

# ZASNOVA IN IZDELAVA DIGITALNE DRŽAVNE TOPOGRAFSKE KARTE 1:25 000

Grega Sever, mag. Dalibor Radovan  
Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG, Ljubljana  
Prispelo za objavo: 1995-06-21  
Pripravljeno za objavo: 1995-08-03

## Izvleček

*Predstavljena je testna izdelava prve slovenske digitalne topografske karte v merilu 1:25 000 v popolnoma vektorski obliki. Sprva sta pojasnjena termina topografska in kartografska baza ter pomen digitalne in tiskane karte. Opisani so vrstni red dela, kartografski viri, programska oprema Cartographics v okolju Arc/Info, organizacija podatkov, način zajema grafike, problemi simbolizacije, oblikovanje kartografskih znakov ter končni izdelek na papirju in filmih.*

**Ključne besede:** Arc/Info, Cartographics, digitalna topografska karta 1:25 000, Geodetski dan, kartografska baza, Otočec, vektorska podatkovna struktura, 1995

## Abstract

*The article describes the test production of the first Slovenian digital topographic map at 1:25 000 scale in completely vectorized form. First, the order of processing phases is shown, followed by descriptions of cartographic sources, Cartographics software in an Arc/Info environment, data organization, principles of data acquisition, problems of symbolization, design of cartographic symbols, and the final product on paper and films.*

**Keywords:** Arc/Info, cartographic database, Cartographics, digital topographic map at 1:25 000 scale, Geodetic workshop, vector data structure, 1995

## 1 UVOD

### 1.1 Stanje doma in v tujini

Od leta 1959, ko je študent washingtonske univerze in danes že upokojeni svetovno znani kartograf Waldo Tobler objavil članek z naslovom Avtomatizacija v kartografiji, ki ga štejeemo za začetek sprva utopičnih razmišljanj o računalniški izdelavi kart, je kartografija naredila ogromen preskok z vključitvijo v informacijske tokove konca dvajsetega stoletja. Kljub temu pa še danes nismo sposobni digitalne karte izdelati popolnoma avtomatsko. Digitalno da, avtomatsko pa ne! Dandanes v poplavi GIS-ov, kartografske in CAD programske opreme lahko

izbiramo med različno dobrimi in dragimi konfiguracijami, ki nam omogočajo oblikovanje kartografskih izdelkov po različnih postopkih in tehnologijah. V tujini že več kot deset let to niso več raziskovalni problemi, saj je bistvenejše vprašanje, kako zagotoviti sredstva in uporabnike za takšne količine prostorskih podatkov. Iz teh razlogov bogatejše države v večji ali manjši meri podpirajo lastne modele digitalnega kartiranja znotraj svojih nacionalnih kartografskih sistemov. Organizacijske in tehnične rešitve prilagajajo svojim virom podatkov, potrebam, ekonomiki in velikosti ozemlja.

V Sloveniji so se intenzivnejša razmišljanja o informatizaciji (kompjuterizaciji) na področju geodezije začela po osamosvojitvi, vendar večinoma niso prišla dlje kot do vzpostavljanja digitalnih baz, kvalitetna digitalna kartografija pa ni bila obravnavana kot samostojen problem. Pobuda za preliminarne raziskave in testno izdelavo prve slovenske digitalne topografske karte v merilu 1:25 000 je na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo FGG (IGF) vzniknila kmalu po zaključku projekta vzpostavitve in vodenja topografske baze srednje natančnosti (TBS), ki ga je IGF izdelal po naročilu Geodetske uprave Republike Slovenije v začetku leta 1994 (Radovan et al, 1994). Takratni cilj naloge je bila idejna zasnova digitalne baze, ki bi reševala problematiko srednjih meril oziroma srednje stopnje generalizacije realnega modela topografije, kar v kartografiji pomeni približno merila med 1:25 000 in 1:100 000.

## 1.2 Terminologija in novi cilji

Ker je terminologija, ki obravnava pojem digitalne karte, precej razvejana, saj vključuje teoretične modele realnih, virtualnih in mentalnih kart (gl. npr. Moellering, 1991), je v članku zaradi lažjega razumevanja uporabljena pragmatičnejša opredelitev teh izrazov. Ob izdelavi projekta TBS je bilo ugotovljeno, da je na trenutni tehnološki stopnji smiselno izdelati tri spodaj navedene predstavitve topografije:

Topografsko bazo, ki naj bi v skladu s postavljeno stopnjo generalizacije TBS-ja v čim večji meri ohranjala podobo realnega stanja na terenu ob upoštevanju medsebojnih prostorskih topoloških odnosov med objekti. Pozicijska natančnost bi bila pri tem približno enaka natančnosti uradne državne topografske karte v merilu 1:25 000 (DTK 25), ki je nekoliko boljša od 15 metrov (Radovan et al. 1994, Rojc et al. 1995). Fizična organizacija take baze je podrejena poizvedovanjem in uporabi v GIS sistemih.

Kartografsko bazo, ki je sicer podobna topografski bazi, vendar od nje odstopa tako po poziciji, merskosti, kot tudi po topološki ureditvi in notranji organizaciji. Kartografska baza je podrejena zakonitostim kartografskega oblikovanja, ki poleg matematičnih predpostavk upošteva tudi psihološke procese zaznavanja. Odstopanja od topografskega modela nastanejo zaradi generalizacije in uporabe kartografskih pogojnih znakov (računalniške simbolizacije). Fizična organizacija baze se mora prilagoditi uporabi kartografskih izraznih sredstev, predvsem barv, ter zahtevam reprografije in tiska. Poizvedovanja so tu povsem stranskega pomena, saj je tudi opisni del baze namenjen predvsem definiranju grafičnih spremenljivk, manj pa lastnostim objektov. Termin digitalna (topografska) karta je pri tem uporabljen za kartografsko bazo v končni, simbolizirani obliki, tik pred pripravo barvnih separatov za tisk.

Tiskano topografsko karto, ki je v bistvu izhod kartografske baze oziroma realizacija digitalne topografske karte na trdem mediju. Ta je iz več razlogov zankrat nepogrešljiva. Trenutno namreč še ne obstaja računalniški medij, ki bi hkrati prikazoval (virtualno) digitalno karto in bil podoben tiskani karti po obliki, formatu, debelini, prenosnosti, robustnosti, cenenosti in barvah (naravnih, nefluorescirajočih in refleksijskih).

Dela, opisana v tem članku, obravnavajo predvsem testiranje tehnoloških pogojev izdelave zadnjih dveh produktov, tj. kartografske baze in karte, vključno z računalniško izdelavo reprodukcijskih originalov. Novi cilj naloge je bil izdelati digitalno karto tako, da bi bila po obliki čim bolj podobna klasični DTK 25. Metodološke smernice organizacije, vzdrževanja in vodenja baze so nakazane v idejnem projektu TBS-ja, zato niso bile predmet teh raziskav.

## 2 TEHNIČNA IZVEDBA DIGITALNEGA KARTIRANJA

### 2.1 Vrstni red dela

Opisan je vrstni red delovnih postopkov, nato pa še pomembnejši problemi, po katerih se izdelava digitalne karte razlikuje od bolj ali manj znanih načinov zajema in organizacije topografskih baz. Faze dela so v grobem naslednje:

- priprava virov (reprodukcijski originali, pravokotne koordinate vogalov)
- izdelava entitetnega kataloga in razslojitve po plasteh
- vzpostavitev organizacije datotek in slojev v Cartographicsu (hierarhija, združevanje objektov)
- digitalni zajem podatkov z virov (desimbolizacija), grafično editiranje.
- šifriranje entitet (dodajanje opisov)
- vzpostavitev LUT tabel za kasnejšo simbolizacijo, skladno s šifriranjem
- izdelava manjkajočih kartografskih znakov, določitev gostote rastrov in končnih barv
- simbolizacija in izdelava vmesnih con za ceste
- glajenje linij in ročni popravki simbolizacije ter preostalih napak zajema
- pozicioniranje zemljepisnih imen
- maskiranje cest, koroniranje znakov, pozicioniranje višin plastnic
- dodajanje geografske mreže in okvirne vsebine
- usklajevanje med vsebinskimi plastmi
- združitev plasti v „map kompozicijo“
- dodajanje izvenokvirne vsebine
- grafično editiranje „map kompozicije“
- izdelava datotek PostScript (barvna separacija)
- izris na film in tisk.

### 2.2 Vir zajema

Topografska karta v merilu 1:25 000 (TK 25), ki je predstavljala najsprejemljivejši osnovni vir za zajem digitalnih podatkov, je najnatančnejša in najkvalitetnejša topografska karta srednjega merila v Sloveniji. Trenutno pokriva celotno območje države v 200 izdelanih listih. Vsak list je narejen s pomočjo štirih reprodukcijskih originalov v črni, modri, rjavi in zeleni barvi. Testno območje je obsegalo spodnjo

polovico lista TK 25, Kranj 012-4-1, ki je bil hkrati tudi testni list projekta izdelave nove slovenske klasične DTK 25 (Rojc et al., 1995).

### 2.3 Programska oprema

O benem je bila naloga izkoriščena za testiranje specializiranega kartografskega programskega orodja Cartographics švedske firme T-Kartor. Program deluje kot nadgradnja GIS-a Arc/Info 6.1.1. na delovnih postajah in izkorišča njegov podatkovni model in ukaze. Omogoča pripravo, vodenje in ažuriranje digitalnih kartografskih baz podatkov ter izdelavo risalnih datotek z reprodukcijskimi originali (z verzijo Arc/Info 7.0 se je Cartographics preimenoval v CPS – Cartographic Production System).

### 2.4 Entitetni katalog in organizacija podatkov

R azen skaniranih slik reprodukcijskih originalov TK 25, ki so služile le za polavtomatsko vektorizacijo, pa je posebnost izdelka popolnoma vektorska struktura kartografske baze. Vektorska podatkovna struktura zahteva vsaj vnos minimalnega smiselnega števila opisov. Ker so v kartografski bazi shranjeni vsi grafični elementi le kot tri entitete (točka, linija ali zaprt poligon), jih je treba medsebojno ločiti s šiframi v ta namen narejenega entitetnega kataloga, ki upošteva vsebinske specifikacije DTK 25 (Rojc et al., 1995). Pred zajemom podatkov in šifriranjem je bistvenega pomena organizacija vsebinskih slojev, ki so pri digitalni kartografiji odvisni od izdelave reprodukcijskih originalov, ne pa od funkcionalnosti in sorodnosti objektov, kot je to primer pri topografskih bazah ali v aplikacijah z GIS-i. Cilj je torej vizualizacija, ne pa analitična aplikacija prostorskih podatkov. Prav tako je treba upoštevati tudi tehnične zmožljivosti programske opreme. Na osnovi takšnih kompromisov so bili formirani naslednji vsebinski sloji (Sever, 1995):

- izohipse
- ceste
- točkovni kartografski znaki
- zgradbe
- gozdne površine
- okvirna vsebina
- preostali linijski objekti
- preostali poligonski objekti.

### 2.5 Tehnika zajema podatkov

D el zajema vsebine je bil opravljen z ročno digitalizacijo na digitalniku, kar je še posebej primerno v primeru dvojnih linij za ceste in točkovnih kartografskih znakov, medtem ko so bile plastnice, gozdne meje in zgradbe ekransko polavtomatsko vektorizirane iz skanirane slike s smiselnim upoštevanjem pravokotnosti pri zgradbah. Zelo pomembna faza obdelave je primerjanje in uskladitev medsebojnih pozicijskih odnosov med elementi v istem sloju ter med elementi različnih slojev. Nesoglasja so se pojavljala zaradi neizbežnih razlik med ročno digitaliziranim in polavtomatsko vektoriziranim delom ter zaradi prekinitev in prekrivanj posameznih objektov, kar je posledica kartografskih metod prikazovanja na viru zajema, ne pa posledica topoloških odnosov v realnem svetu.

## 2.6 Simbolizacija in desimbolizacija

Fazi zajema za potrebe kartografske baze lahko rečemo računalniška desimbolizacija, izdelavi digitalne karte pa ponovna simbolizacija. Lep primer so ceste in poti, ki se v odvisnosti od kategorije na DTK 25 prikazujejo z enojno linijo ali z dvema vzporednima linijama (dvojno linijo). Ker so vse ceste ročno digitalizirane po osi z enojno linijo, je bilo treba ceste, ki jih moramo na karti prikazati z dvojno linijo, spet z ustrezno simbolizacijo vzpostaviti nazaj. V ta namen Cartographics efektno izkorišča Arc/Infov ukaz Buffer, ki kreira ekvidistantne pasove – t.i. vmesne (buffer) cone, katerih robova sta enako oddaljena od osi. Funkcija robov vmesnih con je torej nadomestitev tangencialnega ročnega graviranja dvojnih linij s kozjo nogo.

Seveda pa ima vsaka računalniška rešitev simbolizacije svoje kartografske posebnosti, kot so pri cestah npr. serpentine in zelo ostri ovinki. V tem primeru so bila potrebna interaktivna poseganja v vsebino sloja. Podobno velja ponekod za glajenje linij že izdelanih cestnih pasov. Na zavojih cest levi in desni rob cestnega pasu nista iz enakih krivulj, zato glajenje ni popolnoma enako, kar pomeni, da se širina pasu spreminja. Interaktivno delo žal v avtomatizirani kartografiji še vedno zavzema precejšen segment izdelave digitalne karte. Prisotno je pri množici tipično kartografskih opravil in detajlov, kjer je potreben človek oziroma inteligentno razmišljanje. Pri delu s Cartographicsom in z večino podobnih programov so ročni posegi potrebni še pri kartografski generalizaciji, računalniški simbolizaciji, pozicioniranju zemljepisnih imen, lokalnem glajenju in editiranju, vsebinskem usklajevanju slojev, postavljanju prioritet razvrstitve znakov, koroniranju in maskiranju kartografskih znakov in napisov, označevanju plastnic po kartografskih pravilih, izvedbi slikovnih znakov za reliefne oblike (npr. znak za skalovje).

## 2.7 Oblikovanje kartografskih znakov in karte

Kartografski pogojni znaki so bili izdelani v Cartographicsu s pomočjo funkcij Arc/Info-vega modula ArcEdit. Vsak znak se oblikuje kot poseben sloj, pa naj gre za prikaz točkovnega, linijskega ali površinskega znaka. Znake z njihovimi opisnimi definicijami ter šifriranjem se shrani v knjižnico, od koder se jih pri avtomatski računalniški simbolizaciji tudi pokliče skladno z opisi entitete. Podobno velja tudi za pisave. Zemljepisna imena so pozicionirana po možnosti tako kot na klasičnem TK 25, kar pomeni, da se mora upoštevati Imhofova pravila klasične kartografije. Žal verzija Arc/Info 6.1.1. na delovni postaji, s katero je bil izveden test, še ni podpirala rastrskih pisav kartografske kvalitete s slovenskim naborom črk, zato so bile uporabljene standardno vgrajene vektorske pisave brez šumnikov.

Oblikovanje, sestavljanje in opis digitalne karte z okvirno in izvenokvirno vsebino so bili narejeni z izdelavo „map kompozicije“, kar je eden od standardnih Arc/Info-vih zapisov grafičnih podatkov. Map kompozicijo se lahko interaktivno obdeluje na monitorju in po končanem delu pošlje na risalnik. Tu se določa tudi merilo karte, odmik vsebine karte od robov lista in ostale oblikovne karakteristike izdelka. Ker so bila dela na testu končana pred zaključkom projekta izdelave novega klasičnega DTK 25, okvirna in izvenokvirna vsebina še nista usklajeni z navodili te karte.



## 2.8 Fizični izdelki

Papirna oblika testne digitalne karte je bila izdelana na barvnem rastrskem risalniku z resolucijo 300 dpi, kar je seveda odločno premajhna gostota pik (Slika 1). Risalniku je bil zaradi zagotovitve ločljivosti objektov podrejen tudi nekoliko neobičajen razpored barv. Tako so plastnice na testnem izrisu v magenti namesto v sepiji, zelena barva gozda pa je nekoliko prenasočena.

S posredovanjem podjetja Gisdata d.o.o. je bil pri belgijskem partnerju izdelan tudi prvi poizkusni komplet filmov reprodukcijskih originalov v resoluciji 1 275 dpi s pomočjo datotek PostScript. Zaradi pomanjkanja ustrezne visoko profesionalne opreme, precejšnjih stroškov in predvidenih izpopolnitev izdelka karta še ni bila tiskana, je pa v načrtu v bližnji prihodnosti. Vsekakor je trenutno največji problem izredno draga oprema za izdelavo filmov v visoki resoluciji in v velikih formatih, ki je v Sloveniji ni, kar tudi onemogoča on-line testiranje produkta.

## 3 ZAKLJUČEK

TK 25 in topografske karte merila 1:50 000 so po svetu večinoma sprejete kot temeljne systemske kartografsko-topografske osnove. Redke so države, ki imajo celotno območje prekrito tudi z načrti v večjih merilih tako, kot je v Sloveniji primer s temeljnimi topografskimi načrti v merilu 1:5 000 in 1:10 000, katerih skupno število je več kot desetkrat tolikšno kot število TK 25. Iz teh razlogov je tudi logičen odgovor na vprašanje, zakaj vzpostavljati in vzdrževati digitalno TK 25. Projekt digitalne topografske karte je smiselno združiti z izdelavo topografske baze v isti natančnosti oziroma merilu, kar smo predvideli tudi v projektu TBS-ja. To pomeni usklajeno in hkratno vodenje in ažuriranje obeh digitalnih baz. Pri tem pa ne moremo mimo trenutnega stanja strojne in programske opreme na svetovnem tržišču, ki lahko bistveno vpliva na ceno, hitrost in operativnost izvedbe projekta digitalnega kartiranja za tako veliko območje, kot je celotna država. Razpon zmogljivosti kartografskih programov se giblje od preprostejših rešitev za namizno kartografijo (desktop mapping) pa do specializiranih kartografskih produkcijskih sistemov, kjer razlika v ceni lahko doseže 10 ali celo 100 kratne vrednosti brez upoštevanja nakupa strojne opreme. Poseben problem v profesionalnih sistemih pa so cene vhodno-izhodnih naprav: skanerjev in risalnikov, ki lahko kar nekajkrat presežejo ceno že tako drage programske opreme.

V Sloveniji lahko rečemo, da smo z digitalno kartografijo komaj začeli, čeprav je bil na IGF-u že v začetku osemdesetih let izdelan tematski Računalniški atlas občine Sežana po načelih sodobnih kartografskih sistemov, le z bistveno slabšo strojno opremo in z lastnimi programi inštituta. Vsi poizkusi v zadnjih nekaj letih namreč slone v glavnem na uporabi tehnologije GIS-ov in namiznega založništva, ki pa ni izdelana za ta namen, vendar je s profesionalnega kartografskega stališča do določene ravni zasilno primerna tudi za kartografsko vizualizacijo. Z opisano raziskavo smo na IGF-u želeli preseči pri nas že nekaj časa zakoreninjeno miselnost, da je digitalna kartografija le stranski produkt komercializacije geografskih podatkov in GIS-ov.

## Zahvala

Zahvaljujemo se podjetju Gisdata d.o.o., ki nam je za čas testiranja brezplačno posodilo programsko opremo Cartographics, ter nam nudilo pomoč pri njeni uporabi.

## Literatura in viri:

Moellering, H., *Approaches to spatial database transfer standards: an introduction. Spatial database transfer standards: Current international status.* Elsevier Inc., 1991

Radovan, D. et al., *Idejni projekt vzpostavitve in vodenja topografske baze srednje natančnosti. Razvojni naloga Ministrstva za okolje in prostor in Republiške geodetske uprave, Ljubljana, 1994*

Rojc, B. et al., *Projekt izdelave Državne topografske karte v merilu 1:25 000. Ljubljana, 1995*

Sever, G., *Izdelava digitalne topografske karte v merilu 1:25 000. Diplomski naloga. FGG – Oddelek za geodezijo, Ljubljana, 1995*

Recenzija: mag. Zmago Fras  
Marjan Podobnikar