

---

# OCENA KAKOVOSTI TOPOGRAFSKIH PODATKOV

dr. Božena Lipej

Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana

Prispelo za objavo: 1998-04-02

Pripravljeno za objavo: 1998-04-02

## Izvleček

*Prikazana je ocena kakovosti topografskih podatkov, dobljena na podlagi testiranja položajne natančnosti položajne temeljne geodetske mreže ter analize kakovosti točk detajla na načrtih in kartah Ankaranskega polotoka.*

**Ključne besede:** analiza, GIS, GPS, kakovost podatkov, karta, načrt

## Abstract

*An assessment of topographical data quality is presented, obtained on the basis of testing the accuracy of the basic positional geodetic grid and analysing the quality of detail points on maps and plans of the Ankaran peninsula.*

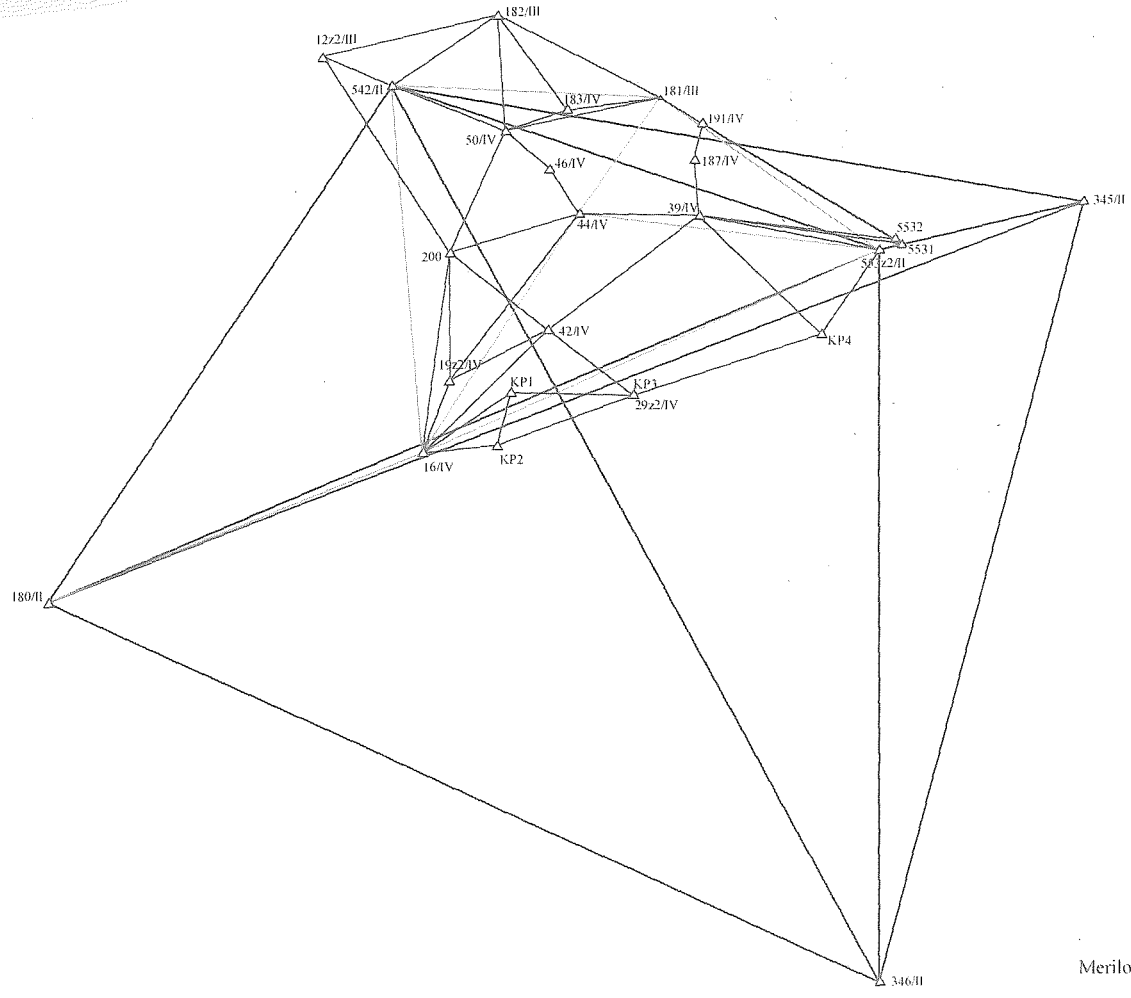
**Keywords:** analysis, data quality, GIS, GPS, map

## UVOD

Kakovost virov podatkov v veliki meri vpliva na kakovost novooblikovanih podatkovnih nizov. Da bi pridobili ustrežnejšo oceno kakovosti podatkov, smo se odločili za izvedbo zahtevnejšega preverjanja razpoložljivih geodetskih podatkovnih nizov (Lipej, 1997). Testni podatki geodetskih mrež ter vektorski in rastrski podatki s področja topografije so bili prevzeti od izvornih nosilcev podatkov. Za testno območje je bil izbran razširjeni del Ankaranskega polotoka v občini Koper, ki obsega naselja Ankaran, Barizoni, Kolomban, Cerej, Premancaj, Hrvatini, Jelarji, Spodnje Škofije, Bertoki in del naselja Koper, v velikosti 27,3 km<sup>2</sup>.

## IZMERA TOČK POLOŽAJNE TEMELJNE GEODETSKE MREŽE S TEHNOLOGIJO GPS-JA IN IZRAČUNI

Po pripravi podatkov in rekognosciranju terena ob presoji možnosti izvedbe opazovanj z GPS-jem je bilo od 40 preverjenih položajnih točk razširjenega testnega območja ugotovljenih 28 uničenih ali iz drugih razlogov neuporabnih za opazovanja z GPS-jem, kar predstavlja 70% neuporabnih točk. Pripravili smo plan opazovanj geodetske mreže z GPS-jem (Slika). Predvideli smo vektorje opazovanj za statično in fast-statično metodo dela. Meritve smo izvajali ob koordinaciji g. Dušana Miškovića poleti leta 1994. Delali smo s tremi sprejemniki Geodetic Surveyor<sup>TM</sup> Series 4000 podjetja TrimbleNavigation iz Združenih držav Amerike, last Geodetske uprave Republike Slovenije. Najprej smo izvajali statična opazovanja, nato pa fast-statična.



Merilo 1:100 000

Pri statičnih opazovanjih smo meritve najprej izvedli za 10 vektorjev. Vključene so bile dane trigonometrične točke: 180/I. red Malija, 346/II. red Stara Mandrija, 542/II. red Gažel, 345/II. red Brstenik in novodoločena točka 553z2/II. red Tinjan. Trigonometrična točka Malija je bila opazovana v mednarodni kampanji EUREF '94. Vse točke, povezane z Malijo, in zunanje vektorje smo opazovali 8 ur, notranje vektorje pa smo opazovali 3 ure. Statična opazovanja trigonometričnih točk okvirne mreže smo v drugem krogu izvajali z opazovanji po uro in pol meritev na vsaki točki. Vključene so bile trigonometrične točke: 180/I. red Malija, 542/II. red Gažel, 553z2/II. red Tinjan, 181/III. red, 16/IV. red in 44/IV. red. Pri fast-statičnih meritvah v zgostitveni mreži smo na posamezni geodetski točki opazovali 20, 15 oziroma 8 minut glede na vidnost satelitov. Opazovanih je bilo 43 vektorjev.

Izračune rezultatov je izdelal g. Dušan Mišković s programsko opremo GPSurvey podjetja TrimbleNavigation iz Združenih držav Amerike, last Geodetske uprave Republike Slovenije (Mišković, 1995). Računanja vektorjev v osnovni mreži so bila vezana na trigonometrično točko Malija, ki je bila prevzeta kot dana točka. Uporabljene so bile njene definitivne koordinate v koordinatnem sistemu ITRF 88 za epoho 1994.4. Za računanje vektorjev so bile uporabljene precizne efemeride satelitov CODE. Izravnava mreže v koordinatnem sistemu ITRF 88 za epoho 1994.4 je pokazala, da je natančnost koordinat točk mreže, dobljenih z opazovanji GPS-ja, 3 mm v položajnih koordinatah in 8 mm v višini. Najprej so bile s pretvorbo koordinat izračunane Gauss-Kruegerjeve koordinate točke Tinjan. Pri izračunu pretvorbe so bile uporabljene nove višine trigonometričnih točk Brstenik in Gažel ter podatki geoidnih undulacij geoida Slovenije.

Pri računanju okvirne mreže so bile v koordinatnem sistemu ITRF 88 za epoho 1994.4 prevzete kot dane točke: Malija, Gažel in novodoločeni Tinjan. Pri računanju vektorjev so bile uporabljene precizne efemeride satelitov CODE. Natančnost koordinat, določenih z opazovanji GPS-ja v koordinatnem sistemu ITRF 88 za epoho 1994.4, je znašala 4 mm v položajnih koordinatah in 8 mm v višini. Pri računanju koordinat zgostitvene mreže so bile prevzete za dane točke točke iz osnovne in okvirne mreže, ki so bile vključene v tej mreži. Pri računanju vektorjev so bile tudi tukaj uporabljene precizne efemeride satelitov CODE. Natančnost koordinat, določenih z opazovanji GPS-ja v koordinatnem sistemu ITRF 88, je znašala 8 mm v položajnih koordinatah in 10 mm v višini.

Na podlagi tako dobljenih koordinat v koordinatnem sistemu ITRF 88 v epohi 1994.4, koordinat državnega koordinatnega sistema in podatkov geoida na območju Republike Slovenije so bili določeni pretvorbeni parametri za celotno testno območje. Pretvorbeni parametri so bili izračunani s Helmertovo sedemparametrično pretvorbo na osnovi kartezičnih koordinat točk v državnem koordinatnem sistemu in kartezičnih koordinat koordinatnega sistema ITRF 88. Za računanje kartezičnih koordinat v državnem koordinatnem sistemu so bili uporabljeni novi podatki niveliranja trigonometričnih točk: Gažel, 39/IV, 19/IV, s trigonometričnim višinomerstvom določena višina trigonometrične točke 16/IV in podatki geoida.

#### IZMERA TOČK DETAJLA S TEHNOLOGIJO GPS-JA IN IZRAČUNI

Za razširjeno testno območje Ankaranskega polotoka smo pregledali podatke o Zoslonilnih točkah, ki so bile uporabljene pri fotogrametrični izdelavi temeljnih

topografskih načrtov v merilu 1:5 000 oziroma pri njihovem vzdrževanju. Vse oslonilne točke so bile v času aerosnemanja označene s količki in signalizirane s križi, zato ni bilo možno nobene od oslonilnih točk (razen trigonometričnih točk) enolično določiti in je vključiti v testna opazovanja z GPS-jem. V pripravi plana opazovanj detajlnih točk smo izbrali več kot 100 možnih točk, ki so se zdele primerne za opazovanje z GPS-jem, in smo jih lahko v veliki večini hkrati identificirali na temeljnih topografskih načrtih v merilu 1:5 000, topografskih kartah v merilu 1:25 000 in v večji meri tudi na aeroposnetkih oziroma digitalnih ortofoto načrtih v merilu 1:5 000. Točke so bile približno enakomerno razporejene po celotnem testnem območju. Izbrali smo: vogale pomolov, ostre robove priključkov cest, robove ploščadi, prelome ograj in zidov, vogale stavb in poslopij, vogale mostov in druge. Izbira točk je bila težka zaradi različnih starosti izhodiščnih kartografskih in aerofoto gradiv ter zaradi intenzivno spreminjajočega se stanja v naravi. Izbira je postala še težja pri rekognosciranju terena, saj je bilo treba poleg že omenjenih omejitev zaradi uporabe tehnologije GPS-ja upoštevati, da bo treba pri meritvah zagotoviti neposreden dostop do ravni detajlnih točk ali pa izvesti njihovo opazovanje s pomočjo antene. Ob teh predpogojih se je število izbranih detajlnih točk znižalo na slabo polovico (to je 48) od pripravljenih točk iz prvotnega izbora. Pripravljen je bil dokončni plan opazovanj detajlnih točk s fast-statično metodo dela ob hkratni navezavi na dve stalni, že izmerjeni položajni temeljni geodetski točki.

**M**eritve smo izvajali ob koordinaciji g. Dušana Miškovića poleti 1994. Merili smo s sprejemniki Geodetic Surveyor<sup>TM</sup> Series 4000 podjetja TrimbleNavigation. Metoda dela je bila fast-statična z opazovanji na posamezni detajlni točki 15, 10 oziroma 5 minut glede na vidnost satelitov. Izračune rezultatov je izdelal g. Dušan Mišković s programsko opremo GPSurvey podjetja TrimbleNavigation (Mišković, 1995). Koordinate vsake detajlne točke so bile določene iz dveh vektorjev in z njuno izravnavo. Pri računanju vektorjev so bile uporabljene precizne efemeride satelitov CODE. Natančnost izravnanih koordinat v koordinatnem sistemu ITRF 88, epoha 1994.4, znaša 3 mm za položajne koordinate in 5 mm za višine. Za pretvorbo koordinat v državni koordinatni sistem so bili uporabljeni pretvorbeni parametri Helmertove sedemparametrične pretvorbe. Iz rezultatov za nadaljnje obdelave so bile izpuščene tri izmerjene detajlne točke zaradi prevelikih odstopanj, ki so bila dobljena pri izračunih. Odstopanja so rezultat očitno prevelikih motenj zunanjih ovir pri opazovanjih z GPS-jem. Tako je bilo v vse nadaljnje obdelave podatkov prenešenih 45 detajlnih točk, izmerjenih z GPS-jem.

## IZMERA TOČK VIŠINSKE TEMELJNE GEODETSKE MREŽE IN IZRAČUNI

**P**o pregledu podatkov o Tehničnem nivelmanu okraja Koper IV-56 in Preciznem nivelmanu II. reda Podgorje-Koper-Buje, ki potekata čez testno območje, smo spomladi leta 1994 izvedli rekognosciranje terena, ki je obsegalo odkrivanje višinskih temeljnih geodetskih točk. Od iskanih dvanajstih reperjev jih je bilo pet uničenih (odstranjenih, zazidanih), kar predstavlja 42% neuporabnih točk. Konec leta 1994 in v začetku leta 1995 smo izvedli dodatna niveliranja oziroma trigonometrično višinomerstvo za nekatere trigonometrične točke. Novi podatki so bili v pomoč pri računanju višin točk temeljne geodetske izmere.

## IZMERA TOČK DETAJLA NA NAČRTIH, KARTAH IN ORTOFOTO NAČRTIH

Za primerjavo rezultatov merjenj položajev detajlnih točk na terenu s podatki, ki so na voljo uporabnikom v obliki načrtov in kart v vektorski ali rastrski digitalni obliki, so bile na digitalnih podatkovnih nizih določene lokacije izbranih 48 detajlnih točk. Časovni razpon virov podatkov za izdelavo kartografskih gradiv je segal za dva lista temeljnega topografskega načrta v merilu 1:5 000 v leto 1971, meritve na terenu smo izvajali leta 1994, ostali viri podatkov pa so bili znotraj tega časovnega razpona 23 let. Pri bolj zahtevnih določitvah izbora detajlnih točk so bile izrisane dodatne skice prostorske predstave izbranih lokacij. Merjenja položaja posamezne točke smo izvajali trikrat, za nadaljnje analize pa smo izračunali aritmetične sredine – srednje vrednosti. Izbrane detajlne točke smo digitalizirali ter v naslednji fazi transformirali v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem iz analognih združenih originalov temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5 000, iz rastrskih slik originalov temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5 000, nadalje iz digitalnih ortofoto načrtov v merilu 1:5 000 ter iz rastrskih slik originalov topografskih kart v merilih 1:25 000 in 50 000.

### OCENA KAKOVOSTI TOPOGRAFSKIH PODATKOV

Po opravljenih testiranjih smo izvajali obsežne analize kakovosti položajne temeljne geodetske mreže, kjer smo primerjali dane podatke z novo določenimi, pridobljenimi z meritvami s tehnologijo GPS-ja ter kakovosti točk detajla na načrtih in kartah, kjer smo primerjali odstopanja digitaliziranih vrednosti z meritvami s pomočjo tehnologije GPS-ja. Znano je, da je kakovost digitalnih topografskih podatkov, ki se vzpostavljajo na podlagi analognih načrtov in kart, v največji meri odvisna od kakovosti izvornega kartografskega gradiva, v manjši meri pa od metode digitalizacije osnovnih vsebin. Natančnost mreže temeljnih geodetskih točk pa je bistvenega pomena za položajno in višinsko natančnost izdelanih načrtov in kart, zato je dobra geodetska mreža osnovni pogoj za izdelavo kakovostnih načrtov in kart topografske ter druge vsebine.

Pri praktičnem preverjanju položajne natančnosti kakovosti podatkov položajne temeljne geodetske mreže na razširjenem testnem območju Ankaranskega polotoka smo ugotovili srednji pogrešek položajnih trigonometričnih točk v smeri  $y \pm 8$  cm, v smeri  $x \pm 4$  cm in v položaju  $\pm 9$  cm. Pogreški bi bili še manjši, če ne bi obravnavali ene trigonometrične točke, kjer so bila odstopanja izrazitejša v primerjavi z ostalimi. Zavedati pa se moramo tudi, da je bil teren relativno manj zahteven v primerjavi s povprečno slovensko pokrajino in da bi na zahtevnejših terenih dosegli verjetno nekoliko slabše rezultate. Napaka položaja položajnih temeljnih geodetskih točk je le  $\pm 9$  cm, kar se kaže v zelo dobro opravljenem delu prvotnih triangulatorjev. Za analizo srednjega pogreška v smeri  $y$ , ki je  $\pm 8$  cm in je dvakrat večji od srednjega pogreška v smeri  $x$ , je bilo opravljenih premalo primerjav in analiz prvotnih meritev, da bi lahko enostavno predpostavili objektivne razloge. Celovitejše analize kakovosti položajnih geodetskih mrež bodo lahko izdelane po določitvi koordinat točk astrogeodetske mreže Slovenije v evropskem referenčnem sistemu, za katero so bile izvedene meritve GPS-ja konec septembra 1995. Pogrešek 10 cm lahko ocenjujemo za ugoden srednji pogrešek položaja točk položajne temeljne geodetske mreže, ki se kasneje odraža v navezavi preostale vsebine načrtov in kart na enotni referenčni okvir.

Iz analiz meritev položajev detajlnih točk lahko povzamemo prave pogreške položajev detajlnih točk in njihove srednje pogreške v skupni preglednici.

<i>zvrst gradiva</i>	<i>dp avg ± metri</i>	<i>my ± metri</i>	<i>mx ± metri</i>	<i>mp ± metri</i>
<i>TTN 5-d</i>	0,64	1,28	2,02	2,39
<i>TTN 5-r</i>	0,66	1,21	1,83	2,20
<i>DOF 5</i>	1,54	1,21	1,28	1,77
<i>TK 25</i>	5,3	11,4	6,6	13,2
<i>TK 50</i>	38,5	60,8	12,8	62,1

*Preglednica 1: Pravi (dp) in srednji (my, mx, mp) pogreški za nize detajlnih točk, določenih na različnih vrstah načrtov in kart*

Poleg razmerij pogreškov med posameznimi merili načrtov in kart so zanimiva tudi razmerja pogreškov na različnih kartografskih podlagah v merilu 1:5 000. Najboljše rezultate dajejo digitalni ortofoto načrti v merilu 1:5 000, čeprav je velikost osnovne celice 0,5 x 0,5 m. Del prednosti v ugodni oceni kakovosti so ti načrti pridobili tudi z izločitvijo detajlnih točk, ki so bile slabo razpoznavne zaradi izbrane ločljivosti skaniranja aeroposnetkov ter načina izvedbe aerotriangulacije. Pri še bolj natančnih izračunih bi morali upoštevati tudi take detajlne točke. Dejstvo pa je, da daje fotogrametrična metoda tudi ob izvedenih izhodiščih za izdelavo digitalnih načrtov najmanjša odstopanja od pravih vrednosti. Srednji pogrešek položajev razpoznavnih detajlnih točk na digitalnih ortofoto načrtih v merilu 1:5 000 je na testnem območju znašal le  $\pm 1,77$  m. Srednja pogreška v smeri y in x sta skoraj enaka ter znašata  $\pm 1,21$  m in  $\pm 1,28$  m.

Nadalje bi pričakovali manjša odstopanja pri detajlnih točkah na temeljnih topografskih načrtih v merilu 1:5 000, določenih z vektorsko digitalizacijo na digitalizatorju, v primerjavi z ekransko digitalizacijo. Rezultati in analize nas prepričajo o nasprotnem. Položajni srednji pogrešek vektorsko (na digitalizatorju) digitaliziranih detajlnih točk je  $\pm 2,39$  m, ekransko digitaliziranih pa  $\pm 2,20$  m. Razlika sicer ni velika, lahko pa jo utemeljimo s potekom postopkov izvedbe obeh vrst meritev. Vektorsko digitalizacijo položajev detajlnih točk na digitalizatorju smo izvajali brez operaterske rutine, zato je minimalen vir dodatnih napak možen zaradi morebitne slabše določitve teh položajev ter zaradi napake, če točk nismo opazovali v povsem navpični smeri. Minimalna dodatna je tudi napaka digitalizatorja. Temeljni topografski načrti v rastrski obliki so kot izhodišče za meritve boljši od analognih temeljnih topografskih načrtov, ker so bili v procesu izdelave pretvorjeni na pravo obliko in velikost (afina pretvorba na dane koordinate vogalov listov teh načrtov). Odstopanja pri situaciji so bila v smeri x 2,5-krat večja kot v smeri y, pri vodah pa v smeri y za 2,7-krat večja kot v smeri x. Določanje položajev točk je v tem primeru še bolj subjektivne narave kot pri vektorski digitalizaciji na digitalizatorju, ker je treba določati položaj celicam osnovne velikosti 42,3 x 42,3 cm, ki jih lahko zaradi boljše ločljivosti tudi poljubno povečujemo. Izhodiščna gradiva in postopek dela dajejo v teh dveh primerih ugodnejše rezultate pri ekranski digitalizaciji rastrskih slik. Srednji

pogrešek položaja digitaliziranih točk rastrskih originalov topografske karte v merilu 1:25 000 je  $\pm 13,2$  m, topografske karte v merilu 1:50 000 pa celo  $\pm 62,1$  m.

V zaključku lahko navedemo še primerjave med prevzetimi in novo določenimi natančnostmi državnih načrtov in kart. Gradiva, za katera smo imeli primerljive podatke, so temeljni topografski načrti v merilu 1:5 000, topografske karte v merilu 1:25 000 in topografske karte v merilu 1:50 000.

<i>vrst gradiva</i>	<i>grafična natančnost metri</i>	<i>mp <math>\pm</math> (odčitek – GPS) metri</i>	<i>mp <math>\pm</math> ocena natančnosti metri</i>
<i>TTN 5</i>	<i>1,00</i>	<i>2,39</i>	<i>2,07</i>
<i>TK 25</i>	<i>5,0</i>	<i>13,2</i>	<i>10,1</i>
<i>TK 50</i>	<i>10,0</i>	<i>62,1</i>	<i>(20,0)</i>

*Preglednica 2: Primerljivi srednji pogreški položaja detajlnih točk na topografskih načrtih in kartah*

Grafične natančnosti so prikazane zaradi primerjave in znašajo od 1 do 10 m. Srednji pogrešek položaja testiranih detajlnih točk znaša za temeljne topografske načrte v merilu 1:5 000  $\pm 2,39$  m, srednji pogrešek položaja testiranih detajlnih točk iz razpoložljivih analiz v prejšnjih obdobjih pa znaša  $\pm 2,07$  m. Razlika  $\pm 0,32$  m je bila dobljena v novejšem testiranju. Za detajlne točke, določene na topografskih kartah v merilu 1:25 000, je bil določen srednji pogrešek položaja v velikosti  $\pm 13,2$  m, v starejših analizah pa zasledimo srednji pogrešek položaja detajlnih točk v velikosti  $\pm 10,1$  m. Razlika je  $\pm 3,1$  m in tudi ta je dobljena v novejšem testiranju. Za detajlne točke, določene na topografskih kartah v merilu 1:50 000, je bil v okviru naloge dobljen srednji pogrešek položaja  $\pm 62,1$  m. Srednji pogrešek položaja detajlnih točk iz predhodnih analiz se izraža le z minimalno spodnjo mejo, ki je vsaj 20 m.

Za primerljive končne podatke lahko ugotovimo, da so dala izvedena testiranja nekoliko večje srednje pogreške položaja detajlnih točk, kot so bili določeni v predhodnih testiranjih. Metoda dela, ki je bila uporabljena za testiranje v nalogi, ni le sodobna, temveč je ob intenzivni uporabi tehnologije GIS-ov in GPS-ja tudi veliko bolj zanesljiva.

**Zahvala:** Avtorica se zahvaljujem sodelavcem, ki so sodelovali pri zahtevnih terenskih meritvah z GPS-jem ter kolegu Dušanu Miškoviću, ki je izvedel izračune podatkov meritev z GPS-jem z veliko volje in zagnanosti. Zahvaliti se moram tudi Božidarju Demšarju in Alešu Seliškarju, ki sta kot direktorja Geodetske uprave Republike Slovenije podpirala izdelavo tovrstne naloge ter mi omogočila pogoje za usklajeno delo na raziskovalnem in strokovnem področju v okviru geodetske službe.

#### Literatura:

- Lipej, B., *Optimizacija prostorskega planiranja kot posledica GIS tehnologije in prostorskega managementa. Doktorska disertacija. Ljubljana, FGG, 1997*  
 Mišković, D., *Elaborat računanaj testne mreže Koper, Ljubljana, 1995,*

Recenzija: *prof.dr. Nedjeljko Frančula*  
*prof.dr. Milan Naprudnik*