

Analiza horizontalne položajne tačnosti digitalne topografske karte 1:50 000 izdanja Vojnogeografskog instituta

BRANKO BOŽIĆ, Građevinski fakultet, Beograd,
STEVAN RADOJIČIĆ, Generalštab
Vojske Srbije, Beograd

Originalni naučni rad
UDC: 528.715.915(497.11VGI)=861

U radu je opisana metodologija ispitivanja i ocenjivanja horizontalne položajne tačnosti Digitalne topografske karte razmera 1: 50 000 u izdanju Vojnogeografskog instituta i dat pregled dobijenih rezultata. Korišćena su dva standarda, a za jedan čija je primena ocenjena kao prihvatljivija u našim uslovima, razrađen je predmer radova i dat odgovarajući proračun troškova ocenjivanja, za jedan list i za kartu u celini. Predložena metodologija se može primeniti i na druge digitalne topografske karte u izdanju Vojnogeografskog instituta.

Ključne reči: položajna tačnost, topografska karta 1:50 000, vojnogeografski institut, NSSDA, STANAG 2215

1. UVOD

Položajna (geometrijska) tačnost karte je, prema standardu ISO19114, jedan od nekoliko elemenata kvaliteta karte koji se može kvantifikovati. Od njenog poznavanja zavisi upotrebna vrednost veličina merenih na karti, što posebno dolazi do izražaja kod krupnorazmernih karata koje se u vojsci koriste za merenja, kakva je i Digitalna topografska karta razmere 1: 50 000 (DTK50) u izdanju Vojnogeografskog instituta. To je taktička karta široke namene, pogodna za orijentaciju i navigaciju, kao i za razna planiranja i praćenje situacije. Stoga se karta ove razmere najviše koristi u Vojski Srbije (kao, uostalom i u svim savremenim vojskama), pa otuda i potreba da se njen kvalitet posebno ispita.

Tačnost visina nije razmatrana, s obzirom na činjenicu da je korisnicima DTK50 dostupan Digitalni model visina pomoću kojeg se visine mogu odrediti sa tačnošću koja prevazilazi bilo koje karte razmere 1:50 000.

2. KORIŠĆENI STANDARDI

Za ocenjivanje su korišćena dva standarda: američki Nacionalni standard za tačnost podataka o prostoru, NSSDA (*National Standard of Spatial Data Accuracy*), iz 1998. godine [1] i NATO standard Ocenjivanje kopnenih i vazduhoplovnih karata i digitalnih topografskih podataka STANAG 2215, (*Evaluation of Land Maps, Aeronautical Charts and Digital Topographic Data – Standardization Agreement 2215*), iz 2002. godine [2].

Adresa autora: prof. dr Branko Božić, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

Rad primljen: 10. 03. 2009.

Oba standarda su dizajnirana za ocenjivanje položajne tačnosti karata i drugih skupova prostornih podataka u digitalnom obliku i smatraju se najboljim standardima ove vrste u svetu.

Ocenjivanje se vrši upoređenjem pravouglanih koordinata odabranih tačaka izmerenih na karti sa referentnim koordinatama. Referentne su one koordinate koje su sa adekvatnom tačnošću određene merenjima na terenu, ili preuzete iz nekog drugog izvora, tako da se njihove vrednosti mogu smatrati "istinitim" u odnosu na one merene na karti.

Tačke odabrane za ocenjivanje moraju biti jasno definisane i na karti i na terenu, tj. ne sme biti dileme na šta se tačno odnose merene ili „istinite“ koordinate.

2.1 Standard NSSDA

NSSDA propisuje ocenjivanje horizontalne položajne tačnosti na osnovu najmanje 20 tačaka po listu karte.

Najpre se za svaku tačku računaju koreni srednjih kvadratnih grešaka po osama, prema:

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dy^2} \quad i \quad RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dx^2} \quad (1)$$

gde su:

$dy_i = (y_{karta} - y_{ref})_i$ - razlike koordinata po y – osi,

$dx_i = (x_{karta} - x_{ref})_i$ - razlike koordinata po x – osi,

(y_{karta}, x_{karta}) – koordinate merene na karti

(y_{ref}, x_{ref}) – referentne koordinate,

i koren srednje kvadratne greške ukupnog položaja:

$$RMSE_i = \sqrt{dy_i^2 + dx_i^2}, \quad (2)$$

a zatim srednja vrednost korena srednje kvadratne greške odabranog uzorka:

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dy^2 + \frac{1}{n} \sum_1^n dx^2} = \sqrt{RMSE_y^2 + RMSE_x^2} \quad (3)$$

Vrednost nesigurnosti se izražava kao krug greške sa 95%-tnim nivoom poverenja, koji se u tekstu standarda označava sa *Accuracy_r*, a u ovom radu sa *NSSDA_r*.

Ukoliko je $RMSE_y = RMSE_x$, horizontalna položajna tačnosti se računa prema:

$$NSSDA_r = 1,7308 \cdot RMSE_r, \quad (4)$$

a ukoliko je $RMSE_y \neq RMSE_x$, prema:

$$NSSDA_r = 2,4477 \cdot 0,5 \cdot (RMSE_y + RMSE_x). \quad (5)$$

2.2 Standard STANAG 2215

Za razliku od *NSSDA* koji za ocenjivanje zahteva najmanje 20 tačaka po listu, *STANAG 2215* preporučuje najmanje 167 tačaka po listu.

Najpre se računa standardni krug odstupanja σ_c , na osnovu linearnih standardnih odstupanja po y i x osi (u standardu označenim kao E i N , od *Easting* i *Northing*), tj. σ_E , i σ_N :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sigma_E^2 + \sigma_N^2}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\frac{\sum (\delta E_i - \overline{\delta E})^2 + \sum (\delta N_i - \overline{\delta N})^2}{n-1} \right]} \quad (6)$$

gde su:

$\delta E_i, \delta N_i$ – pojedinačne razlike merenih i referentnih koordinata po osama E i N ,

$\overline{\delta E}, \overline{\delta N}$ – aritmetičke sredine razlika po osama.

Zatim se pristupa testiranju skupa podataka na prisustvo grubih grešaka, kao i testiranju značajnosti razlika $\overline{\delta E}$ i $\overline{\delta N}$ od nule, prema detaljno objašnjenom postupku.

Vrednost nesigurnosti se izražava kao krug greške s 90%-tnim nivoom poverenja, koji se u standardu, kao i u anglosaksonskoj literaturi označava sa *CMAS¹*.

Ako je $\overline{\delta E} = \overline{\delta N} = 0$,

$$CMAS = 2,1460 \cdot \sigma_{cr}, \quad (7)$$

a ako se $\overline{\delta E}$ ili $\overline{\delta N}$ značajno razlikuju od nule:

$$CMAS = \sigma_c \cdot \left[1,2943 + \sqrt{\left(\frac{d}{\sigma_c} \right)^2 + 0,7254} \right], \quad (8)$$

gde je:

$$d = \sqrt{(\overline{\delta E})^2 + (\overline{\delta N})^2} \quad (9)$$

Na osnovu vrednosti *CMAS*, kartografski proizvodi se, prema *STANAGu 2215*, svrstavaju u jednu od pet klasa (Tabela 1).

Tabela 1 – Klase položajne tačnosti

Klasa	CMAS	U prirodi, za DTK50
A	0,5 mm	25 m
B	1,0 mm	50 m
C	2,0 mm	100 m
D	> 2,0	> 100 m
E	bez ocene	-----

STANAG 2215, kao i *NSSDA* daje vezu između *NSSDA_r* i *CMAS*:

$$NSSDA_r = 1,1406 \cdot CMAS \quad (10)$$

Naravno, ovaj odnos važi samo ukoliko razlike nisu opterećene grubim i sistematskim greškama, odnosno ako je njihov raspored normalan.

3. DTK50 I PRETHODNA OCENA NJENE TAČNOSTI

DTK50 je nastala skeniranjem i georeferenciranjem drugog izdanja topografske karte 1:50 000 (TK50/II).

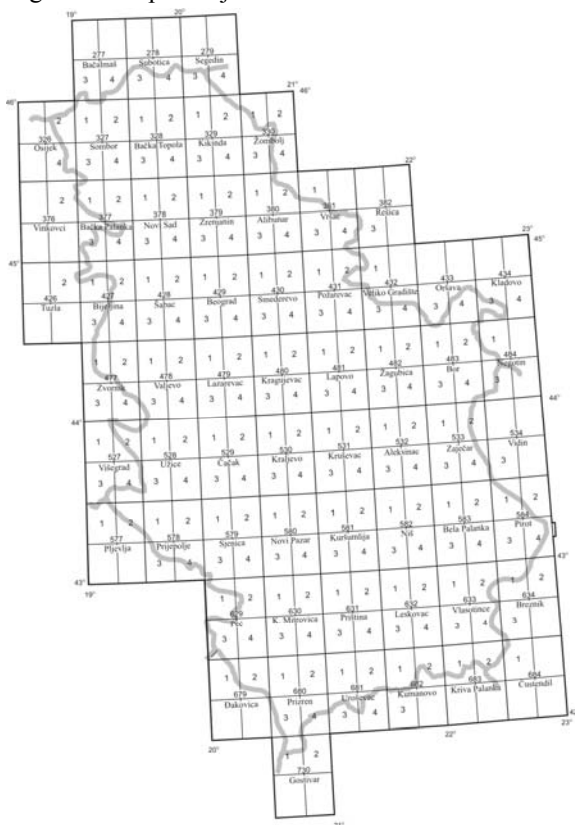
Izradi drugog izdanja TK50 Vojnogeografski institut je pristupio u trenutku kada je uočen veliki rasporak sadržaja karata prvog izdanja i stvarnog stanja na zemljištu, uzrokovanog velikim antropogeografskim promenama. Istovremeno, postojala je i potreba da se otklone uočeni propusti i nedostaci u procesu izrade prvog izdanja TK50.

Drugo izdanje je rađeno u periodu od 1978. do 1985. godine. Pri izradi TK50/II primenjen je originalan pristup i nekoliko potpuno novih postupaka u odnosu na dotadašnji način rada. Naime, dopuna sadržaja nije vršena na osnovu karte 1: 25 000 na kojoj se u tom trenutku radilo, već na osnovu fotogrametrijskog premera državne teritorije u razmerama 1: 40 000 i 1: 50 000, što je dalo ažurniji sadržaj i skratilo rokove izrade. To je prva karta VGI (i prva u domaćoj kartografiji) kod koje se čitav proces obnove vršio na transparentnim plastičnim listovima, izradom

¹ Skraćenica od engl. *Circular Map Accuracy Standard* – krug greške kao standard tačnosti karte.

tzv. originala dopune i prvi put je primenjen sistem perforiranja plastičnih listova, što je rezultiralo boljim uklapanjem elemenata sadržaja [3].

Skeniranje i georeferenciranje listova DTK50/II za teritoriju Srbije izvršeno je 2003. godine. Ovim postupkom je, osim listova na teritoriji Srbije (204 listova, slika 1) obuhvaćen i veći broj listova u širem zagračničnom području.



Slika 1 – Pregledni list DTK50 za teritoriju Srbije

Za skeniranje je korišćen laserski skener – fotoploter *Optronic P-5040-HR* američke firme *Intergraph*. Listovi su skenirani u *.tiff formatu, sa zadatim RGM modulom skeniranja, u rezoluciji od 254 tačke po inču, odnosno 0,1 mm u razmeri karte ili 5 m u prirodi [4].

Georeferenciranje je izvršeno domaćim programom *Mapsoft 2000*, odnosno njegovim modulom *Digiscan 2000*, namenjenom za georeferenciranje binarnih i kolor rastera i to na osnovu vrednosti koordinata temena i svih preseka koordinatne mreže (190 tačaka po listu). Obrada je vršena po modelu kolokacije sa filtriranjem, nakon koje su dobijeni pokazatelji tačnosti transformacije za svaku georeferenciranu tačku i za list u celini. Greška georeferenciranja je za svaki list bila, po pravilu, manja od dva metra, odnosno manje od pola piksela, što je vrlo dobar pokazatelj.

3.1 Prethodna ocena tačnosti

Prethodna ocena tačnosti predstavlja sastavni deo ocene geometrijske tačnosti karte. To je preliminarna ocena do koje se dolazi sumiranjem pojedinačnih grešaka koje nastaju u procesu izrade karte, po pravilima priraštaja (prenosa) grešaka. Za njeno određivanje neophodno je detaljno poznavanje procesa izrade karte, odnosno sagledavanje izvora grešaka po pojedinim fazama izrade i zakonitosti njihovog delovanja. Iako se ocenjivanje (odnosno kvantifikovanje) pojedinih grešaka ne može izvršiti sasvim egzaktno, prethodna ocena tačnosti ima značaj i u pripremnim radovima za izradu karte i u ispitivanjima tačnosti koja se vrše nakon izrade karte.

Prethodna ocena tačnosti za DTK50 je izvršena na osnovu 10 grešaka značajnih za definisanje položajne tačnosti ([5], tabela 2).

Saglasno tome, ukupna greška iznosi:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_{10}^2} = 0,35 \text{ mm.} \quad (11)$$

Vrednosti pojedinih grešaka su preuzete iz relevantne literature i saopštenih istraživanja (npr [6]). S druge strane, greška merenja koordinata na karti σ_{10} je određena u postupku prethodnog ocenjivanja tačnosti DTK50, pod istim uslovima pod kojima su kasnije vršena merenja u okviru ocenjivanja njene horizontalne položajne tačnosti (isti miš, monitor, uvećanje ekrana, softver, operater, itd.).

Tabela 2 – Greške horizontalne položajne tačnosti

Oznaka	Greška	Vrednost ± [mm]
σ_1	Gr. kartografskog izvora	0,15
σ_2	Gr. montaže	0,07
σ_3	Gr. kopiranja montažnog originala	0,13
σ_4	Gr. generalisanja i iscrtavanja sastavljačkog originala	0,20
σ_5	Gr. izrade predložaka za gravuru	0,08
σ_6	Gr. graviranja	0,12
σ_7	Gr. uklapanja novog sadržaja	0,12
σ_8	Gr. uklapanja boja	0,10
σ_9	Gr. skeniranja i georeferenc.	0,11
σ_{10}	Gr. merenja na karti	0,04

4. OCENJIVANJE HORIZONTALNE POLOŽAJNE TAČNOSTI

Ocenjivanje je vršeno na dva načina: (1) pomoću razlika koordinata tačaka geodetske osnove merenih

na karti i korespondentnih referentnih koordinata koje su preuzete iz Kataloga državne trigonometrijske mreže i (2) pomoću razlika koordinata jasno definisanih tačaka merenih na karti i korespondentnih referentnih koordinata merenih na terenu GPS metodom.

4.1 Ocenjivanje na osnovu tačaka geodetske osnove

Značaj ocenjivanja horizontalne tačnosti karte na osnovu tačaka geodetske osnove je u tome što se, s obzirom na tretman koje su ove tačke imale u sastavljačko-izdavačkim radovima, ostvaruje uvid u gornju granicu tačnosti karte. Prema tome, ni jedan drugi element sadržaja karte ne bi trebalo da ima bolje pokazatelje horizontalne tačnosti.

Ovo ocenjivanje je sprovedeno za uzorak od 48 listova DTK50 (oko 25%). Listovi su birani tako da obuhvate tri karakteristične epohe rada na TK50/II i da istovremeno njihov raspored na državnoj teritoriji bude što ravnomerniji (slika 2).



Slika 2 – Analizirani listovi i periodi izrade

U obradu su ušle sve tačke geodetske osnove za svih 48 listova - prosečno oko 170 tačaka po listu, a ukupno preko 8.100 tačaka. U prvom koraku, formirane su razlike merenih i referentnih koordinata, koje su analizirane kako bi se uočile i otklonile eventualne grube greške. U drugom koraku, razlike su podvrgnute obradi prema standardima NSSDA (koji

je u izvesnoj meri proširen da bi se dobili dodatni pokazatelji ostvarene tačnosti) i STANAG 2215. Obrada je vršena u *Microsoft*-ovom programu *Excel*, za svaki list u posebnoj datoteci (slika 3).

Prosečna vrednost mere $NSSDA_r$ (95%-tni nivo poverenja) iznosi 15,8m (0,32mm), a kreće se u granicama od 10,9m do 23,6m (0,22mm do 0,47mm). Prosečna vrednost mere $CMAS$ (90%-tni nivo poverenja) iznosi 14,0m (0,28mm), a nalazi se u granicama 9,6m do 20,5m (0,19mm do 0,41mm).

Treba istaći da je broj merenja odbačen na osnovu testa grubih greška bio manji od 5% po listu.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da je horizontalna položajna tačnost DTK50, ocenjena na osnovu geodetskih tačaka *saglasna očekivanjima*.

Slika 3 – Izgled Excel tabele u kojoj je vršena ocena horizontalne položajne tačnosti

Pošto se pokazatelji horizontalne tačnosti razlikuju od lista do lista, opravdano je postaviti pitanje da li je ostvarena tačnost homogena, odnosno da li su razlike u pokazateljima tačnosti značajne. Radi toga je izvršena analiza varijansi, pomoću *Excel*-ovog modula *ANOVA*. Analiza je pokazala da se dobijeni rezultati mogu smatrati, u statističkom smislu, rezultatima iste tačnosti, nakon odbacivanja šest listova.

Da bi se utvrdilo da li se uzroci nehomogenosti ovih listova nalaze u izvesnim organizacijsko-tehničkim razlikama koje postoje između tri karakteristična perioda izrade TK50/II - a uzorak je i biran tako da se o ovim periodima vodilo računa - istom metodom je analizirana homogenost unutar svakog od ova tri perioda. Pošto je u svakom periodu postojao bar jedan list čija se tačnost značajno razlikovala od ostalih, jasno je da uzrok navedenoj homogenosti nije posledica manjih razlika u proizvodnom procesu tokom ova tri perioda.

U jednačini (10) navedena je veza koja postoji između $NSSDA_r$ i $CMAS$. Pošto su u ovom ispitivanju vrednosti $NSSDA_r$ i $CMAS$ određivane nezavisno, bilo je zanimljivo da se utvrdi u kojoj je meri ovaj

odnos ostao sačuvan. S tim u vezi, napravljene su razlike vrednosti *CMAS* računane na osnovu standarda i vrednosti *CMAS* do koje se došlo preko vrednosti *NSSDA_r*, pomoću jednačine (10). Dobijene su razlike manje od jednog metra (većina je u području grešaka zaokruživanja, oko 0,1m), što svedoči o visokoj saglasnosti računatih i "teorijskih" vrednosti *CMAS* (a to važi i obrnuto, za *NSSDA_r*) i posredna je potvrda slučajnog karaktera formiranih razlika koordinata merenih na karti i referentnih koordinata.

Prikazane ocene su sračunate na osnovu relativno velikog broja tačaka (u proseku, oko 170 po listu), a *NSSDA*, kao što je rečeno, propisuje da se ocena horizontalne položajne tačnosti može vršiti već sa 20 ravnomerno raspoređenih tačaka. Stoga je bilo interesantno da se ocenjivanje horizontalne položajne tačnosti prema standardu *NSSDA* ponovi tako da se po listu uzme samo 20 ravnomerno raspoređenih tačaka i da se dobijena ocena uporedi sa onom koja je izvedena na osnovu puno većeg broja.

Za više od dve trećine analiziranih listova razlike u ocenama iznose svega oko 1m, a maksimalna razlika ne prelazi 3 m. To ukazuje da su za skoro sve analizirane listove razlike koordinata unutar jednog lista homogene, jer se vrednost *NSSDA_r* ne menja značajno sa promenom veličine uzorka. Za četiri lista kod kojih je razlika veća od 1,5m ovako visoka saglasnost se dobija kada se uzorak poveća sa 20 na 40 tačaka.

4.1 Ocenjivanje na osnovu jasno definisanih tačaka

Navedeni standardi na sličan način definišu pojam jasno definisane tačke, insistirajući na potrebi njihove nedvosmislene i jednoznačne identifikacije na karti i u prirodi, tako da ne postoji mogućnost zamene nekom bliskom tačkom. Za razliku od *NSSDA* koji ne vodi računa o pripadnosti odabranih tačaka određenim elementima sadržaja, *STANAG 2215* insistira da odabrane tačke moraju pripadati *svim* geografskim elementima sadržaja. U ovom istraživanju usvojen je taj zahtev, ali je proširen tako da se osim obuhvatanja tri osnovna elementa - situacije, hidrografije i vegetacije (tj. elemenata u crnoj, plavoj i zelenoj boji) - mora voditi računa i o njihovim kombinacijama (npr. presek puta i potoka i sl.). Naime, kao što je u prikazu prethodne ocene tačnosti pokazano, na horizontalnu tačnost utiče i greška preklapanja boja (tabela 1, σ_8), tako da se i o tome mora voditi računa.

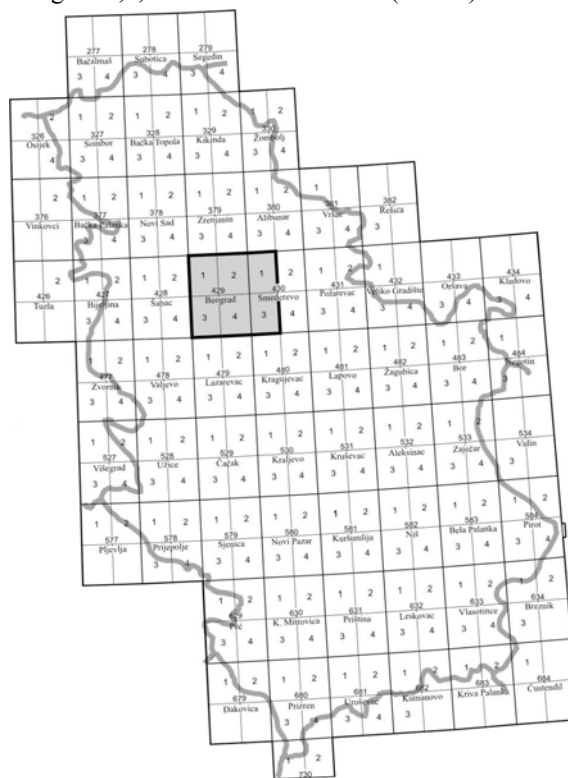
S tim u vezi, za svaki ispitivani list je formirana jedna tabela, tzv. *matrica jasno definisanih tačaka* (slika 4), koja je korišćena za planiranje i praćenje merenja i izveštavanje.

U njoj je, na glavnoj dijagonali, dat broj odabranih tačaka koje pripadaju pojedinom elementu situaciji (S), hidrografiji (H) i vegetaciji (V), a desno od glavne dijagonale broj tačaka koje pripadaju kombinacijama pojedinih elemenata; levo od glavne dijagonale je dat ukupan broj tačaka na osnovu kojeg je ocenjivan list.

	S	H	V
S	12	7	2
H		4	1
V			1
	$\Sigma=27$		

Slika 4 – Matrica jasno definisanih tačaka

Za ovaj deo analize uzeto je 6 listova DTK50: Beograd 1,2,3 i 4 i Smederevo 1 i 3 (slika 5).



Slika 5 – Listovi uzeti za analizu na osnovu jasno definisanih tačaka

Na svakom listu su GPS metodom određene koordinate za tridesetak ravnomerno raspoređenih jasno definisanih tačaka (ukupno 172).

Merenja na terenu su vršena ručnim GPS prijemnikom *Geoexplorer 3*, američke firme *Trimble*. Ispitivanje prijemnika izvršeno je na tačkama državne trigonometrijske mreže, pod istim uslovima pod kojima se merilo na jasno definisanim tačkama. Ispitivanjem je utvrđeno da se merene koordinate mogu

koristiti za ocenu DTK50 (koren srednje kvadratne greške pozicioniranja iznosi je $\pm 2,51$ m). Maksimalne razlike merenih i datih vrednosti nisu prelazile 3,12 m, što je dvostruko manje od vrednosti jednog piksela DTM50.

Beograd 1				Beograd 2				Beograd 3			
	S	H	V		S	H	V		S	H	V
S	12	8	1	C	18	8	1	C	13	7	1
H		4	1	X		5	1	X		5	0
V			$\Sigma=26$	B			$\Sigma=33$	B			$\Sigma=27$

Beograd 4				Smederevo 1				Smederevo 3			
	S	H	V		S	H	V		S	H	V
S	14	7	1	S	14	8	2	S	16	6	1
H		5	1	H		4	1	H		5	0
V			$\Sigma=28$	V			$\Sigma=29$	V			$\Sigma=29$

Slika 6 – Matrice jasno definisanih tačaka po listovima

Referentne koordinate određene GPS merenjima upoređene su sa koordinatama merenim na karti i potom izvršeno ocenjivanje NSSDA i STANAG 2215, na isti način na koji je to urađeno za tačke geodetske osnove. Osnovni pokazatelji se daju u tabeli 3.

Tabela 3 – Osnovni pokazatelji položajne tačnosti

LIST	NSSDA _r		CMAS	
	priroda [m]	karta [mm]	priroda [m]	karta [mm]
BG 1	23,5	0,47	25,0	0,50
BG 2	18,6	0,37	19,2	0,38
BG 3	20,0	0,40	20,9	0,42
BG 4	34,1	0,68	35,3	0,71
SD 1	21,0	0,42	21,2	0,42
SD 3	24,2	0,48	25,0	0,50
Prosek	23,6	0,47	24,4	0,49

U odnosu na prethodnu ocenu tačnosti, merenu korenom srednje kvadratne greške koja je iznosila 0,35mm (17,5m), ovo ocenjivanje je dalo značajno bolju vrednost, 0,27mm (13,7m). To, naravno, može da ukaže i na manjkavosti prethodne ocene tačnosti (prećenjen uticaj pojedinih grešaka, neadekvatno modelovanje i sl). Rezultati istraživanja jasno pokazuju da DTK50, sudeći prema navedenom uzorku, ima visoku tačnost. Po NATO klasifikaciji koju daje

STANAG 2215, samo list Beograd 4 spada u B klasu, dok ostali pripadaju klasi A. Mada, treba primetiti da je ocenjivanje CMAS vršeno na osnovu puno manjeg broja tačaka u odnosu na bar 167, koliko zahteva STANAG2215. Ponovnim skeniranjem, georeferenciranjem i ocenjivanjem horizontalne tačnosti za list Beograd 4, dobijeni su gotovo identični rezultati, što ukazuje da se uzroci lošijih pokazatelja za ovaj list ne nalaze u njegovom prevođenju u digitalni oblik. Pošto se pokazatelji računati za ovaj list na osnovu geodetskih tačaka ni po čemu ne razlikuju od istovrsnih pokazatelja ostalih listova, problem se očigledno odnosi samo na elemente geografskog sadržaja. To ukazuje da je do problema došlo najverovatnije u fazi dopune sadržaja, odnosno uklapanja novog sadržaja u stari.

5. PREDLOG METODOLOGIJE OCENJIVANJA DTK50

Metodologija ocenjivanja DTK koja se ovde predlaže zasnovana je na premisi da je u skoro svim oblastima, pa i ovoj, bolje prihvatiti i usvojiti neki od postojećih standarda, nego razrađivati poseban standard, koji je prilagođen vlastitim mogućnostima i resursima. Ovo stoga jer je u savremenim uslovima veoma bitno da se vlastita dostignuća i dobijeni rezultati mogu realno uporediti sa istim dostignućima i rezultatima onih zemalja koje sprovedu isti standard. To je interes i proizvođača i korisnika.

Imajući u vidu obim poslova, troškove ispitivanja horizontalne položajne tačnosti po razmatranim standardima i nivo pouzdanosti pri pažljivom izboru jasno definisanih tačaka, predlaže se primena standarda NSSDA. Ipak, ovaj standard je neophodno u izvesnoj meri dopuniti, u delu koji se tiče reprezentativnosti jasno definisanih tačaka (zahtevom da se odabranim tačkama obavezno obuhvate svi geografski elementi sadržaja i njihova kombinacija), definisanjem testa grubih grešaka kojem treba podvrgnuti razlike merenih i referentnih koordinata i sličnim dopunama koje ne menjaju suštinu i duh samoga standarda, već detaljnije razrađuju odredbe standarda.

Polazeći od iskustva stečenog tokom pripreme i realizacije terenskih merenja i njihove obrade, sačinjen je i razrađen predmer radova, kao svojevrsno uputstvo za realizaciju, i izvršen predračun radova.

U [5] su detaljno razrađene aktivnosti, u okviru četiri osnovne faze ocenjivanja horizontalne položajne tačnosti koje čine:

- pripremni radovi
- terenski radovi
- obrada podataka i
- izrada tehničkog izveštaja

Na osnovu predmeta izvršen je predračun ocenjivanja horizontalne položajne tačnosti jednog lista DTK50, [5].

Za ocenu kvaliteta 153 lista potrebna su 153 radna dana jednog stručnjaka u birou i 765 radnih dana jedne terenske ekipe na terenu. Angažovanjem dve ekipe, ocenjivanje se može realizovati u periodu od dve do tri kalendarske godine.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analiza horizontalne položajne tačnosti DTK50 na osnovu tačaka geodetske osnove i na osnovu jasno definisanih tačaka pokazuje da ova karta ima tačnost koja ne zaostaje za najnovijim proizvodima ove vrste, bez obzira na činjenicu da su i sadržaj i tehnologija koja je korišćena za izradu TK50/II stari nešto više od dve decenije.

Bez obzira što je ovo do sada najobimnije i najkompleksnije ispitivanje geometrijske tačnosti neke karte preduzeto kod nas, ono se *mora nastaviti*. Treba naglasiti da se investiranje u ocenu horizontalne položajne tačnosti DTK50 višestruko isplati, jer se već izvršena GPS merenja (na oko 3.500 do 4.000 tačaka) mogu iskoristiti i za ocenjivanje karata VGI sitnijih razmera, čime se značajno može povećati i horizontalna tačnost baze podataka karte 1:25000. Osim toga, koordinate jasno definisanih tačaka pozicioniranih GPS metodom, ostale bi u trajnoj evidenciji i koristile bi se za ocenjivanje budućih izdanja DTK50 (tamo gde nije došlo do promena na terenu), kao i za druge zadatke i ispitivanja.

Ovo istraživanje je potvrdilo potrebu da se ocenjivanje geometrijske tačnosti neke karte vrši odmah po njenoj izradi (čak i u toku izrade), kako bi se izbe-

gli problemi u identifikaciji i odabiru jasno definisanih tačaka uzrokovani neažurnošću sadržaja. Pri izradi neke karte, ispitivanja se moraju u skladiti sa dinamikom izrade (obnove), tako da se preduzimaju u godini izdanja pojedinih listova ili narednoj. Dodatna korist ovakvog pristupa je što bi se eventualna saznanja o mogućnosti povećanja tačnosti do kojih bi se došlo tokom ocenjivanja, mogla uvažiti pri izradi preostalih listova.

LITERATURA

- [1] Federal Geographic Data Committee / Subcommittee for Base Cartographic Data: Geospatial Positioning Accuracy Standards: Part 3 : National Standard for Spatial Data Accuracy, FGDC, Reston (Virginia, USA), 1998, 28 s. (p)
- [2] NATO: Standardization Agreement (STANAG) 2215: Evaluation of Land Maps, Aeronautical Charts and Digital Topographic Data, NATO Standardization Agency, NATO Standardization Agency, Brussels, 2002, 29 s. (p)
- [3] Sekulović, D.: Drugo izdanje topografske karte razmera 1: 50 000, Zbornik radova, Vojnogeografski institut, 213, p. 77-86, 1987
- [4] Mladenovski, Z.: Automatska digitalizacija topografske karte razmera 1: 25 000, Zbornik radova 11, Vojnogeografski institut, 239, p. 153-159, 2003
- [5] Radojičić, S.: Analiza horizontalne položajne tačnosti DTK50 izdanja VGI, doktorska disertacija, Vojna akademija, Beograd, 2008, 145 s. (p)
- [6] Peterca, M., Radošević, N, Milisavljević, S, Racetin, F.: Kartografija, Vojnogeografski institut, Beograd, 1974, 745 s. (p)

SUMMARY

THE ANALYSIS OF HORIZONTAL POSITIONAL ACCURACY OF THE DIGITAL TOPOGRAPHIC MAP 1: 50 000 PRODUCED BY MILITARY GEOGRAPHICAL INSTITUTE

This paper describes methodology used for assessment the horizontal positional accuracy of Digital topographic map in scale 1: 50 000 produced by Military Geographical Institute, and gives review of obtained results. Two standards were used, and for one of them (which is more appropriate for appliance in our conditions) the methodology and preliminary estimate of costs are elaborated, for single sheet and for whole map, as well. The suggested methodology may be used for the assessment of another digital topographic maps (in different scale) made by Military Geographical Institute

Key words: Positional accuracy, Topographic map 1:50 000, Military Geographical Institute, NSSDA, STANAG 2215.