ashmore, W., Archaeologies of Landscape. London.
- Knific, T. 1999: Zgodnji srednji vek. (ur.) J. Železnikar, Poselitvena podoba Mengša in okolice, Od prazgodovine do srednjega veka. Mengeš.
- Krajevni leksikon Dravske banovine 1936.
- Pleterski, A. 1986: Župa Bled, Nastanek, razvoj in prežitki. Dela 1. razreda SAZU 31. Ljubljana.
- Pleterski, A. 1987: Sebenjski zaklad. Arheološki Vestnik 38. Ljubljana.
- Pleterski, A. 1996: Strukture tridelne ideologije v prostoru pri Slovanih. Zgodovinski časopis 50 (2). Ljubljana.
- Radinja, D., Šifrer, M., Lovrenčak, F., Kolbezen, M., Natek, M. 1976: Geografske značilnosti polavnega področja ob Pšati. Geografski zbornik 15. Ljubljana.
- Rajšp, V. (ur.) 1998: Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787, Zvezek 2. Ljubljana.
- Sagadin, M. 1999, Rimsko obdobje. (ur.) J. Železnikar, Poselitvena podoba Mengša in

- okolice, Od prazgodovine do srednjega veka. Mengeš.
- Sagadin, M. 2001: Staroslovansko grobišče na Malem gradu v Kamniku. Arheološki vestnik 52. Ljubljana.
- Slapšak, B. 1995: Možnosti študija poselitve v arheologiji. ARHEO 17. Ljubljana.
- Stritar, A. 1990: Krajina, krajinski sistemi. Raba in varstvo tal v Sloveniji. Ljubljana.
- Šmitek, Z. 1998: Kristalna gora. Mitološko izročilo Slovencev. Ljubljana.
- Šmitek, Z. 1999, The image of the Real World and the World beyond in the Slovene Folk Tradition. *Studia Mythologica Slavica* II. Ljubljana.
- Štih, P. 2001: Ozemlje Slovenije v zgodnjem srednjem veku. Ljubljana.
- Štular, B., Hrovatin (v tisku): Slovene Pagan Sacred Landscape. Study case: The Bistrica plain. *Mithologica Slavica* 5. Ljubljana, Udine.
- Štular, B. 2001: Arheologija Mengeškega polja v zgodnjem srednjem veku. Diplomsko delo, Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
- Tilley, C. 1994: *A Phenomenology of Landscape. Places, paths and monuments.* Oxford, Providence.
- Truhlar, F. 1979: Toponomastika v službi arheologije. Arheološki vestnik 30. Ljubljana.
- Truhlar, F. 1980: Patrocinj Sv. Jurija v Sloveniji. Arheološki vestnik 31. Ljubljana.
- Truhlar, F. 1983: Nekaj napotkov k arheološkemu topografskemu raziskovanju Slovenije. Arheološki vestnik 33. Ljubljana.
- Vuga, D. 1975: Le scoperte del primo Medioevo a Mengeš. *Balcanoslavica* 4. Beograd.

UPORABA VON THÜNENOVEGA MODELA PRI RAZUMEVANJU POSELITVE EMONSKEGA PROSTORA

Bernarda Županek*

UDK 91:659.2:004:902

Izvleček

Uporaba von Thünenovega modela pri razumevanju poselitve emonskega prostora

Prispevek predstavlja uporabo geografskega informacijskega sistema (GIS) pri aplikaciji von Thünenovega modela izrabe tal na emonski prostor. Nekaterim omejitvam navkljub vidim model kot uporabno heuristično orodje, tako za proučevanje odnosa med trgi, razdaljo in kmetijsko produkcijo v emonskem prostoru, kot posledično za študij poselitvene logike tega prostora. Aplikacija je implementirana v GIS-u, ki poleg v prispevku prikazanih rešitev nudi še vrsto drugih možnosti pri modeliranju von Thünenovih izhodišč.

Ključne besede

Von Thunenov model, arheologija, rimski čas, emonski prostor, geografski informacijski sistem

Abstract

Applying von Thünen model for understanding the settlement pattern of Emona's territory

The article presents the use of geographical information system (GIS) when applying von Thünen landuse model to Emona's territory. Some drawbacks notwithstanding, the usefulness of the model as a heuristic tool in this case-study is argued, both for studying the relations between markets, distance and agricultural land-use, and subsequently the settlement logic of the study-area. Application is implemented in GIS. In addition to the points discussed in the text, GIS offers a variety of additional procedures for modelling the Thünen approaches.

Keywords

Von Thunen model, archaeology, Roman era, Emona's territory, geographical information system

1 UVOD

Von Thünenov model kmetijske izrabe tal, predstavljen v delu *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie* leta 1826, je prvi osnovni analitični model odnosa med trgov, kmetijsko produkcijo in oddaljenostjo od trga. Model je bil široko uporabljan, tako v konkretnih aplikacijah kot za razvoj novih konceptov ekonomsko-prostorske teorije. Pričujoči prispevek temelji na prepričanju, da je von Thünenov model kljub nekaterim omejitvam še vedno zelo uporabno orodje za razumevanje odnosa med trgov, oddaljenostjo od njega in kmetijsko izrabo tal, tudi v arheologiji.

* mag., Mestni muzej Ljubljana, Gosposka ulica 15, 1000 Ljubljana, bernarda.zupanek@mm-lj.si

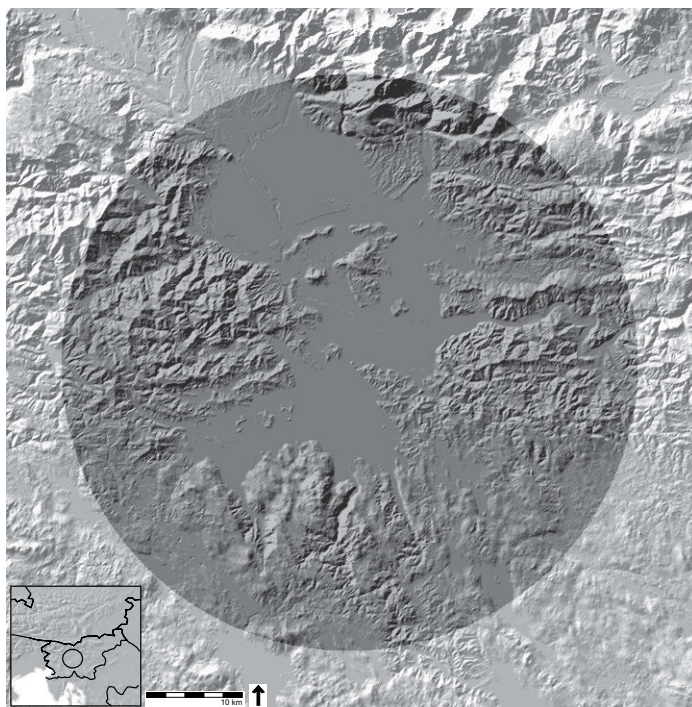
V prispevku predstavljam uporabo von Thünenovega modela na primeru rimskega mesta Emone in pripadajočega podeželja. Model implementiram v GIS-u.

2 MED MESTOM IN PODEŽELJEM

2.1 Emonski prostor

Rimljani v avgustejskem času na območju današnjega Gradišča v Ljubljani ustanovijo kolonijo Emono. Kot običajno je bilo mestu prideljeno mestno območje, teritorij, za katerega je bila Emona upravnoadministrativni, ekonomski in religiozni center. Emona je živela vse do druge polovice šestega stoletja (Plesničar Gec 1997). V času življenja mesta so se v poselitvi pripadajočega teritorija dogajale pomembne spremembe (prim. Županek 2001, str. 67–78).

Časovno se pričujoči prispevek omejuje na čas od prvega do začetka četrtega stoletja. V tem obdobju je emonski prostor del rimskega imperija, ki s svojim modelom mesta oblikuje tudi poselitev širšega emonskega prostora (prim. Županek 2001, str. 40–51). Prostor, ki ga opazujem v tem prispevku, je omejen na območje z radijem trideset kilometrov od Emone (Slika 1). Taka zamejitev je izbrana predvsem zaradi težav pri točnem definiranju meja emonskega teritorija (Županek 2001, str. 4–6).



Slika 1: Študijsko območje.

2.2 »Mesto troši, podeželje proizvaja«?

Antični grškorimski svet je bil svet mest: ne v današnjem pomenu velikih urbanih aglomeracij, ampak v posebnem smislu mest, ki so zaobjemala tudi mestni teritorij, okoliško podeželje. Rimsko mesto, temeljni kulturni konstrukt rimskega obdobja, je s svojo vlogo glede na pripadajoče podeželje - mesto je upravnoadministrativni, ekonomski in religiozni center svojega teritorija - oporna točka rimske države. Poleg tega pa kot centralno naselje svojega teritorija ni zgolj prostor interesov mestnih prebivalcev, ampak vseh prebivalcev teritorija, celotne skupnosti.

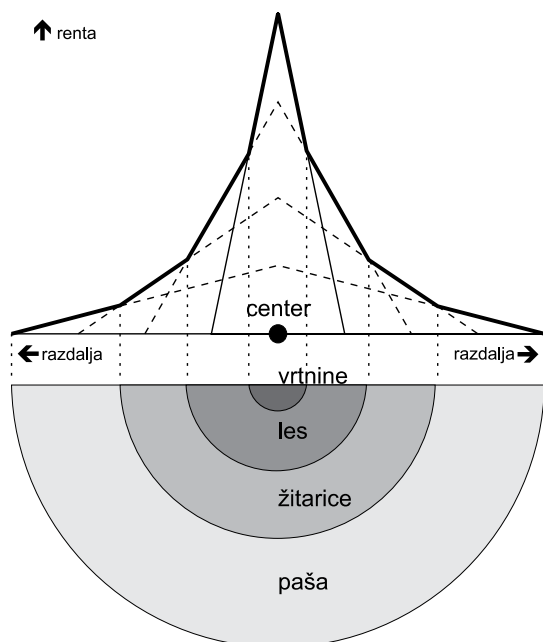
V vrsti medsebojnih odnosov med rimskim mestom in podeželjem je eden najpomembnejših ekonomski, ne samo za študij rimskodobne poselitve, ampak rimske družbe sploh (prim. Wallace-Hadrill 1991, str. xv). Danes je praviloma razumljen skozi Finleyev model mesta-potrošnika (prim. Finley 1987), ki rimsko mesto vidi kot center administracije, državne religije, skromne obrti in kot trg, predvsem pa kot center potrošnje. Ključna ideja Finleyevega modela je ekonomska odvisnost mesta od kmetijske proizvodnje njegovega zaledja, ki odseva v nekaterih tekstih v nekoliko poenostavljeni formulaciji: mesto troši, podeželje proizvaja. Finleyev model poleg ekonomskega neravnotežja poudarja pomen participacije ruralnega, od veleposestnika do kmeta, pri delovanju mesta, hkrati pa minimalizira pomen trgovine in menjave; večina dobrin naj bi bila porabljena lokalno. Kljub nekaterim pomankljivostim Finleyevega modela (prim. Wallace-Hadrill 1991, str. xvi; Greene 1986, str. 14) ustrenejši še ni bil vzpostavljen.

2.3 Koncentrični krogi pridelave: von Thünenov model kmetijske izrabe tal

Von Thünenov in Finleyev model se v večih točkah stikata: oba izpostavljata ključno vlogo mesta-centra ter preučujeta pridelavo in porabo na relaciji podeželje – centralno naselje. Med vrsto stvari, ki oba modela razlikuje, pa je v kontekstu tega prispevka najpomembnejše, da je Finleyev model umeščen v specifično situacijo antičnega sveta, medtem ko je von Thünenov nastal v okolju zgodnjega kapitalizma.

Poglejmo si ga natančneje (prim. Henshall 1967, str. 443–445): von Thünenov model opisuje mesto, ki leži centralno v prostoru brez zunanjih vplivov, v Izolirani deželi. To mesto je edini trg svojega kmetijskega zaledja. Okoli njega se proti obrobju Izolirane dežele vrstijo pasovi različne izrabe tal, iz zraka vidni kot koncentrični krogi okoli mesta (prim. Slika 2). Najbližje mestu so vrtnine, mleko in mlečni izdelki, ki zahtevajo največji vložek dela in ne vzdržijo dolgotrajnega transporta. Sledi pas gozda, ki je pomemben kot les za kuho, kurjavo, gradnjo; njegov transport je zaradi teže dokaj drag. V naslednjem pasu so poljščine, v glavnem žitarice, katerih pridelava je v primeri z vrtninami ekstenzivna. Ker so težje pokvarljive kot vrtnine in lažje od lesa, je njihov transport cenejši. Ekstenzivna živinoreja je najdlje od mesta, na robu Izolirane dežele, saj zahteva najmanjši vložek dela, transport - zagon živine do mesta - pa je najcenejši.

Model stoji na dveh predpostavkah: da intenzivnost produkcije z oddaljenostjo od mesta upada, in da vrsta izrabe zemlje z oddaljenostjo od mesta variira. Ključni pojem von Thünenovega modela je lokacijska renta, ki jo definira kot proizvajalcev presežek, ki ga ta lahko zasluži glede na lokacijo produkcije. Lokacijska renta je večja na zemljiščih z



Slika 2: Oblikovanje von Thüenove Izolirane dežele s koncentričnimi krogi izrabe tal okoli centra.

manjšimi stroški transporta, torej na zemljiščih, ki so bližje centru: oddaljenost od centra je funkcija stroškov transporta. Osnovna ideja von Thüenovega modela kmetijske izrabe tal je torej soodvisnost med intenzivnostjo kmetijske izrabe tal, oddaljenostjo od mesta-centra porabe in transportnimi stroški.

2.4 Uporaba von Thüenovega modela v arheologiji: problemi in omejitve

Von Thüenov model je bil v arheologiji večkrat uporabljan. Predvsem je z nekaterimi osnovnimi predpostavkami (princip najmanjšega napora, pojem lokacijske rente, študij razmerja center: periferija) vodil k razvoju novih konceptov in modelov, od katerih je bil najodmevnejši Vita-Finzijev koncept ekonomskega zajetja najdišča (ang. *site catchment*; Higgs in Vita-Finzi 1972). V študiji R. Paynterja (1982) je bil von Thüenov model uporabljen kot eden od modelov za razumevanje periferne prostorske organizacije. V rimski arheologiji je model predstavil A. Carandini (1985) v članku o kmetijski izrabi tal v predmestjih Rima.

Uporaba von Thüenovega modela v kontekstu arheološke študije je povezana z nekaterimi teoretskimi razmisleki in metodološkimi problemi. Najprej k prvim: za generiranje krajine na osnovi koncepta lokacijske rente so potrebni točni podatki (predvsem cene, donos in stroški transporta različnih pridelkov), ki za marsikatero arheološko študijo niso na voljo. To velja tudi za emonski prostor. Vendar pa uporabnost modela lahko utemeljimo s splošno značilnostjo vzorcev kmetijske izrabe tal: najbližje centru je tista izraba, ki je najbolj intenzivna v smislu vložka dela, najmanj intenzivno izrabljan prostor pa je najbolj oddaljen od centra (Paynter 1982, str. 178; Carandini 1985, str. 66). Naslednji pomislek je

vpetost von Thünenovega modela v okolje kapitalistične produkcije in tržne menjave. Je tak model sploh uporaben za študijo, postavljeno v specifično okolje antične ekonomije? Tu uporabnost modela potrjuje dejstvo, da je vzorec koncentričnih pasov v kartah produkcije opazen v tako različnih situacijah kot pri ljudeh višavske Nove Gvineje, pri Ašantih in v ekonomijah Zahoda (Paynter 1982, str. 179), in da so osnovne zakonitosti von Thünenovega modela opisovali rimski agronomi (Carandini 1985, str. 67). Rimsko gospodarstvo je nedvomno težilo k dobičku (Kehoe 1994), čeprav ne v preprostem smislu stalne profitne naravnosti prebivalcev von Thünenove Izolirane dežele.

Metodološki problemi so vezani predvsem na koncept izotropične ravnine. Tipično von Thünenovo krajino koncentričnih krogov izrabe tal okoli centra (prim. Slika 2) lahko opazujemo samo, če je zadoščeno vrsti pogojev:

1. centralno mesto leži sredi Izolirane dežele, ki je brez zunanjih vplivov, in je edini trg te dežele,
2. površina Izolirane dežele je neomejena ravnica, ki je v vseh pogledih homogena: ploska, z uniformno topografijo; kmetje transportirajo svoje pridelke po ploski površini v ravni črti do centralnega mesta,
3. v Izolirani deželi je homogena tudi kvaliteta prsti.

Pri spreminjanju naštetih pogojev (prim. Henshall 1967, str. 444) se spreminja tudi tipična von Thünenova krajina koncentričnih krogov. V aplikaciji modela na emonski prostor spreminjam našete pogoje glede na specifične tega prostora in časa.

3 APLIKACIJA: GIS V IZOLIRANI DEŽELI

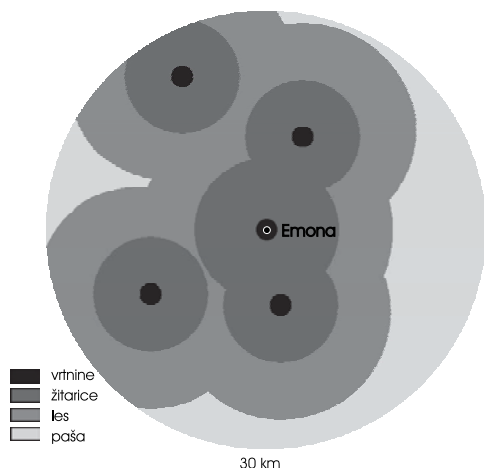
Aplikacija je bila narejena s pomočjo Idrisi GIS-a. Uporabljeni podatki so bili organizirani na dveh nivojih: kot prostorski podatkovni sloji (digitalni model reliefa, hidrološki in pedološki sloj) in kot tekstovni podatki (podatki o arheoloških najdiščih).

Kot izhodišče je bil najprej izdelan izvorni von Thünenov model. Za izdelavo prvega sloja je bila uporabljena evklidska razdalja od Emone, za izračun lokacije pridelave posamezne poljščine pa uporabljena formula: $R_{ij} = R_{i0} - d_j * T_i$, kjer je R_{ij} lokacijska renta za posamezno poljščino i v celici j , R_{i0} renta te poljščine v centru, d_j razdalja med celico j in centrom in T_i strošek transporta te poljščine. Posamezne poljščine imajo različno rento v centru in različen strošek transporta. Rezultat so različno strmi "stožci" (prim. Slika 2), ki kažejo lokacijsko rento posamezne poljščine. S pomočjo modula *mdchoice* v Idrisiju, ki za vsako celico pokaže, kateri izmed množice vhodnih slojev ima v neki celici največjo vrednost, ugotovimo, katera poljščina ima na določeni oddaljenosti od trga največjo lokacijsko rento, oziroma, kje je to poljščino najbolj donosno pridelovati.

V nadaljevanju je modeliranje teklo v treh fazah, ki odgovarjajo zgoraj naštetim metodološkim pomislekom:

V model sem vključila štiri lokalne tržne centre: Vrhniko, Kranj, Mengeš in Ig, ugotovljivimi glede na arheološke podatke (Županek 2001, str. 43–44). Vsi so, kot Emona, trgi za prodajo v emonskem prostoru pridelanih poljščin, vendar je model prirejen tako, da je cena enake poljščine v Emoni višja kot na lokalnih trgih. Modeliranje je za vsak center potekalo po enakem postopku, kot je opisan zgoraj, le v lokalnih centrih je za vsako poljščino R_{i0} nižja kot v Emoni. Ker je emonski trg modeliran kot privlačnejši, z višjim dobičkom za

Slika 3: Aplikacija von Thünenovega modela: na izotropični ravnini.

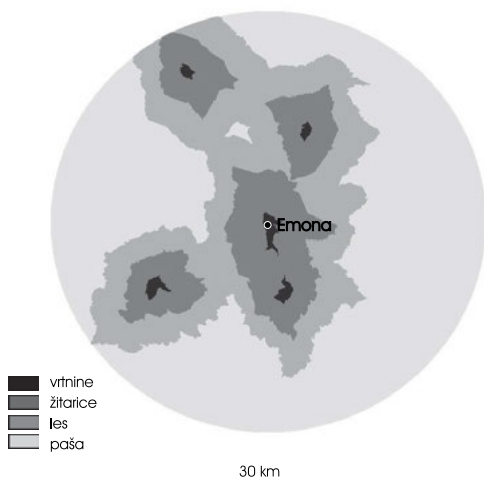


posamezne poljščine, so krogi kmetijske izrabe tal okoli njega širši (Slika 3).

V naslednji fazi so bili namesto enakih stroškov transporta zaradi izotropične ravnine uporabljeni stroški transporta po realistični površini. Razdaljo d zamenja težavnost gibanja po terenu, ki je izračunana iz reklasificirane karte naklonov, rečne mreže in rekonstruirane rimske mreže komunikacij. Slednjo sestavlja rekonstruirana rimska mreža cest in plovnih rek (prim. Županek 2001, str. 44–46). Strošek transporta je pri rečnem prometu modeliran štirikrat manjši kot pri kopenskem, v skladu z za rimski čas ugotovljenimi razmerji med rečnim in kopenskim prometom (Duncan-Jones 1974, str. 366–369; Kunow 1980, str. 21–23). V tej fazi območja pridelave posameznih poljščin nimajo več oblike koncentričnih krogov, ampak je njihova velikost in oblika odvisna od reliefa, vodotokov in rimske mreže komunikacij (Slika 4).

V okviru tukaj predstavljene aplikacije je največji približek realistični situaciji izdelava

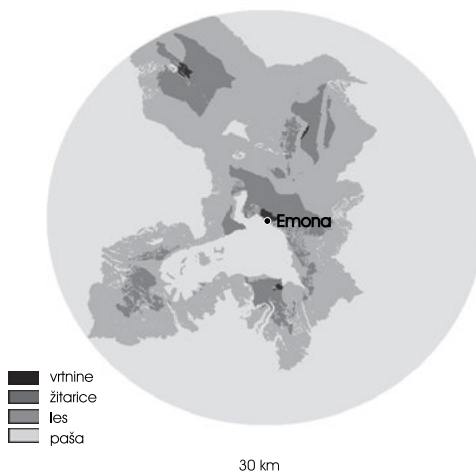
Slika 4: Aplikacija von Thünenovega modela: na realistični površini.



modela na karti kmetijskega potenciala. Najprej je bila na podlagi pedološke karte, reliefa, naklonov in nadmorske višine narejena karta kmetijskega potenciala. Za njeno izdelavo so bili uporabljeni kriteriji, ki jih izpričuje zemljemerec Higin (*Hyginus Gromaticus, Constitutio Limitum, Th 168-9*) v smislu rimske kategorizacije zemlje v provinci Panoniji. V nadaljevanju modeliranja je bila uporabljena predpostavka, da morata biti za gojenje določene poljščine na nekem prostoru izpolnjena dva pogoja: da jo je možno prodati z največjim dobičkom (da je vzgoja te poljščine na tem prostoru najbolj ekonomska) in da tla omogočajo njeno rast. Pri izračunu tako za tisto celico, kjer tla ne omogočajo rasti najbolj ekonomske poljščine, določimo sicer manj profitno poljščino, ki pa je hkrati najbolj profitna glede na kmetijski potencial tal v celici. Skratka, na oblikovanje območij različne kmetijske izrabe zdaj ne vplivajo več samo ekonomski dejavniki, kot je razdalja, ampak tudi ekološki, kot je kvaliteta prsti. Ekonomski dejavnik ostaja primaren: poljščina z največjo rento raste povsod, če ji to omogoča ekološki dejavnik, kvaliteta prsti. Če je kvaliteta prsti nekje preslaba za poljščino z največjo rento, raste tam poljščina z drugo največjo rento, če na tistih tleh lahko uspeva, in tako naprej. Na najboljših tleh lahko rasejo vse poljščine, na najslabših so samo pašniki. Hkrati pa z oddaljenostjo od centrov intenzivnost pridelave upada, saj stroški pridelave in transporta naraščajo - dlje od trga kot leži neko kmetijsko zemljišče, večja je verjetnost, da se bo na sicer zelo dobri, za najbolj zahtevne poljščine primerni zemlji pasla živina (Slika 5).

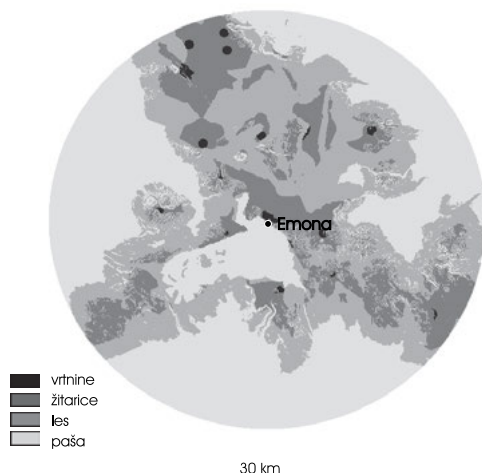
4 REZULTATI

Slika 5: Aplikacija von Thüenovega modela: na karti kmetijskega potenciala.



Aplikacija von Thüenovega modela na emonski prostor omogoča razumeti vlogo in delovanje centralnega ter lokalnih trgov ter širšo kmetijsko-ekonomsko izrabo tega prostora. Ob tem je razširitev aplikacije s slojem arheološko ugotovljenih podeželskih naselbin (kmetij ipd., znotraj aplikacije definiranih kot namenjene samo pridelavi) dala določen vpogled v poselitveno logiko v izbranem prostoru in času (Slika 6; Županek 2001, str. 74–75).

Medtem ko del poselitve emonskega prostora skozi uporabo von Thünenovega modela lahko razumemo predvsem v luči ekonomskih prednosti, so nekatere poselitvene točke razložljive povsem strateško.



Slika 6: Aplikacija von Thünenovega modela: ekonomska izraba tal emonskega prostora v času od 1. do 4. stoletja.

5 SKLEP

V prispevku predstavljam aplikacijo von Thünenovega modela kmetijske izrabe tal na teritorij kolonije Emone v času od prvega do četrtega stoletja. Von Thünenov model je uporabljen kot hevrstično orodje za razumevanje tako odnosa med trgi, razdaljo in kmetijsko produkcijo kot posledično poselitvene logike v izbranem prostoru in času.

Prednost predstavljene aplikacije je njena implementacija v GIS, ki omogoča vrsto metodoloških rešitev. Poleg v prispevku prikazanih možnosti GIS ponuja še vrsto procedur za bolj kompleksno modeliranje von Thünenovih izhodišč: možnost eksperimentiranja z različnimi koeficienti rente, modeliranje nihanj cen itd.

VIRI IN LITERATURA

- Carandini, A. 1985: Hortensia, Orti e frutteti intorno a Roma. V: Misurare la terra: centurizzazione e coloni nel mondo romano, Citta, agricoltura, commercio: materiali da Roma e dal suburbio (R. Bussi in V. Vandelli ur.), str. 66–74. Roma.
- Duncan-Jones, R. 1974: The economy of the Roman Empire: quantitative studies. Cambridge.
- Finley, M.I. 1987: Antična ekonomija. Studia humanitatis, 2. letnik. Ljubljana.
- Greene, K. 1986: The archaeology of Roman economy. London.

- Henshall, J.D. 1967: Models of agricultural activity. V: Models in Geography (R.J. Chorley in P. Hagget ur.), str. 361–458. London.
- Higgs, E. S. in Vita-Finzi, C. 1972: Prehistoric economies: a territorial approach. V: Papers in economic prehistory (E. S. Higgs ur.). Cambridge.
- Kehoe, D.P. 1994: Approaches to profit and management in Roman agriculture: the evidence of the Digest. V: Landuse in the Roman empire (J. Carlsen ur.), *Analecta Romana Instituti Danici, Supplementum XXII*, str. 45–58. Roma.
- Kunow, J. 1980: *Negotiator et Vectura: Händler und Transport im freien Germanien*. Kleine Schriften aus dem Vorgeschiehtlichen Seminar Marburg, Heft 6. Marburg.
- Paynter, R. 1982: Models of spatial inequality. Settlement patterns in historical archaeology. *Studies in historical archaeology*. New York.
- Plesničar Gec, L. 1997: Emona v pozni antiki v luči arhitekture. *Arheološki vestnik* 48, str. 359–370. Ljubljana.
- Wallace-Hadrill, A. 1991: Introduction. V: City and country in the ancient world (J. Rich in A. Wallace-Hadrill ur.), *Leicester-Nottingham Studies in Ancient Society*, Vol. 2, str. ix–xviii. London.
- Županek, B. 2001: Ljubljanski prostor v rimskem času. Magistrska naloga, Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta. Ljubljana.