

OCENA KAKOVOSTI DRŽAVNE TOPOGRAFSKE KARTE V MERILU 1 : 50 000

QUALITY EVALUATION OF THE NATIONAL TOPOGRAPHIC MAP 1 : 50,000

Dušan Petrovič

UDK: 528.39

IZVLEČEK

V letu 2005 se je zaključila izdelava Državne topografske karte v merilu 1 : 50 000. Karta predstavlja velik dosežek slovenske kartografije, saj je izdelana po nekaterih v svetovnem merilu inovativnih postopkih, rezultatih slovenskega znanja. A za uporabnike je najpomembnejša njena kakovost. Ta je bila najprej ocenjena s predhodno oceno kakovosti v fazi priprave redakcijskega načrta. Po končanju izdelave je sledila še dejanska ocena kakovosti na osnovi primerjave na karti prikazanega stanja s podatki, pridobljenimi s terenskimi meritvami in ogledi na izbranem listu. Ocena kakovosti je bila opravljena na osnovi ISO-standardov ISO 19113:2002 GI - kakovostna načela in ISO 19114:2003 GI - postopki za ocenjevanje kakovosti, ki opredeljujeta poenoteni kakovostni model in metodologijo za določanje kakovosti prostorskih podatkov.

KLJUČNE BESEDE

topografske karte, ocena kakovosti, kakovostni model

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.01

ABSTRACT

The establishment of the National Topographic Map of Slovenia 1: 50,000 was finished in 2005. The map represents an important achievement of Slovenian cartography; some innovative methods on a world-wide scale were used in the procedure of establishment. But, the quality of the map is of most importance to users. A-priori quality estimation was made in the editorial plan prior to the map production. After finishing all sheets of the map another quality evaluation was performed. The map content was compared to the real situation in the terrain, captured by using field measurements and observations. The quality evaluation followed the requirements of ISO standards: ISO 19113:2002 GI defining quality principles and ISO 19114:2003 GI defining procedures for quality evaluation.

KEY WORDS

topographic maps, quality evaluation, quality model

1 UVOD

Topografske karte kljub vse širšemu razmahu številnih topografskih baz ostajajo pomemben vir in način predstavitve podatkov o stanju prostora. Zaradi vizualne nazornosti, celovitosti prikaza in enostavnosti uporabe ostajajo podlaga za premnoge aktivnosti, vezane na prostor. V primerjavi s topografskimi podatkovnimi bazami topografske karte od uporabnika zahtevajo manj znanja in razumevanja nastanka (vira) podatkov, neposrednih parametrov kakovosti posameznega podatka in tudi omogočajo uporabo brez prilagojene strojne in programske opreme. Poleg tega

topografske karte zaradi usklajene stopnje generalizacije vseh na karti prikazanih elementov in zaradi prikaza v različnih merilih predstavljajo že medsebojno usklajeno kartografsko osnovo določene stopnje podrobnosti, kar mora pri topografskih bazah največkrat uporabnik ustvariti šele sam.

Vendar vse navedeno velja le v primeru ustrezne kakovosti topografske karte. Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO) opredeljuje kakovost kot skup značilnosti in lastnosti proizvoda ali usluge, ki podpirajo njeno sposobnost, da zadovolji izražene ali vsebovane potrebe. Za uporabnike je pomembno, da poznajo kakovost karte, saj lahko le tako ocenijo primernost karte za določeno uporabo pred njeno dejansko uporabo. Splošno lahko kakovost karte opredelimo glede na (Šumrada, 2005):

- stopnjo dovršenosti,
- ustreznost uporabniškim zahtevam in potrebam ter
- primernost za načrtovano uporabo.

Sama kakovost izdelane karte je odvisna od objektivnih in subjektivnih vzrokov. Med drugim nanjo vplivajo (Petrovič et al., 2001): kakovost geodetske osnove in matematičnih elementov, kakovost vsebinske popolnosti in geografske resničnosti, ažurnost vsebine, preglednost in razločnost prikaza, geometrijska natančnost in grafična kakovost. Mnogo od naštetega pa je posledica ustreznosti in zavzetosti izvršenih del.

Kakovost topografske karte določimo na dva načina, in sicer s predhodno oceno (a-priori) in z dejansko, naknadno oceno (a-posteriori). Predhodno oceno natančnosti določimo pred začetkom izdelave topografske karte. Dobimo jo z analizo posameznih pogreškov, ki nastajajo pri procesu izdelave karte. V celotnem postopku izdelave karte nam postavlja omejitve, ki se jih moramo držati, da dosežemo željeno kakovost karte. Dejansko oceno natančnosti določimo po dokončani izdelavi karte s primerjavo med terenskim pregledom ali drugim kakovostnejšim virom in s podatki, pridobljenimi iz karte. Z njo potrdimo ustreznost predhodne ocene natančnosti (Peterca et al., 1974).

Geodetska služba v Sloveniji je v letih po osamosvojitvi vložila precejšnja sredstva v vzpostavitev in razvoj različnih zbirk podatkov o prostoru, med njimi tudi topografskih kart. Zbirke so se vzpostavljale hitro, a pogosto brez zadostnega in ustreznega zagotavljanja kakovosti. V postopkih priprave vzpostavitve posameznih evidenc so se sicer praviloma izvajale predhodne ocene kakovosti in rezultat ocene je v večini primerov kar metapodatek o kakovosti zbirke, namenjen uporabniku. Naknadne ocene kakovosti, ki bi potrdile ali ovrgle predhodno oceno, so bile izvedene le izjemoma. Tako so v nekaterih primerih šele uporabniki prvi opozorili na nezadostno kakovost zbirk, ki je odstopala od opredeljene ali celo od še za uporabo sprejemljive kakovosti.

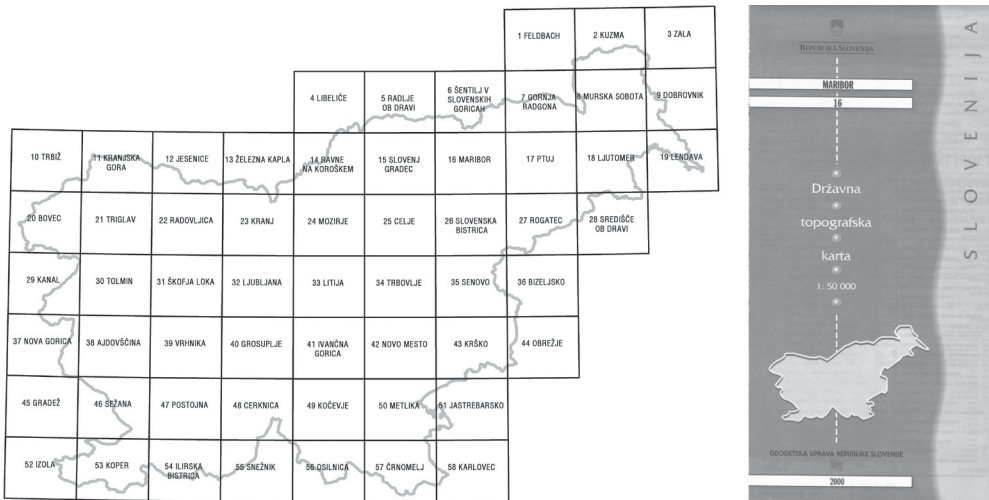
Kakovost podatkov opredeljujejo elementi kakovosti, ki sestavljajo kakovostni model. Poleg opredelitve kakovostnega modela je pomembna še izbira metodologije za določitev kakovosti geografskih podatkov. Pri izbiri so pomembne tri faze (Šumrada, 2005):

- razvoj in opredelitev ustreznega standardnega niza kriterijev oziroma pokazateljev za opredelitev kakovosti geografskih podatkov (standardni kakovostni model),

- razvoj in opredelitev ustreznih metod za testiranje in opredelitev geografskih podatkov in povezav med njimi (metodologija) ter
- opredelitev primernih metod za predstavitev in upodobitev kakovosti geografskih podatkov (standardno poročilo) ter grafična ponazoritev elementov kakovosti.

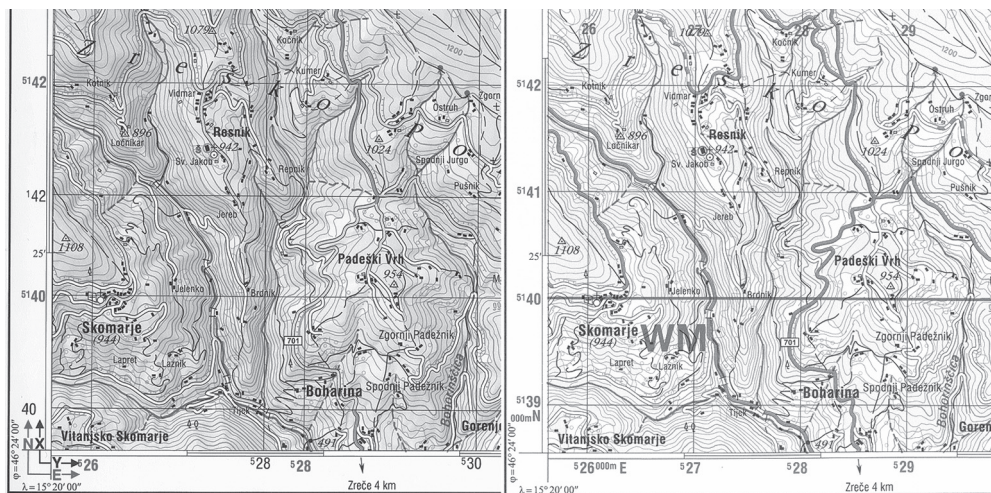
2 DRŽAVNA TOPOGRAFSKA KARTA 1 : 50 000

Državna topografska karta v merilu 1: 50 000 je najnovejša topografska karta Republike Slovenije in največji dosežek slovenske kartografije po osamosvojitvi. Priprave na izdelavo DTK 50 se začele leta 1996. Takrat je sicer intenzivno potekala izdelava listov Državne topografske karte v merilu 1: 25 000 (DTK 25, 1995–1999), za katero pa se je vedelo, da vseh potreb uporabnikov ne bo zadovoljila. DTK 25 je bila namreč izdelana še s klasično, analogno kartografsko tehnologijo in z omejeno vsebinsko dopolnitvijo osnovnega vira. Poleg tega ni ustrezala standardom zveze Nato in je bila s tem omejeno uporabna za Slovensko vojsko. Odločitev o izdelavi DTK 50 je bila zato pogojena prav z naslednjimi pogoji: ustrežanje standardom Nata zaradi možnosti uporabe čim manj predelane različice za Slovensko vojsko, uporaba sodobne računalniške tehnologije in popolna vsebinska obnova. S ciljem znižanja stroškov izdelave in zagotovitve ustrezne kakovosti se je kot najustreznejši vir izkazala karta TK 50 VGI, žal pa so bili v Slovenji na razpolago le tiskani listi, obremenjeni z geometrijskimi pogreški. Prav postopki odprave geometričnih deformacij in barvnega ločevanja posameznih vsebin iz barvne slike predstavljajo v svetovnem merilu izvirno metodo, ki so jo razvili v podjetju DFG Consulting, d.o.o. s sodelovanjem takratnega Inštituta za geodezijo in fotogrametrijo (Rojc et al., 1997). Redakcijski načrt za DTK 50 je nastajal med letoma 1997 in 2001, v tem času je bilo izdelanih tudi nekaj testnih listov za preveritev ustreznosti redakcijskih odločitev ter primernosti metode izdelave. Med ostalimi določili vsebuje redakcijski načrt tudi predhodno oceno kakovosti karte.



Slika 1: Razdelitev Državne topografske karte 1 : 50 000 (DTK 50) na 58 listov in naslovnica lista.

Redna izdelava topografske karte v merilu 1 : 50 000 se je začela leta 2000. Karto sestavlja 58 listov velikosti 20' × 12', prikazanih na sliki 1. Listi so izdelani na osnovi kartografske projekcije UTM, izračunane na elipsoidu WGS 84, in predstavljajo prvo zbirko prostorskih podatkov državne geodetske službe, ki ne ustreza obstoječemu državnemu sistemu, Gauss-Kruegerjevi projekciji na Besslovem elipsoidu. Sredstva za vzpostavitev sta zagotavljala Geodetska uprava RS in Ministrstvo za obrambo. Pri izdelavi so poleg strokovnjakov DFG Consulting, d.o.o. sodelovali še kartografi Geodetskega zavoda Slovenije, d.d. in Geodetskega inštituta Slovenije. Poleg osnovnega vira, topografske karte TK 50 VGI, so bili podatki popravkov in dopolnitev pridobljeni na osnovi fotogrametričnega zajema stereoparov CAS in terenskega pregleda, omejenega na dostopnost z vozilom. Uporabljene so bile tudi druge razpoložljive zbirke topografskih podatkov, zemljepisna imena pa so pregledali na Geografskem inštitutu ZRC SAZU. Po kartografski upodobitvi in generalizaciji popravkov in dopolnitev je bila karta v povsem zadnji fazi izdelave pripravljena za tisk v dveh različicah: kot državna (DTK) in vojaška (VTK) karta. Različici se med seboj razlikujeta v barvah cest, v prikazanih koordinatnih mrežah ter pri vsebini in postavitvi izvenokvirne vsebine, različica DTK pa vsebuje dodatno plastično metodo prikaza reliefa s poltonskim senčenjem (slika 2). VTK 50 tako povsem ustreza zavezujočim določilom zveze Nato, medtem ko je DTK 50 prilagojena posebnostim slovenskih uporabnikov.



Slika 2: Izseka iz Državne in Vojaške topografske karte 1 : 50 000 (DTK/VTK 50), Geodetska uprava RS, Ministrstvo za obrambo.

Zadnji listi so bili natisnjeni junija 2005, uradno predstavitev pa je DTK/VTK 50 doživela na slovesni predstavitvi, 22. novembra 2005. VTK 50 je namenjena uporabi znotraj služb Ministrstva za obrambo, DTK 50 pa je namenjena vsem uporabnikom kot tiskan list na papirju ali kot rastrske slike ločenih ali združenih slojev ločljivosti 300 dpi. V letu 2006 se začenja obnova prve petine listov.

3 PREDHODNA OCENA KAKOVOSTI

Pri predhodni oceni kakovosti (a-priori) topografske karte na osnovi predvidenih virov in postopkov izdelave opredelimo pričakovano kakovost končnega izdelka, karte. V splošnem lahko kakovost karte ločimo na:

- geometrijsko (položajno) natančnost v smislu velikosti odstopanja lege prikazanega objekta ali pojava na karti z njegovo dejansko lego v naravi in
- vsebinsko natančnost na karti prikazanih objektov in pojavov, npr. število nepravilnih imen naselij ali nepravilno kategoriziranih objektov.

Vsebinska natančnost karte je v splošnem odvisna od ustreznosti razvrstitve (klasifikacije), ustreznosti medsebojnih odnosov, popolnosti in časovne natančnosti. Glavni problem je dejstvo, da parametrov vsebinske natančnosti ne moremo matematično definirati in s tem objektivno meriti, ocena kakovosti je zato neobhodno povezana s subjektivno oceno ali naknadno statistično obdelavo, s katero določimo npr. število napačnih podatkov glede na število vseh podatkov iste vrste (npr. število nepravilnih zemljepisnih imen, število neprimernih kartografskih znakov ...) (Peterca et al., 1974). Predhodna ocena natančnosti je zato praviloma omejena le na oceno geometrijske natančnosti karte.

Osnovne komponente geometrijske natančnosti karte so (Peterca et al., 1974):

- horizontalna natančnost, ki se nanaša na točnost točk, linij in obrisov objektov v horizontalni legi in
- višinska (vertikalna) natančnost, ki se nanaša na točnost plastnicin kotiranih točk, ki prikazujejo nadmorske višine točk na karti. Pri tem je geometrijska natančnost karte odvisna od (Peterca et al., 1974): kakovosti geodetske osnove (geodetska mreža), metode izmere (terestrična, fotogrametrična, satelitski posnetki idr.), vrste in kakovosti uporabljenih instrumentov in priprav (računalniški programi, skener), vrste in kakovosti uporabljenih materialov (folije, papir za tisk), metode izdelave, kartografskih postopkov (klasični postopki - gravura, markiranje, preslikave, računalniški postopki - skeniranje, obdelava karte v vektorski ali rastrski obliki), reprodukcijskih in tiskarskih postopkov (kopiranja, osvetljevanje filmov, tisk, dovršitev), deformacije medija, ki nosi karto (papir, plastične folije), ter metod, pripomočkov in postopkov za merjenje lege na karti.

Če karta ni izdelana iz izvornih meritev, ampak je kot vir uporabljena druga karta, se vpliv pogreškov merjenja nadomesti s pogreški kartografskega vira (Petrovič et al., 2001). Skupna geometrijska natančnost se določi z upoštevanjem vseh vzrokov pogreškov. Analizirajo se vsi pogreški, ki se pojavijo pri posameznih postopkih izdelave karte. Končna ocena predhodne natančnosti se dobi z vsoto vseh pogreškov v skladu s pravili prenosa pogreškov.

$$m = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n m_i^2}$$

m_i = srednji pogrešek posamezne faze (i) v kartografsko-reprodukcijskem postopku

m = srednji pogrešek celotnega kartografsko-reprodukcijskega postopka

n = število faz v kartografsko-reprodukcijskem postopku

Na horizontalno geometrijsko natančnost sistema DTK vplivajo naslednji pogreški posameznih faz kartografsko-reprodukcijskih postopkov:

- pogrešek matematične osnove,
- lastni pogrešek originala osnovnega kartografskega vira,
- pogrešek generalizacije dopolnilnega kartografskega vira,
- pogrešek vklapljanja barv pri tisku,
- pogrešek deformacije papirja in
- pogrešek kartografskega merjenja.

Predhodna ocena horizontalne položajne natančnosti DTK 50 znaša 19,8 m (Petrovič et al., 2001).

Višinska natančnost topografskih kart je odvisna od načina prikaza reliefa. Relief se na topografskih kartah večinoma prikazuje s plastnicami in kotami. Višinska natančnost se oceni s srednjim kvadratnim pogreškom položaja plastnic in s srednjim pogreškom višinskih točk glede na bližnje točke geodetske osnove. Pri geometrični natančnosti prikaza plastnic se pojavljajo pogreški položaja, višine, oblike, zakrivljenosti, smeri, dolžine in nagiba. Predhodno pa se lahko ocenijo le pogreški položaja, višine in oblike (Petrovič et al., 2001a). Na osnovnem viru, listih TK 50 VGI, je bila višina zelo kakovostno prikazana s plastnicami in kotami. Ker so spremembe v reliefu majhne, se pri dopolnitvi vsebine ni predvidevalo večjih sprememb v višinskem prikazu. Zato je predhodna ocena natančnosti lahko kar privzeta iz podatkov ocene natančnosti topografskih kart VGI, ki znaša za nagibe med 10 % in 100 %: $M_h = \pm 1,9$ m do $\pm 14,5$ m (Peterca et al., 1974).

4 NAKNADNA OCENA KAKOVOSTI

Dejansko oceno kakovosti določimo po dokončani izdelavi karte s primerjavo med terenskim pregledom ali drugim kakovostnejšim virom in s karte pridobljenimi podatki. Z njo potrdimo ali ovrzemo ustreznost predhodne ocene natančnosti. Glede na obsežnost in količino na topografski karti prikazanih podatkov je razumljivo, da popolna kontrola ni mogoča in jo lahko nadomestimo le z vzorčno kontrolo.

4.1 Kakovostni model

Kakovostni model vsebuje opredelitev kriterijev, po katerih ocenjujemo kakovost določenega izdelka. V Sloveniji je veljaven standard SIST, ki je privzet na podlagi standarda ISO 19113:2002 in opredeljuje poenoten kakovostni model za prostorske podatke. Elementi kakovosti, ki tvorijo ISO-standardni kakovostni model, se delijo na tri pregledne (kvalitativne) elemente kakovosti, ki so:

- namen,
- uporaba in
- poreklo,

ter na pet osnovnih (kvantitativnih) elementov kakovosti:

- položajna natančnost, ki obsega horizontalno in višinsko natančnost,
- tematska natančnost,
- časovna natančnost,
- popolnost podatkov in
- logična usklajenost.

Osnovni elementi kakovosti imajo lahko določene podelemente, ki služijo za podrobnejšo opredelitev kakovosti podatkov v podatkovnem nizu (Šumrada, 2005).

Položajna natančnost karte je podana s srednjim kvadratnim pogreškom ravninskih koordinat m_x in m_y in srednjim kvadratnim pogreškom višine m_v ter z največjim odstopanjem ravninskih koordinat in višine. Srednji kvadratni pogrešek je dan z izrazom:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n}},$$

kjer je

$\varepsilon_{1,2,\dots,n}$... pogrešek (razlika med vrednostjo na terenu in vrednostjo na karti) in

n ... število pogreškov.

Tematsko natančnost lahko opredelimo kot razliko med opisnimi podatki nekega objekta na karti in opisnimi podatki istega objekta na terenu. Podaja zanesljivost klasifikacije, točnost količinskih (kvantitativnih) in pravilnost pomenskih (kvalitativnih) atributov in ima lahko naslednje podelemente:

- korektnost klasifikacije objektov, ki podaja zanesljivost primerjanega razvrščanja objektov v ustrezne razrede glede na uporabljen objektni katalog,
- kvantitativno točnost, ki podaja zanesljivost števnih vrednosti opisnih atributov, ter
- kvalitativno pravilnost, ki podaja doslednost neštevnih vrednosti opisnih atributov.

Časovna natančnost podaja točnost časovnih atributov in časovnih odnosov med objekti in ima lahko naslednje tri podelemente:

- točnost časovnih meritev, ki podaja pravilnost ali odstopanje časovnih podatkov o prostorskih pojavih ali objektih,
- časovno usklajenost, ki podaja usklajenost razvrstitve ordinalnih podatkov, ter
- časovno veljavnost, ki podaja skladnost ali obstojnost podatkov glede na časovno razsežnost.

Pri logični usklajenosti se na karti preučujejo predvsem odnosi in povezave med posameznimi objekti, popolnost pa podaja prisotnost oz. odsotnost objektov, atributov ali relacij v podatkovnem nizu, v našem primeru na karti.

4.2 Določitev vzorca ter zajem referenčnih podatkov

Ocena kakovosti je zaradi množice na karti prikazanih objektov in pojavov lahko le vzorčna. Vzorec navadno predstavlja naključno izbrana končna podmnožica objektov. Je področje v delu populacije, kjer se izvede pregled (vseh ali izbranih) podatkovnih predpostavk. Odločitev o velikosti in načinu izbire reprezentativnega vzorca je zelo pomembna, še zlasti, če upoštevamo tudi lokacijske značilnosti, prostorsko porazdelitev ter druge posebnosti prostorskih podatkov, kot sta na primer popolnost in usklajenost. Objekti, prikazani na karti, so zelo raznoliki in zato smo se namesto verjetnostne odločili za določitev vzorcev na podlagi ocenjevanja. Najprej smo določili območje, na katerem smo izbirali vzorce. DTK 50 je sestavljena iz 58 listov. Vseh 58 listov je bilo izdelanih po enaki metodologiji in z istimi izvajalci. Na osnovi tega smo se odločili za izbiro enega lista, ki je bil izdelan v sredini izdelave, ki vsebuje raznolike pokrajinske značilnosti, veliko pogostih posegov v prostor in nam je bil lahko dostopen. Vse navedene pogoje izpolnjuje list 32 Ljubljana.

Na izbranem listu Ljubljana smo izbrali vzorčne točke, na katerih bi primerjali parametre kakovosti. Vemo, da so različni objekti na karti prikazani z različno stopnjo kakovosti, predvsem položajne natančnosti, in tako lahko elemente prikaza na karti razvrstimo v tri skupine:

- I. skupina: trigonometrične točke, ki so na karti določene z maksimalno natančnostjo, $\pm (0,01-0,02)$ mm v merilu karte, višine pa določene z geodetsko meritvijo;
- II. skupina: pomembne orientacijske točke in značilni objekti, kot so križišča in osi prometnic, poteki vodotokov, reliefni ekstremiti (vrhovi), natančnost kartiranja $\pm (0,2-0,3)$ mm, višine, podane s kotami, ter
- III. skupina: robovi prometnic, posamezni objekti, vegetacija, ki so zaradi dimenzij kartografskih znakov praviloma položajno premaknjeni in je ohranjen le njihov medsebojni položaj (natančnost kartiranja do $\pm 0,6$ mm v merilu karte, višina točk pa je le posredno določljiva na osnovi plastnic (Peterca et al., 1974).

Zavoljo tega smo izbrali vzorčne točke iz vseh treh skupin, jih enakomerno porazdelili po območju lista in jih tudi razporedili glede na geografske značilnosti prikazanega območja. Vseh izbranih vzorčnih točk je bilo 77 (slika 3) in na vsaki izmed njih smo določali odstopanje med prikazom na karti in realnim stanjem v naravi za opredelitev tistih izmed petih elementov kakovosti, ki so bili za posamezno točko smiselni (Pivc, 2005).



Slika 3: Razporeditev 77 vzorčnih točk na listu DTK 50 Ljubljana.

Referenčne podatke smo zajeli s terensko meritvijo in ogledom, ki je bil opravljen konec leta 2004. Pri karti v merilu 1 : 50 000 lahko koordinate točk na karti odčitamo na 0,5 mm natančno, kar v naravi predstavlja 25 m. Predhodna ocena horizontalne natančnosti znaša $\pm 19,8$ m, ocena vertikalne natančnosti pa $\pm 14,5$ m. Zaradi tega je za oceno dejanske natančnosti karte zadoščala natančnost izmere med ± 5 m in ± 10 m, kar pa smo lahko dosegli že s polstatično metodo izmere z ročnim GPS-sprejemnikom. Uporabili smo dva sprejemnika, Garmin GPSMAP 60CS in Trimble Geoexplorer 2. Slednji omogoča naknadno korekcijo rezultatov opazovanj, ki pa je nismo uporabili. Med samo meritvijo smo kljub vsemu preverili natančnost GPS-meritev s primerjavo izmerjenih vrednosti na trigonometričnih točkah s podatki iz baze geodetskih točk (Geodetska uprava Republike Slovenije). Srednji kvadratni pogrešek GPS-sprejemnika Trimble Geoexplorer 2 je znašal: $m_y = \pm 1,260$ m, $m_x = \pm 1,268$ m in $m_v = \pm 1,142$ m, srednji kvadratni pogrešek GPS-sprejemnika Garmin GPSMAP 60CS pa: $m_y = \pm 1,75$ m, $m_x = \pm 1,03$ m in $m_v = \pm 5,97$ m. Obe natančnosti sta bili bistveno boljši od pričakovane natančnosti karte, zaradi enostavnosti uporabe pa smo se v nadaljevanju odločili za uporabo GPS-sprejemnika Garmin GPSMAP 60CS. Izmed 77 izbranih točk smo bodisi zaradi nezanesljive interpretacije na terenu bodisi zaradi nezadostnega

sprejema GPS-signala izločili 19 točk, in tako smo v analizi položajne natančnosti upoštevali 58 točk vseh treh skupin (Pivc, 2005).

4.3 Analiza kakovosti

Analizo položajne natančnosti točk smo obravnavali ločeno za posamezne skupine na karti prikazanih objektov. V prvi skupini smo analizirali 7 trigonometričnih točk. Na osnovi izračunanih razlik med določenimi legami na karti ter podatki iz Baze geodetskih točk (preglednica 1) smo izračunali naslednje vrednosti položajne natančnosti:

- srednji kvadratni pogrešek po koordinatnih oseh: $m_y = \pm 6,4$ m in $m_x = \pm 5,3$ m,
- maksimalni odklon po koordinatnih oseh: $o_y = 10,9$ m in $o_x = -8,7$ m ter
- maksimalni odklon položaja: $o_p = 13,9$ m in srednji kvadratni pogrešek položaja: $m_p = 8,3$ m.

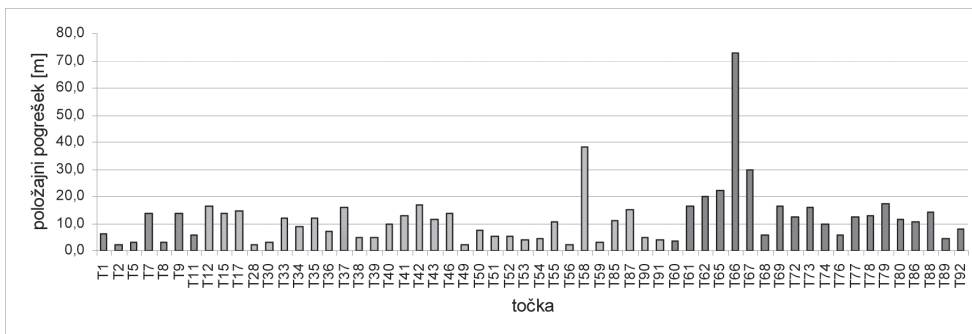
Pri oceni višin smo dobili srednji kvadratni pogrešek: $m_v = \pm 6$ m in maksimalni odklon: $o_v = 9$ m (Pivc, 2005).

Točka	Baza geodetskih točk			DTK 50			Δy [m]	Δx [m]	položajni pogrešek [m]	ΔH [m]
	y [m]	x [m]	H [m]	y [m]	x [m]	H [m]				
1	452425,6	115564,2	360,7	452428,0	115558,5	360	-2,4	5,7	$\pm 6,2$	1
2	452212,0	106132,6	802	452214,0	106133,0	807	-2,0	-0,4	$\pm 2,1$	-5
5	456213,4	102082,3	407	456216,0	102080,5	399	-2,6	1,8	$\pm 3,1$	8
7	46097,3	105075,9	310	460968,5	105084,5	308	10,8	-8,6	$\pm 13,8$	2
8	4671431,0	96821,7	467	467141,5	96825,0	458	-0,4	-3,3	$\pm 3,3$	9
9	467124,9	100095,8	288	467114,0	100104,5	285	10,9	-8,7	$\pm 13,9$	3
11	470834,9	110964,7	360	4780840,5	110962,5	353	-5,6	2,2	$\pm 6,0$	7

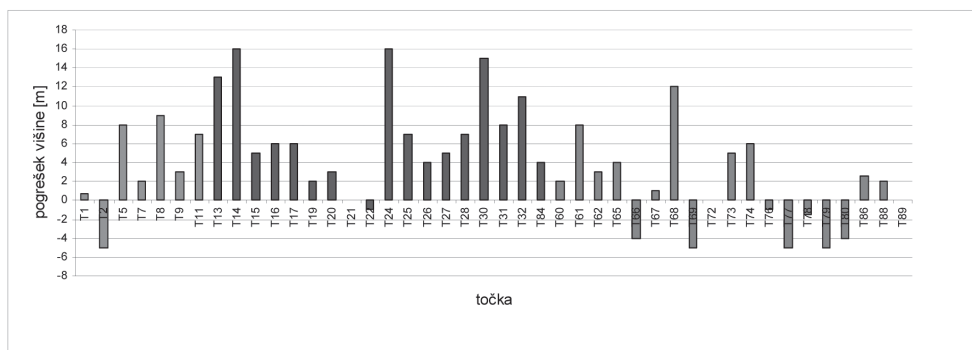
Preglednica 1: točke I. skupine – odstopanja horizontalnih koordinat in odstopanja višin.

Za točke II. in III. skupine smo odstopanja izračunali na osnovi izračunanih razlik med določenimi legami na karti ter izmerjenimi legami v naravi. Za točke, ki predstavljajo II. skupino, smo izbrali križišča cest, presečišča potokov in rek s cestami in potmi (mostove), nadvoze nad avtocesto, sotočja ter robove vodnih površin. 31 izmed njih smo uporabili za oceno natančnosti horizontalne lege, za oceno natančnosti višin pa tistih 17 točk, ki so na karti označene s koto in pripisano višino. 20 točk III. skupine pa so bile naslednji objekti: presečišča gozdnih poti, spomeniki, robovi zgradb, verska znamenja, robovi parkirišč, robovi ograj, električni drogovi in kozolci; z izjemo ene smo vse uporabili tudi za oceno natančnosti prikaza višin.

Sliki 4 in 5 grafično prikazujeta velikost in razporeditev odstopanj horizontalnega položaja ter višin za vseh 58 točk vseh treh skupin. Točke I., II., in III. skupine so med seboj ločene različnimi svetlobnimi vrednostmi sive barve.



Slika 4: Odstopanje položaja pri obravnavanih vzorčnih točkah.



Slika 5: Odstopanje višin pri obravnavanih vzorčnih točkah.

Preglednica 2 prikazuje dobljene rezultate ocene položajne in višinske natančnosti za vse tri skupine točk (Pivc, 2005):

Skupina točk	Število točk	o_1	o_2	m_1	m_2	o_3	m_3	o_4	m_4
I.	7	10,9 m	-8,7 m	± 6,4 m	± 5,3 m	13,9	8,3 m	9 m	± 6 m
II.	31 (17)	37,2 m	15,7 m	± 9,7 m	± 6,9 m	38,4 m	11,9 m	16 m	± 8 m
III.	20 (19)	59,6 m	-41,9 m	± 16,2 m	± 14,4 m	72,9 m	21,7 m	12 m	± 5 m*

* višine za točke III. skupine so bile odčitane na karti na osnovi plastnic z ekvidistanco 20 m, zato je že natančnost določitve višine omejena z največ 10 m

Preglednica 2: ocena položajne in višinske natančnosti točk glede na skupine .

Tematsko natančnost smo ocenjevali na osnovi primerjave med na karti prikazanim objektom s kartografskim znakom in na terenu opazovanim objektom. Med 77 točkami, razporejenimi po celotnem listu, je bila tematsko napačna le ena točka (1,3 %). Pokopališče, na karti prikazano kot ploskovni objekt, bi zaradi dejanske velikosti v naravi moralo biti prikazano s točkovnim

pogojnim znakom. Ker pa je za procentualno oceno vzorec 77 točk vendarle premajhen, smo se odločili še za popoln pregled tematske pravilnosti na manjšem izseku karte, velikem 4 km² (slika 6). Število vseh geografski podatkov na tem izseku je 790 in po terenskem pregledu smo ugotovili, da so od vseh teh trije geografski podatki napačni, kar predstavlja le 0,4 %. Z upoštevanjem tako vzorčnih točk kot manjšega izseka lahko z veliko gotovostjo ugotovljamo, da je tematska natančnost boljša od 98 % (Pivc, 2005).



Slika 6: Manjši izsek karte, kjer je bila opravljena popolna kontrola tematske in časovne natančnosti, logične usklajenosti in popolnosti z označenimi točkami, ki v tematskem smislu odstopajo od stanja na zemljišču.

Časovna natančnost je pri kartah med najbolj problematičnimi kriteriji kakovosti. Sam postopek izdelave karte je dolgotrajen in pogosto že ob izidu karta prikazuje zastarelo stanje. Obnova vsebine se izvaja v najboljšem primeru vsakih nekaj let. List Ljubljana je bil izdan leta 2003, kot osnovni vir dopolnitev in popravkov so bili uporabljeni stereopari cikličnega snemanja in terenski pregled iz leta 2002. V trenutku izvajanja analize kakovosti je bila tako vsebina glede na vir stara več kot 2 leti, ob tem je območje lista tudi eno najbolj intenzivnih v državi. Kljub tem dejstvom smo med 77 vzorčnimi točkami odkrili le 3, pri katerih je bila očitna razlika prikaza na karti s stanjem na zemljišču zaradi časovne razlike, na manjšem izseku iz slike 6 pa prav nobene. Nezanesljiva ocena bi matematično pomenila časovno pravilnost, boljšo od 96 %.

Bolj zanesljiva je bila ocena logične usklajenosti. Primerjali smo skladnost oz. odnose med posameznimi objekti na karti s stanjem na terenu. Izmed 77 vzorčnih točk na celotnem listu smo pri dveh zaznali logično neuskklajenost: v enem primeru gre za napačen odnos med potekom poti in vodotoka, drugi primer pa je spominska plošča, prikazana na napačni strani ceste. Med 790 objekti manjšega izseka je bila prisotna le ena logična neuskklajenost – neustrezna lega dimnika glede na ostale okoliške objekte. Delež neuskklajenih vsebin je tako manjši od 3 % ali drugače, logična usklajenost je vsaj 97 %.

Pri oceni zadnjega kriterija kakovosti, popolnosti, smo preverjali prisotnost na karti prikazanih objektov glede na število objektov na zemljišču, ob upoštevanju količinskih in pomenskih kriterijev kartografske generalizacije. Ocena na vzorcu 77 izbranih točk v tem primeru ne bi bila smiselna, zato smo se omejili na manjši izsek velikosti 4 km² (slika 6), kjer smo na terenu našli 7 na karti manjkajočih objektov: kapela, manjše pokopališče, trije kozolci, stolpnica ter slabši kolovoz, ki

predstavljajo 0,9 % vseh na izseku prikazanih objektov in pojavov. Na podlagi rezultata je torej podatkovna popolnost izseka DTK 50 99 % (Pivc, 2005).

5 ZAKLJUČEK

Zbirni rezultati ocene kakovosti DTK 50 na osnovi izbranega testnega lista so prikazani v preglednici 3 (Pivc, 2005).

Element kakovosti	Ocena kakovosti
Položajna natančnost:	
- Horizontalna natančnost: I.sk. / II.sk. / III.sk.	8,3 m / 11,9 m / 21,7 m
- Vertikalna natančnost: I.sk. / II.sk. / III.sk.	6 m / 8 m / 5 m
Tematska natančnost	98 %
Časovna natančnost	96 %
Logična usklajenost	97 %
Popolnost podatkov	99 %

Preglednica 3: ocena kakovosti DTK 50 na osnovi lista 32 Ljubljana.

Položajno natančnost moremo primerjati s predhodno določeno oceno, ki znaša za horizontalno natančnost 19,8 m in za vertikalno oz. višinsko natančnost 14,5 m. Iz dobljenih rezultatov vidimo, da dejansko izračunana položajna natančnost skoraj v celoti potrjuje predhodno oceno, nekoliko slabša je le položajna natančnost objektov III. skupine. Razlog je v dejstvu, da so v tej skupini objekti, pri katerih se v največji meri pojavi vpliv kartografske generalizacije na prikaz lege objekta na karti in je že teoretična natančnost kartiranja zgolj 0,6 mm, kar na karti v merilu 1 : 50 000 predstavlja 30 m. Hkrati so bili ti objekti pogosto v gozdu in je bil GPS-signal ustrezno slabši.

Morda nekoliko nepričakovano ugodni so rezultati preostalih elementov kakovosti, ki potrjujejo visoko kakovost DTK 50. Izdelava DTK 50 je namreč sočasno vključevala popolno tehnološko pretvorbo iz analogne v digitalno obliko, delno spremembo kategorizacije objektnih tipov, delno spremembo načina prikaza s kartografskimi znaki (nov kartografski ključ) ter še dopolnjevanje vsebine na osnovi novih virov. Že vsaka izmed teh faz sama po sebi prinaša možnosti napak, ki se med seboj seštevajo, in šele pri naslednji vsebinski obnovi se večina teh napak odpravi. Zavedati pa se moramo tudi, da je za večino uporabnikov položajna natančnost na karti prikazanih objektov drugotnega pomena, že zaradi teoretične omejenosti vsled kartografske generalizacije. Uporabna kakovost karte se tako v večini primerov ocenjuje na osnovi tematske natančnosti, časovne natančnosti, logične usklajenosti in popolnosti podatkov. Žal je pogosto ena sama neusklajenost ali tematska nepravilnost dovolj za posplošeno negativno mnenje in oceno, saj uporabnika praviloma zanima le manjši delež izmed množice objektov in pojavov, prikazanih na karti. Absolutna kakovost, ki bi zagotavljala odsotnost kakršne koli napake, pa je teoretično dosegljiva le ob neskončnem času izdelave in neskončnih finančnih vložkih.

Analiza je pokazala, da je nova Državna topografska karta 1 : 50 000 ne samo tehnološki dosežek slovenske kartografske stroke z izvirnimi metodami izdelave, ampak tudi visoko kakovosten izdelek, široko uporaben na različnih področjih in v različne namene.

Literatura in viri:

Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974). Kartografija. Vojnogeografski inštitut, Beograd.

Petrovič, D., Radovan, D., Fras, M., Rojc, B., Kogoj, M. (2001). Projekt izdelave, vzdrževanja in vodenja državnih topografskih kart. Razvojna naloga GU RS. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije.

Pivc, P. (2005). Analiza kakovosti topografske karte 1 : 50 000, diplomska naloga. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana.

Rojc, B., Petrovič, D., Radovan, D. (1997). Tehnična navodila za izdelavo Vojaške topografske karte Republike Slovenije v merilu 1 : 50 000. Ljubljana, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG.

Šumrada, R. (2005). Strukture podatkov in prostorske analize. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

doc. dr. Dušan Petrovič, univ. dipl. inž. el., inž. geod.

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si

Prispelo v objavo: 17. maj 2006

Sprejeto: 31. maj 2006