

Kakovosti državnih načrtov in kart

KAKOVOST PODATKOV NAČRTOV IN KART V ANALOGNI OBLIKI

Kakovost podatkov načrtov in kart – splošno

Za državne načrte in karte v analogni obliki, izdelane pri različnih izvajalcih in po različnih postopkih, v Sloveniji nimamo celovitih analitičnih ocen izvirne kakovosti podatkov. Dokumentacija, vključno z redakcijskimi načrti in tehničnimi poročili prve izdelave ter večkratnih reambulacij, ni ohranjena v celoti. Ocene natančnosti nekaterih kartografskih materialov zasledimo v sedemdesetih letih le v analizah Vojaškogeografskega inštituta iz Beograda (Peterca et al., 1974) ter delno nekoliko kasneje v analizah Geodetske uprave SR Slovenije (Lesar et al., 1976).

Na splošno je vrednost načrta ali karte opredeljena z objektivnimi in s subjektivnimi kakovostmi, ki obsegajo: kakovost matematičnih elementov, vsebinske popolnosti in geografske zanesljivosti, sodobnosti vsebine, jasnosti prikaza, geometrijske natančnosti ter kakovost grafične in poligrafske obdelave (Peterca et al., 1974).

Natančnost načrta ali karte lahko opredelimo z:

- geometrijsko natančnostjo, ki sestoji iz horizontalne (položajne, planimetrične) in vertikalne (altimetrijske, višinske) natančnosti ter predstavlja odstopanje neke točke na načrtu ali karti v primerjavi z dejanskim stanjem na terenu in
- natančnostjo splošnih podatkov oziroma informacij, ki so predstavljene na načrtu ali karti, kot so npr. zapisi zemljepisnih imen (opomba: danes govorimo v tem primeru o tekstualni zanesljivosti).

Natančnost načrta oziroma karte je odvisna od natančnosti metode izmere, kartografsko-reprodukcijskih postopkov in merjenja situacije na karti.

Temeljni topografski načrti v merilih 1:5 000 in 1:10 000

Temeljni topografski načrti v merilih 1:5 000 in 1:10 000 (pretežni izdelovalec je bil Geodetski zavod SRS) so izdelani v prečni valjasti Gauss-Kruegerjevi konformni projekciji. Za vsak list je izdelanih pet osnovnih originalov razčlenjenih vsebin (RGU, 1985). Če poenostavljeno izhajamo le iz podatka o grafični natančnosti kartiranja, ki je 0,2 mm, pomeni to v merilu 1:5 000 v naravi natančnost okoli 1 m, v merilu 1:10 000 pa natančnost okoli 2 m.

Natančnost načrtov je bila prvič ocenjena leta 1976 po naročilu takratne Geodetske uprave SR Slovenije (Lesar et al., 1976). Analiziranih je bilo 7 listov temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5 000 in dva lista temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:10 000. Za analizirane načrte v merilu 1:5 000 so bili ugotovljeni:

- sistematični pogrešek v položaju detajla v vrednostih 0,0 do 0,90 m, povprečno za vse liste 0,53 m,
- sistematični pogrešek višin v vrednostih 0,24 do 0,75 m, povprečno 0,43 m,

- srednji pogrešek položaja detajlnih točk $\pm 2,07$ m, ki je večji od dovoljenega (0,3 mm na načrtu predstavlja 1,5 m v naravi); v mejah natančnosti so stavbe, za točkaste objekte pa je pogrešek celo $\pm 2,3$ m,
- srednji pogrešek višin na odprtem terenu $\pm 0,66$ m, ki je večji od dogovorjenega ($\pm 0,40$ m); če k temu prištejemo sistematični pogrešek, dobimo skupni srednji pogrešek v vrednosti $\pm 1,09$ m, maksimalni pogrešek pa je čez 2,0 m,
- srednji pogrešek višin na zaraščenem terenu (gozd) $\pm 2,0$ m, ugotovljeni maksimalni pogrešek je $\pm 4,0$ m, ki je ponekod lahko še večji,
- zadovoljiva natančnost položaja presečišč diagonal (centra) stavb na $\pm 1,55$ m; če prevzamemo podaljšanje stranic stavb za 1,0 m kot sistematično napako (nadstreški), imajo vogali stavb sistematične pogreške $0,5 \times \sqrt{2} \text{ m} = 0,70$ m; skupni pogrešek položaja vogalov stavb je $\pm 0,85$ m do $\pm 2,25$ m,
- povprečna napaka površin stavb 23 m^2 oziroma 18%, ki je sistematična.

Za analizirane načrte v merilu 1:10 000 so bili ugotovljeni:

- sistematični pogrešek položaja točk v vrednostih do 1,4 m, povprečni pa je 0,90 m,
- sistematični pogrešek višin v vrednostih od 0,20 do 0,84 m, povprečni 0,52 m (pomeni, da je ves relief za 0,52 m nad pravo lego),
- srednji pogrešek položaja detajlnih točk $\pm 2,6$ do $\pm 3,1$ m, povprečni $\pm 2,85$ m; ta srednji pogrešek vsebuje tudi sistematičnega – če tega odpravimo, je srednji pogrešek $\pm 2,25$ m, ki predstavlja dejansko natančnost kartiranja detajla; v računanju srednjega pogreška so bili upoštevani samo pravi pogreški do $\pm 7,5$ m, večji pogreški – grobe napake (maksimalni pogreški) so dosegali tudi do 22,2 m,
- srednji pogreški višin so od 0,5 do 1,1 m, povprečni 0,8 m; če dodamo sistematični pogrešek 0,90 m, so vrednosti pogreškov od $\pm 0,1$ do $\pm 1,7$ m,
- sistematična napaka kartiranja stavb predstavlja pri povprečnih dimenzijah stavb površinsko napako za 51%; stranice so na načrtu sistematično predolge za 2,35 m.

Topografske karte in pregledne karte Slovenije

Topografska karta v merilu 1:25 000 je edina uradna državna karta, ki je bila dogovorno izdelana zunaj Slovenije, in sicer na Vojaškogeografskem inštitutu v Beogradu. Izdelana je v Gauss-Kruegerjevi kartografski projekciji, na voljo pa so štirje originali ločenih vsebin (RGU, 1985). Za izdelavo originalov karte se je kot osnovna metoda dela uporabljala fotogrametrična metoda s terenskimi dopolnitvami (VGI, 1961). Metodo klasične izmere so uporabljali zaradi uvajanja mladih strokovnjakov in tam, kjer ni bilo mogoče uporabiti donosnejših metod. V manjši meri so uporabljali še originale načrtov in kart večjih meril. Geometrijsko natančnost karte (Peterca et al., 1974) lahko določimo po metodi predhodne ocene (a priori) in z določitvijo dejanske ocene natančnosti (a posteriori). Predhodna ocena natančnosti se izraža s srednjim pogreškom celotnega kartografsko-reprodukcijskega postopka, ki je cdvisen od srednjih pogreškov posameznih faz tega postopka. Ocena je uporabna v fazi izdelave karte, ko lahko za vsako fazo posebej predpišemo velikosti srednjih pogreškov.

Rezultati analize natančnosti tiskanih topografskih kart so naslednji:

- položajna natančnost: $M_1 = \pm 6,5$ m za fotogrametrično metodo izmere in $M_2 = \pm 9,3$ m za klasično metodo izmere
- višinska natančnost: $M_h = \pm 1,2$ m do $6,5$ m x tg α , (α je nagib terena, izražen v odstotkih, za vrednosti od 10-100%).

Dejanska ocena natančnosti se dobi s primerjavo položaja posameznih elementov, določenih na karti, z njihovimi pravimi oziroma najverjetnejšimi vrednostmi. Največjo natančnost določitve najverjetnejših vrednosti je možno doseči s terenskimi meritvami s pomočjo instrumentov in metod dela, ki zagotavljajo večjo natančnost, kot je bila izvorna. Natančnost karte se opredeli s srednjim kvadratnim pogreškom v smeri koordinatnih osi in s srednjim kvadratnim pogreškom višin, dobljenim na podlagi izohips. Rezultati analize natančnosti, ki jih je dobil Vojaškogeografski inštitut leta 1965 s testiranjem tiskanih topografskih kart v merilu 1:25 000 na celotnem ozemlju bivše Jugoslavije (kasnejše analize niso bile narejene), so naslednji:

- položajna natančnost fotogrametrične izmere izdelave topografskih kart (testiranih 15 listov) – za geodetske točke (testiranih 192 točk): $m_y = \pm 2,5$ m, $m_x = \pm 2,7$ m, $m_p = \pm 3,7$ m in za detajlne točke (testiranih 827 točk): $m_y = \pm 7,1$ m, $m_x = \pm 7,2$ m, $m_p = \pm 10,1$ m,
- višinska natančnost detajlnih točk fotogrametrične izmere izdelave topografskih kart (testiranih 16 listov, 995 točk): $m_h = \pm 2,0$ m za srednji nagib terena $\alpha = 7,6^\circ$.

Testirane so bile tudi natančnosti topografskih kart, ki so bile izdelane s topografsko izmero. Natančnosti teh so bile ocenjene na 5-6 listih in znašajo: $m_p = \pm 4,4$ m za geodetske točke, $m_p = \pm 11,5$ m za detajlne točke in $m_h = \pm 2,3$ m za detajlne točke za srednji nagib terena $\alpha = 7,7^\circ$.

Topografska karta v merilu 1:50 000 je bila izdelana na Geodetskem zavodu SRS. Karta je izdelana brez geodetske oziroma referenčne osnove. Listi karte niso opremljeni z ekvidistančno mrežo pravokotnih Gauss-Kruegerjevih koordinat niti z mrežo geografskih koordinat. Na voljo je enajst originalov ločenih vsebin (RGU, 1985). Natančnost karte bi bilo mogoče določiti le opisno in v relativnih odnosih, brez natančnih izračunov. Ob preprostem upoštevanju le grafične natančnosti kartiranja 0,2 mm dobimo natančnost karte največ ± 10 m. Dejanska položajna natančnost je seveda precej manjša in znaša po primerljivosti vsaj ena in pol do dvakrat toliko, torej vsaj $\pm 15-20$ m.

Pregledna karta Slovenije v merilu 1:250 000 (izdelal jo je Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FAGG, Ljubljana) je izdelana na enem listu v Gauss-Kruegerjevi projekciji. Na petih ločenih originalih so prikazane osnovne vsebine, dopolnilne tematike pa so izdelane na dodatnih sedmih originalih (RGU, 1985). Natančnost pregledne karte je ocenjena okvirno in začasno (IGF, 1994b):

- s predhodno položajno natančnostjo: $m = \pm 116$ m
- z dejansko položajno natančnostjo: $m = \pm 140$ m.

Pregledna karta Slovenije v merilu 1:400 000 (izdelal jo je Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FAGG, Ljubljana) je izdelana na enem listu v Gauss-Kruegerjevi projekciji. Na štirih ločenih originalih so prikazane osnovne vsebine, dopolnilne

tematike pa so izdelane na dodatnih sedmih originalih (RGU, 1985). Natančnost karte je v grobem ocenjena na okoli ± 300 m (IGF, 1994a).

Nekatere splošne ugotovitve

Predstavljene ocene natančnosti izdelanih načrtov in kart so edini doslej izdelani sistematični ali celovitejši poskusi opredelitve kakovosti uradnih državnih načrtov in kart. V nadaljevanju je podan strnjen pregled izbranih in v največji meri primerljivih ocen natančnosti za analogne načrte in karte, s katerimi razpolaga geodetska služba Slovenije. Iz analiz, ki so na voljo, so povzeti najbolj značilni podatki ter najrealnejše ocene natančnosti (srednji pogrešek položaja, srednji pogrešek višin).

<i>merilo načrtov, kart/ grafična natančnost</i>	<i>položajna natančnost detajlne točke/celota</i>	<i>višinska natančnost</i>
1:5 000 1 m	detajlne točke $\pm 2,07$ m	odprto: $\pm 0,66$ m zaraščeno: $\pm 2,0$ m
1:10 000 2 m	detajlne točke $\pm 2,6 - 3,1$ m	$\pm 0,5 - 1,1$ m
1:25 000 5 m	detajlne točke $\pm 10,1$ m	$\pm 2,0$ m ($\alpha = 7,6^\circ$)
1:50 000 10 m	celota ocena: min. ± 20 m	
1:250 000 50 m	celota ocena: ± 140 m	
1:400 000 80 m	celota ocena: ± 300 m	

Preglednica 1: Pregled analiziranih natančnosti vzpostavljenih načrtov in kart v analogni obliki (povzeto po Lesar et al, 1976; Peterca et al., 1974; IGF, 1994a in IGF, 1994b)

Iz preglednice je razvidno, da so srednji pogreški položaja detajlnih točk precej večji od grafične natančnosti načrtov in kart. Za topografske načrte in karte meril 1:5 000, 1:10 000 ter 1:25 000 imamo oceno položajne natančnosti detajlnih točk in oceno višin, ki sta izračunani za vzorčno izbrane detajlne točke testnih načrtov in kart. Za topografsko karto v merilu 1:50 000 ni bilo izdelane oziroma objavljene niti grobe ocene natančnosti, zato lahko napako v položaju vsebine karte zagotovo ocenimo vsaj za precej večjo od znane grafične natančnosti. Pregledni karti Slovenije meril 1:250 000 in 1:400 000 sta bili glede položajne natančnosti celotne vsebine ocenjeni le okvirno in začasno.

Groba in okvirna skupna ocena kaže, da se z zmanjšanjem velikostnega reda meril postopoma zmanjšuje tudi položajna natančnost vsebine načrtov in kart, ki znaša po izdelanih analizah v merilu 1:5 000 približno dvakratno grafično natančnost, v merilu 1:250 000 se približuje trikratni vrednosti grafične natančnosti, pri merilu 1:400 000 pa doseže že skoraj štirikratno vrednost grafične natančnosti.

KAKOVOST PODATKOV NAČRTOV IN KART V DIGITALNI OBLIKI

Načrti in karte v skanirani obliki

Prvotno skaniranje načrtov in kart Geodetske uprave Republike Slovenije je v celoti izvedlo podjetje Igea d.o.o, Ljubljana. Popolnejša ocena kakovosti izdelkov bi bila možna ob poznavanju kakovosti načrtov in kart v analogni obliki. Glede na tehnične kriterije zajema (interpolacija na 300 dpijev) je velikost slikovnega elementa v naravi: v merilu 1:5 000 0,4 m, v merilu 1:10 000 0,85 m, v merilu 1:25 000 2,1 m, v merilu 1:50 000 4,2 m, v merilu 1:250 000 21 m in v merilu 1:750 000 63,5 m (Igea, 1994).

Izvajalec skaniranja je dokumentiral kakovost skaniranja po posameznih listih načrtov in kart ter zbirno po sekcijah z:

- odstopanji na vogalih vseh obdelanih originalov načrtov in kart po afini pretvorbi,
- ujemanjem skanogramov na stikih listov za vse originale obdelanih načrtov in kart, razen za originale preglednih kart Slovenije v merilu 1:250 000 in 1:750 000, ki so izdelani na enem listu,
- odstopanji na 4-kilometrski Gauss-Kruegerjevi mreži za originale listov topografske karte v merilu 1:25 000.

Digitalni ortofoto načrti in karte

Prve digitalne ortofoto načrte in karte sta izdelala Geodetski zavod Slovenije in Igea d.o.o. Na natančnost digitalnih ortofoto načrtov in kart vplivajo (GZ SLO, Igea, 1994): digitalni model reliefa (natančnost zajema in interpolacije), orientacija aeroposnetka (odstopanja: mora – je), uporabljeni matematični modeli (različni algoritmi razpačenja) ter uporabljeni instrumenti (skaner, komparator ...). Natančnost se izraža z ločljivostjo digitalne slike (resolucija – velikost slikovnega elementa) in z natančnostjo geodetske podlage (mreža geodetskih točk, oslonilne točke, digitalni model reliefa). Glede na tehnične kriterije zajema (800 dpijev za digitalne ortofoto načrte v merilu 1:5 000 in 1:10 000, za ostali dve merili v tehničnem poročilu ni podatka) je velikost slikovnega elementa v naravi: 0,15 m za merilo 1:1 000, 0,57 m za merilo 1:5 000, 0,95 m za merilo 1:10 000 in 2 m za merilo 1:25 000. Glede na sedaj že utečeno večletno izdelovanje digitalnih ortofoto načrtov dodajamo, da se je tudi kakovost digitalnih ortofoto načrtov izboljšala ob nekaterih spremenjenih tehničnih kriterijih v primerjavi s predstavljenimi rezultati.

Načrti in karte v vektorski obliki

Elementi vsebine temeljnih topografskih načrtov, topografskih kart ter preglednih kart Slovenije se vzpostavljajo tudi v vektorski obliki. Glede na nedoločeno natančnost analognih načrtov in kart ter majhen obseg zajema podatkov se natančnost vektorskih podatkov ni posebej opredeljevala. Izjema je izdelava generalizirane kartografske baze podatkov v merilu 1:25 000, kjer je bila kakovost podatkov posebej opredeljena in objavljena (Petek, 1997).

NEKATERE SPLOŠNE UGOTOVITVE

Pri pretvarjanju analognih podatkov načrtov in kart v digitalne so za uporabnika podatki o kakovosti velikega pomena. Uporabniku bi morali ob posredovanju digitalnih podatkovnih nizov poleg tehničnih podatkov posredovati tudi podatke o kakovosti. Podatki o podatkih, ki bi vključevali identifikacijo in pregled podatkovnega niza teh podatkov, elemente kakovosti podatkov, opis prostorskega referenčnega sistema ter območja pokritosti, bi morali biti izdelani v obliki metapodatkovnega kataloga. Tak katalog ali pregled podatkov o podatkih bi moral biti širše dostopen. Le tako bi se lahko uporabnik smiselno odločal, katere podatkovne nize bo povezoval ali prekrival v okviru natančnosti rezultatov, ki jih bo želel dobiti pri svojem delu. Ena od pomembnejših nalog geodetske službe v bližnji prihodnosti mora biti določitev povprečne in posamične kakovosti vsebin za vse analogne načrte in karte ter za vse digitalne podatkovne nize, ki se izdelujejo. Širše gledano pa bo treba po sprejemu evropskih standardov s področja geografskih informacij in po uporabi le-teh v Sloveniji pripraviti nove standardizirane opredelitve tudi za geodetske podatke.

V nadaljevanju je podan strnjen pregled izbranih in primerljivih ocen natančnosti za digitalne načrte in karte, ki jih ima geodetska služba Slovenije. Upoštevani so najbolj značilni in skupni podatki, ki so bili izdelani za podatkovne nize.

<i>merilo načrtov, kart</i>	<i>velikost slikovnega elementa v naravi (ločljivost)</i>	
	<i>skanirani načrti, karte</i>	<i>digitalni ortofoto načrti, karte</i>
<i>1:1 000</i>		<i>0,15 m</i>
<i>1:5 000</i>	<i>0,4 m</i>	<i>0,52 m</i>
<i>1:10 000</i>	<i>0,85 m</i>	<i>0,95 m</i>
<i>1:25 000</i>	<i>2,1 m</i>	<i>2,0 m</i>
<i>1:50 000</i>	<i>4,2 m</i>	
<i>1:250 000</i>	<i>21,0 m</i>	
<i>1:750 000</i>	<i>63,5 m</i>	

*Preglednica 2: Pregled natančnosti vzpostavljenih načrtov in kart v digitalni obliki
(povzeto po Igea, 1994 in GZ SLO, Igea, 1994)*

Ob upoštevanih tehničnih merilih zajema – za načrte in karte pri izvedenem skeniranju z ločljivostjo 200 dpijev ter interpoliranju le-te na ločljivost 300 dpijev in za digitalne ortofoto načrte in karte, kjer so se aeroposnetki skanirali z ločljivostjo 800 dpijev – dobimo vrednosti slikovnih elementov, ki se med sabo le malo razlikujejo in se gibljejo v merilu 1:5 000 okoli 0,5 m, v merilu 1:25 000 pa okoli 2 m. Izbrana ločljivost skaniranih načrtov in kart je primerna za splošno uporabo, ker je kakovost podatkov zadovoljiva in velikost datotek ne obremenjuje preveč zmogljivosti računalnika. Ločljivost skaniranih originalov načrtov in kart je premajhna, da bi skanirane originale lahko nadalje uporabljali za digitalno vzdrževanje le-teh. Ko se bomo v Sloveniji odločali za digitalni način vzdrževanja skaniranih načrtov in kart,

bomo morali skaniranje izvesti še enkrat, in to z ločljivostjo, ki bo okoli 1 000 dpijev, kar bo povečalo natančnost prikazov na zahtevano kartografsko raven.

Literatura:

- Geodetski zavod Slovenije, Igea (GZ SLO, Igea), Tehnično poročilo projekta digitalni ortofoto načrti in karte (PN. 0208) I. in II. faza, Ljubljana, 1994, 26-28, 3-9
- Igea, Tehnično poročilo projekta Vzpostavitev kataloga skanogramov. Št. PN 0205. Protokoli poteka posameznih faz izdelave projekta skanogrami in Skanogrami – Verzija I, Ljubljana, 1994
- Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (IGF), Dopis Republiški geodetski upravi: Vogalne koordinate PK 400 in PK 750. Štev. 587/94-DR, Ljubljana, 1994a
- Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (IGF), Poročilo o poteku del na Projektu topografske baze manjše natančnosti, Ljubljana, 1994b, 14-17
- Lesar, A. et al., Položajna in višinska natančnost geodetskih izmer za različne potrebe družbenih in gospodarskih dejavnosti. Inštitut Geodetskega zavoda SRS, Ljubljana, 1976, 132-168
- Lipej, B., Optimizacija prostorskega planiranja kot posledica GIS tehnologije in prostorskega managementa. Doktorska disertacija. Ljubljana, FGG, 1997
- Petek, T., Uporabnost generalizirane kartografske baze GKB 25. Geodetski vestnik, Ljubljana, 1997, letnik 41, št. 1, str. 33
- Peterca, M. et al., Kartografija. Izdanie Vojnogeografskog instituta, Beograd, 1974, 495-553
- Republiška geodetska uprava (RGU), Katalog podatkov geodetske službe z letnimi dopolnitvami, Ljubljana, 1985

dr. Božena Lipej
Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana

Prispelo za objavo: 1998-04-02

Teoretične razlage podatkovnega, topografskega in kartografskega modela

MODEL

O stvarnosti, ki obdaja človeka, si človek oblikuje svojo lastno predstavo (Bizjak, 1996). Zato je predstav o stvarnosti toliko, kolikor je ljudi. Posamezne dele stvarnosti, oblikovane po določenih merilih oziroma vidikih obravnav, imenujemo sisteme, podsisteme, sestavine sistemov, okolje sistema ipd. To pomeni, da pod pojmom sistem razumemo del stvarnosti, predstava o tej stvarnosti pa je preslikava sistema. Model je predstava o stvarnosti, glede na namen omejena na tiste značilnosti sistema, ki so pomembne za proučevanje sistema. Model torej ni popolna slika stvarnosti originala. Glede na obliko podajanja te predstave ločimo grafične, miselne, matematične, opisne modele. Za oblikovanje sistemov je modeliranje temeljnega pomena. Kot modeliranje označujemo znanstveno metodo, ki se ukvarja z zasnovo, izgradnjo, preverjanjem, ocenjevanjem in uporabo modelov, da bi z njihovo pomočjo dosegli boljše prikazovanje in lažjo raziskavo nekega fenomena (Marn, 1982, Bizjak, 1996). Z vidika formalne logike pa je modeliranje proces preslikovanja originala v