

UDK 625.7:528.2:551.43:004
Izvorni znanstveni članak

Točnost proračunanog volumena trupa ceste s obzirom na korišteni digitalni model reljefa

Damir POLOŠKI – Zagreb*

SAŽETAK. Rad polazi od činjenice da se u suvremenoj građevinskoj praksi projektiranja cesta i drugih infrastrukturnih sustava koristi digitalni model reljefa (DMR) kao informacijska osnova u kojoj se modernim CAD alatima izrađuje projekt prema pravilima koje određuje struka. U interesu je građevinske znanosti i prakse utvrđivanje točnosti izračunatog volumena usjeka ili nasipa cestovnog trupa kada se on računa u digitalnim modelima različitih rezolucija i različitih točnosti. U radu je prikazano istraživanje provedeno na reprezentativnom uzorku DMR-a različitih rezolucija i različitih točnosti s obzirom na podrijetlo digitalne forme terena. Egzaktnom metodom proračunani volumeni trupa ceste pokazuju različite točnosti po pojedinim digitalnim modelima reljefa ali i različite točnosti proračunanih usjeka i nasipa. Putem izračunanih točnosti volumena trupa ceste vrednovan je sustav DMR-a različitih rezolucija koji je u interesu projektantske prakse.

Ključne riječi: rezolucije i točnosti digitalnih modela reljefa, proračun volumena ceste prizmama, točnost proračuna volumena, projektiranje ceste.

1. Uvod

U suvremenoj projektantskoj praksi digitalni modeli reljefa (DMR) služe kao baza za proračune cestovnog trupa, pri čemu se koriste moderni CAD alati za projektiranje ceste, drugih prometnica ili općenito za modeliranje volumena različitih namjena.

Digitalni modeli reljefa koji se izrađuju za specijalne namjene, npr. za ceste kao osnovu izradbe, upotrebljavaju fotogrametrijsku izmjeru aerofotogrametrijskog materijala.

Točnosti digitalnih modela reljefa kojima se bavi geodetska znanost uvjetovane su mogućim točnostima stereoskopskih izmjera koordinata točaka u modelu $(x,y,z)_m$, koje se uspoređuju s preciznim izmjerama tih istih točaka na terenu, na geoidu $(x,y,z)_g$.

*Doc.dr.sc. Damir Pološki, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb.

U interesu građevinske znanosti i prakse je, međutim, da raspolaže saznanjem koju točnost ima izračunani volumen ceste kada je on izračunan u različitim modelima reljefa, pošto digitalni modeli reljefa imaju različitu točnost i različitu rezoluciju. To se pitanje može postaviti i ovako: Ako trup ceste “zamrznemo” u prostoru, te ga uvedemo u modele reljefa različite rezolucije na istome geografskom položaju, koliki volumen to tijelo ima u jednom a koliki u drugome digitalnom modelu?

“Zamrznuti” trup ceste u prostoru zahtijeva opis trupa ceste kao neprekinutog volumena, interpretaciju volumena trupa kao digitalnog modela ceste. Presjek dvaju modela, modela ceste i modela reljefa, daje volumen usjeka i nasipa koji zatvaraju cesta i reljef. Takav proračun nema “gubitaka” volumena te osigurava točnost u opservaciji svojstava različite rezolucije i točnosti digitalnih modela reljefa pri proračunu volumena trupa ceste.

Digitalni model ceste nije svojstven današnjoj projektantskoj praksi, ali ona će se zasigurno promijeniti u smjeru opisa cestovnog tijela kao neprekinutoga kontinuuma. Geodezija je također, do momenta interpretacije reljefa putem digitalnog modela reljefa, reljef opisivala diskontinuirano. Za potrebe proračuna trupa ceste u građevinarstvu, teren je sve do pojave digitalnih modela reljefa bio opisivani putem profila između kojih teren nije bio registriran.

2. Opis korištenih digitalnih modela

Za istraživanje točnosti proračuna volumena trupa ceste korišteni su digitalni modeli krupnih mjerila iz kojih se izrađuje kartovni materijal 1:1000 (u tekstu DMR1) i 1:5000 (u tekstu DMR5) te srednjeg mjerila, iz kojeg se izrađuju karte 1:25 000 (u tekstu DMR25). Podrijetlo DMR1 i DMR25 je u stereoskopskoj opservaciji aerofotogrametrijskog materijala. Korišteni digitalni model DMR5 sa stereoskopskom izradbom u tekstu će dobiti još sufix F (DMR5F), pa će se tako razlikovati od DMR5V koji je nastao vektorizacijom iz skeniranih analognih karata.

Istraživanje točnosti proračuna volumena trupa ceste provedeno je za pojedine digitalne modele na dvije geografski različite lokacije. Na “Lokaciji 1” provedeni su proračuni za modele DMR25 i DMR1, a na “Lokaciji 2” za modele DMR5V, DMR5F i DMR1. Digitalni model DMR1 služio je kao referencijski model s točnošću 100,00, u kojem se odražavaju modeli čija se točnost istražuje.

Istraživani digitalni modeli odgovaraju brdovitim terenima (Pološki 2000, str. 148), gdje je brdoviti teren određen prema kriteriju $\Delta h/km > 70$ m/km, mjereno u smjeru pružanja trase.

Izrađivač numeričke baze digitalnih modela reljefa korištenih u radu specijalizirana je geodetska tvrtka, a svi su modeli zapisani u Gauss-Krügerovoj koordinatnoj projekciji, te je cijelo istraživanje uvijek ponovljivo. Iz pregleda dužine i površine koridora korištenih digitalnih modela reljefa navedenih u tablici 1 zaključuje se da uzorak digitalnih modela reljefa pravilno reprezentira osnovni skup svih poluautocesta u Hrvatskoj. Naime, reprezentativnost uzorka digitalnog modela reljefa nad kojim je provedeno istraživanje (ukupno 39,8 km) potvrđuje među ostalim i dužina svih brzih cesta u Hrvatskoj, koja je u 2000. godini iznosila 149 km (Cimerman 1999, str. 79).

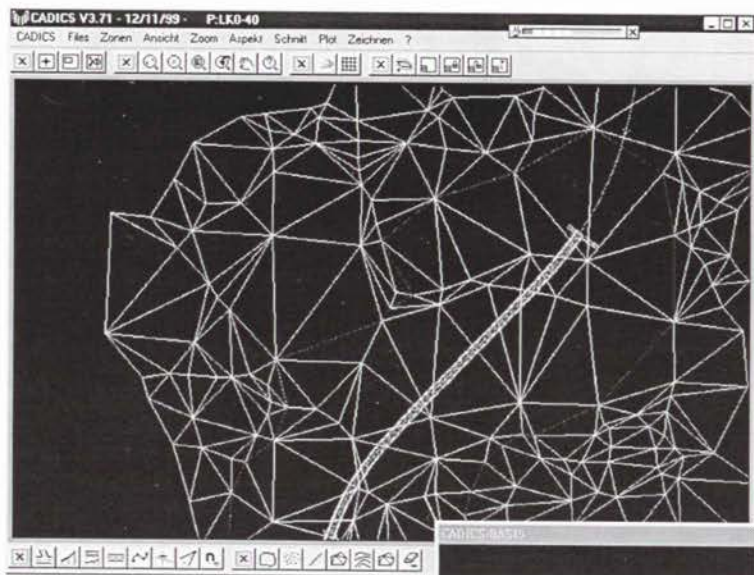
Istraživanja točnosti volumena trupa ceste u ovom radu odnose se na trup brze ceste s jednim kolnikom za dvosmjerni promet, a dužina koridora ekvivalentna je dužini osi ceste za koju su provedeni proračuni volumena trupa, tj. volumen usjeka i volumen nasipa.

Tablica 1. Pregled karakteristika korištenih digitalnih modela terena.

Lokacija	Digitalni model reljefa	Dužina koridora (km)	Površina koridora* (m ²)
Lokacija 1.	DMR1	16,2	3 466 701
	DMR25	38,7	10 868 005
Lokacija 2.	DMR1	33,6	7 076 603
	DMR5V	25,2	6 059 065
	DMR5F	8,4	1 856 419

* Koridor je proračunan sa širinom pojasa 100 m lijevo i desno od osi.

Kako bi se smanjila zališnost podataka i ubrzali računalni proračuni potrebnih veličina, koridor ceste sa širinom pojasa od 100 m, namijenjen za prostor istraživanja, proračunan je i "izrezan" iz digitalnog modela reljefa, što je prikazano na slici 1 za model DMR25.



Slika 1. Izdvajanje podmodela koridora iz DMR25.

Rezolucija digitalnih modela predstavljena je dimenzijama diferencijalne plohe (Frančula 1999, str. 120), odnosno površinom diferencijalne plohe. U tablici 2 prikazane su sastavnice pojedinih digitalnih modela reljefa po lokacijama.

Tablica 2. Diferencijalne plohe za pojedine rezolucije digitalnih modela.

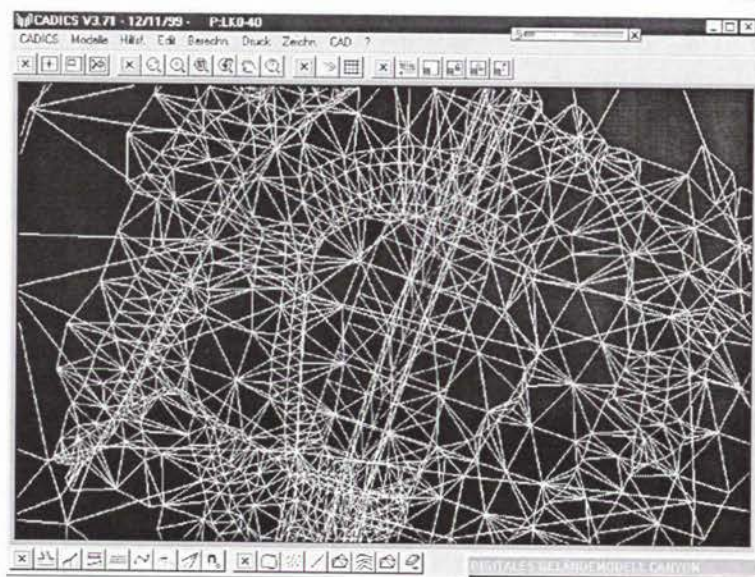
Model	DMR1	DMR1	DMR1	DMR25	DMR5V	DMR5F
Lokacija	1	2	1+2	1	2	2
Koridor (m ²)	3 466 701	7 076 603	10 543 304	10 868 005	6 059 065	1 856 419
Točke/ha	176,82	193,4	187,9	5,94	19,72	72,59
Stand. odstup. točaka/ha	23,15	37,28	33,13	3,38	5,17	8,61
Trokuti/ha	341,25	373,9	363,08	10,01	35,58	137,53
Stand. odstup. trokuta/ha	45,99	73,42	65,32	6,15	10,84	16,88
Diferencijalna ploha (m ²)	32,50	27,69	28,35	1377,55	305,9	73,26
Stand. odstup. dif. ploha (m ²)	3,58	5,62	4,95	772,44	105,00	8,89
Stranica kvadratične plohe (m ²)	5,72	5,26	5,32	37,11	17,49	8,55

Na osnovi tablice 2 moguće je uspostaviti odnose površina diferencijalnih ploha. Za ilustrativnost odnosa rezolucija digitalnih modela reljefa za jediničnu plohu uzeta je površina 5,32 m², koja odgovara površini prosječne plohe za sve korištene digitalne modele reljefa DMR1 i slijedom toga iskazan odnos prosječnih površina diferencijalnih ploha za korištene modele: $DMR1 : DMR5F : DMR5V : DMR25 = 1 : 2,6 : 10,8 : 48,7$.

Gornji odnos diferencijalnih ploha pokazuje da će ista površina reljefa interpretirana s jednim trokutom u DMR25 biti interpretirana s 49 trokuta u DMR1, što znači da će ravna ploha u DMR25 biti izlomljena na 49 ploha u DMR1.

Svi trokuti digitalnog modela reljefa u ovom su radu ravni trokuti, a nastaju kao posljedica triangulacije između točaka i linija koje su sastavnice digitalnog modela reljefa (metoda Delaunaya). Karakteristika matematičke metode triangulacije po Delaunayu je maksimiziranje unutarnjega kuta trokuta u triangulaciji (ICS 1999) i u pravilu se koristi u izradbi digitalnih modela reljefa kod modeliranja prostora za prometne objekte.

Na slici 2 prikazan je dio reljefa interpretiran u DMR25 i u DMR1, tj. na jednoj su slici prikazane prostorne plohe obaju modela. Bijeli trokutovi pripadaju DMR25, dok žuti pripadaju DMR1.



Slika 2. Prikaz triangulacija reljefa u zapisu DMR25 i DMR1.

3. Empirijske vrijednosti položajne i visinske točnosti DMR

Točnost digitalnih modela reljefa ovisi o načinu izradbe modela. Poznato je da digitalni modeli reljefa izrađeni iz postojećega analognoga kartografskog materijala posjeduju manju točnost od digitalnih modela nastalih fotogrametrijskom izmjerom.

Kod digitalnih modela s podrijetlom iz kartografskog materijala obično se uzima da je visinska točnost $1/4$ do $1/5$ ekvidistancije između slojnica (Frančula 1999, str. 120). Nadalje, “na osnovi iskustva i postignutih empirijskih vrijednosti za veličine položajne pogreške uzima se $0,2$ mm, odnosno $m_{pol} sloj = 2 \cdot 10^{-4}$ mk u prirodi” (Fiedler 1981, str. 3).

U tablici 3 prikazane su empirijske točnosti digitalnih modela reljefa s podrijetlom iz analognoga kartografskog materijala.

Tablica 3. Točnosti digitalnih modela reljefa s analognim podrijetlom.

Mjerilo	Evidistancija	Visinska točnost	Položajna točnost
1:200 000	50 m	10 m	40 m
1:25 000	10 m	2 m	5 m
1:5000 (HOK)	2 m	0,5 m	1,0 m

Kod digitalnih modela s podrijetlom u fotogrametrijskoj izmjeri točnost modela ovisi o visini leta aviona, odnosno o mjerilu snimanja. Iz tog razloga, prema Fiedleru,

svaka ocjena ili računanje pogrešaka daje se matematičkim izrazom, u kojem je jedan od faktora nazivnik mjerila snimaka mb , kao što je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Položajna i visinska točnost stereoskopske izmjere.

Konstanta kamere (c)	Nazivnik mjerila kartiranja (mk)	Nazivnik mjerila slike (mb)	Žarišna dužina u m (f)	Visina leta aviona u m (hg)	Srednja pogreška po visini (mht=0,005 · hg/1000)	Srednja pogreška po položaju (mpol=1/f/100 · hg/1000)
225	1000	7115,125	0,152	1081	0,054	0,071
225	5000	15909,9	0,152	2418	0,121	0,159
225	25000	35575,62	0,152	5407	0,270	0,356
225	1000	7115,125	0,210	1081	0,054	0,051
225	5000	15909,9	0,210	2418	0,121	0,115
225	25000	35575,62	0,210	5407	0,270	0,257
225	1000	7115,125	0,114	1081	0,054	0,095
225	5000	15909,9	0,114	2418	0,121	0,212
225	25000	35575,62	0,114	5407	0,270	0,474

Vrijednosti u tablici 4 proračunate su prema sljedećim izrazima citiranog autora (Fiedler 1981, str. 7)

$$mb = c \sqrt{mk} \quad (1.1.1.)$$

$$hg = mb \cdot f \quad (1.2.6.)$$

$$mht = \pm 0,05 \text{ hg}/1000 \quad (1.2.4.)$$

$$mpol = 1/f \cdot 10^{-2} \text{ hg} \quad (1.1.5.)$$

Digitalni modeli reljefa na osnovi HOK 1:5000 za regionalne potrebe izrađuju se metodom prikupljanja visinskih podataka preko skeniranih reprodukcijских originala, a daljnja obradba izvodi se softverski. Digitalni model reljefa tog tipa (DMR5V) istraživan je na "Lokaciji 2". Metoda skeniranih reprodukcijских originala mjerila sitnijih od 1:5000 u pravilu se ne koriste za projektiranje i modeliranje prometnica.

Za razliku od skeniranih reprodukcijских originala mjerila sitnijih od 1:5000, fotogrametrijski materijali iz kojih se izrađuju karte u mjerilu 1:25 000 koriste se za izradbu digitalnih modela reljefa.

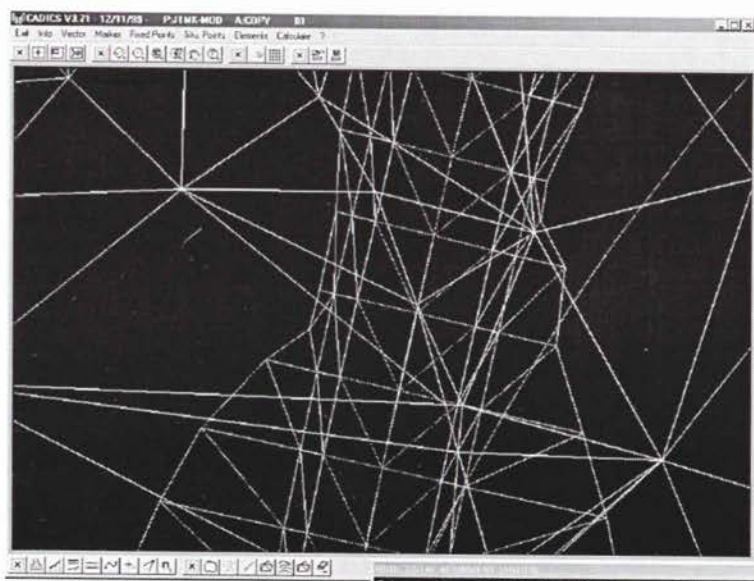
No, poznavanje položajne i visinske točnosti točaka u digitalnome modelu reljefa ne može ponuditi odgovor na pitanje koje vrijednosti volumena ima trup ceste na jed-

noj geografskoj poziciji, ako je on proračunan u dva različita digitalna modela reljefa koja interpretiraju reljef na toj istoj geografskoj poziciji.

4. Egzaktni proračun volumena trupa ceste

Postavljeni zadatak ocjene točnosti proračunanih volumena trupa ceste s obzirom na svojstva digitalnog modela reljefa (točnost i rezolucija) zahtijeva egzaktni proračun volumena trupa ceste. Problem proračuna volumena ceste mora biti tako riješen da se sve terenske neravnine uključe u cestovno tijelo s jedne strane, kao što u volumenu moraju biti sadržane sve prostorne zakrivljenosti cestovnog trupa.

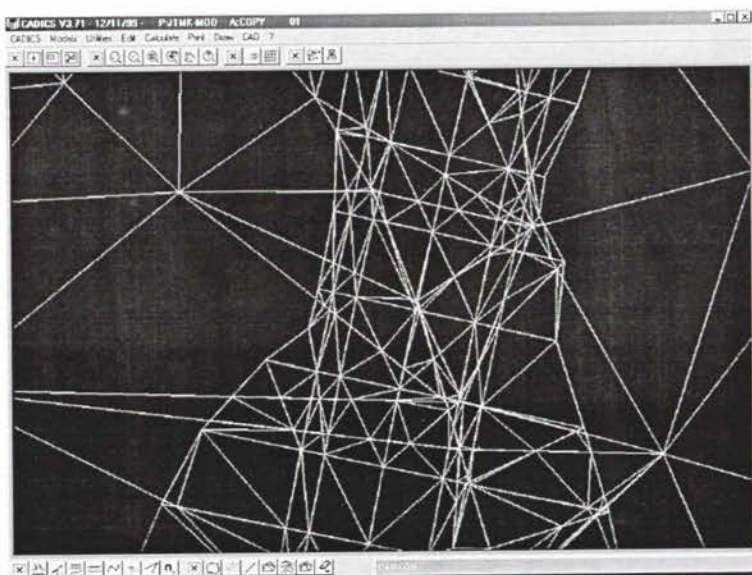
Rješenje postavljenog problema jednostavno se može opisati kao problem presjeka dvaju volumena. U našem je slučaju jedan samostalni volumen reljef terena, dok je drugi samostalni volumen cestovno tijelo. Svaki od tih dvaju volumena interpretiran je vlastitim digitalnim modelom – teren modelom reljefa, a cesta modelom trupa, gdje točke modela čine ravne trokute. Na slici 3 prikazani su trup i teren kao samostalni triangulirani modeli.



Slika 3. Trup ceste i reljef kao samostalni volumeni (modeli).

Presjek dvaju volumena, dvaju modela, kao rezultat daje treći model, kod kojeg je za svaku točku poznata visina u oba modela. U trećem modelu, koji je presjek triangulacija (vidi sliku 4) svaki je trokut trokutasta prizma, kojoj je jedna baza u jednome modelu (modelu trupa ceste), a druga baza u drugome modelu (modelu reljefa). Volumeni prizama volumeni su trupa ceste. Ako je gornja baza prizme (viša po Z osi) u modelu reljefa, cesta je u usjeku, a ako gornja baza pripada modelu

trupa, cesta je u nasipu. Suma svih prizama koje predstavljaju usjek daje dakle volumen usjeka, a suma svih prizama koje predstavljaju nasip daje volumen nasipa.



Slika 4. Presjek triangulacija modela reljefa i modela trupa.

Pri presjeku triangulacija provodi se procedura projekcije točaka jednog modela u drugi model. Sve točke modela reljefa projiciraju se u model trupa i poprimaju visine iz modela trupa, te se točke trupa projiciraju u model reljefa u kojem dobivaju visine. Iz toga naravno slijedi i nova triangulacija obaju modela.

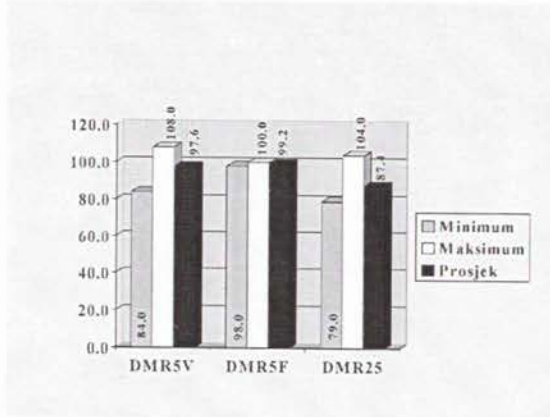
Netočnosti u interpretaciji zakrivljenog cestovnog trupa ravnim prostornim trokutima lako se minimiziraju ili eliminiraju povećanjem gustoće triangulacije do "egzaktne" interpretacije zakrivljene plohe.

5. Točnosti proračunanih volumena

Apsolutna točnost podataka koji interpretiraju reljef nije poznata. No, referencijski model reljefa (DMR1) uzima se kao reljef bez pogrešaka (točnost 100,00), a sve su daljnje usporedbe relativne prema njemu.

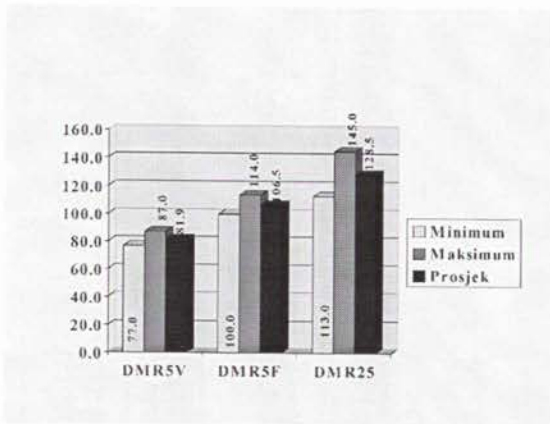
Relacija između dvaju modela na istoj geografskoj lokaciji za volumene usjeka i nasipa statistički je analizirana. Kod svih uspoređivanih modela ta relacija pokazuje svojstvo gotovo potpune korelacije. Preciznije, apsolutna vrijednost koeficijenta linearne korelacije kod uspoređivanih modela ne pada ispod vrijednosti $|r| = 0,97$, što dokazuje ispravnost postupka donošenja sudova o modelima preko referencijskog modela.

Promotrimo sada prikaze provedenih proračuna volumena trupa ceste prema pojedinim modelima reljefa. Točnost proračunanih usjeka prema pojedinim digitalnim modelima prikazana je na slici 5.



Slika 5. Točnost usjeka prema digitalnim modelima reljefa.

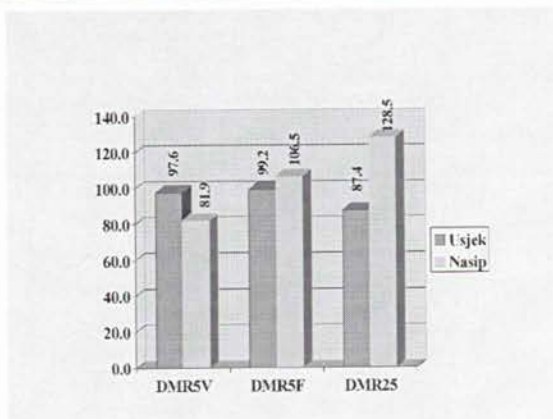
Točnost proračunanih nasipa prema pojedinim digitalnim modelima prikazana je na slici 6.



Slika 6. Točnost nasipa prema digitalnim modelima reljefa.

Prosječne vrijednosti volumena nasipa s obzirom na referencijsku vrijednost DMR1 odstupaju više nego volumeni usjeka. Ta su odstupanja prikazana na slici 7, te se na osnovi provedenog istraživanja točnosti može konstatirati da su odstupanja nasipa od referencijske vrijednosti uvijek veća nego odstupanja usjeka.

Nadalje, može se zapaziti da su kod digitalnih modela reljefa načinjenih stereoskopskom opservacijom (DMR5F i DMR25) proračunani volumeni nasipa veći od referencijskih, a da su istodobno volumeni usjeka manji od proračunanih. Iz toga bi se moglo zaključiti da su plohe reljefa kod tih modela potisnute, translahirane u od-



Slika 7. Točnost usjeka prema točnosti nasipa (prosjeci).

nosu na referencijski model. Ta pojava posljedica je najvjerojatnije stohastičkih procesa svojstvenih izradbi digitalnih modela reljefa putem stereoskopske opservacije. Ipak, poželjno je daljnje istraživanje uzroka te pojavnosti.

Provedeni proračuni daju uvid u točnost volumena trupa ceste kada se on računa u pojedinim digitalnim modelima reljefa. Provedeno istraživanje daje također i mogućnost procjene točnosti takvih proračuna za potpuni skup cesta s jednim kolnikom u brdovitim terenima na osnovi reprezentativnog uzorka, a što je prikazano u tablici 5.

Tablica 5. Procjena točnosti proračuna volumena trupa ceste prema modelima s obzirom na DMR1 za potpuni skup.

DMR	Granica intervala	Varijabla		
		Točnost usjeka	Točnost nasipa	Točnost sume usjeka i nasipa
DMR5V	Donja granica	92,30	79,84	88,389
	Gornja granica	102,90	83,91	92,534
DMR25	Donja granica	81,18	119,45	99,457
	Gornja granica	93,57	137,47	107,759
DMR5F	Donja granica	97,83	97,68	89,316
	Gornja granica	100,61	115,35	103,460

Napomena: Potrebno je imati na umu da je mjerna jedinica varijable točnosti postotak (%).

Iz tablice 5, a po kriteriju inženjerske sigurnosti, moguće je proračunati koeficijente s kojima se proračunani volumeni usjeka i nasipa iz recentnog modela mogu prevesti u digitalni model reljefa 1 (DMR1), odnosno u projektantski "točne" vrijednosti s kojima se ulazi u procjene varijanata i njihov izbor.

6. Zaključak

Rad je dao odgovor na osnovno pitanje: kakva je točnost proračunanog volumena trupa ceste s obzirom na rezoluciju i točnosti digitalnog modela reljefa?

Očekivana raspodjela točnosti proračunanih volumena trupa ceste odgovara točnosti digitalnih modela reljefa. Raspodjela točnosti proračunanih volumena trupa ceste pokazala se sukladnom raspodjeli rezolucija digitalnih modela reljefa. Točnost proračuna volumena trupa ceste pokazala se ponajprije ovisnom o točnosti digitalnog modela reljefa, dakle o nastanku, odnosno podrijetlu digitalnog modela reljefa. Nadalje, pokazalo se da analizirani digitalni modeli reljefa s podrijetlom u stereoskopskoj izmjeri sadrže veću točnost od modela koji nastaju hibridnom obradbom.

Pri proračunu volumena usjeka i nasipa kod trupa ceste moguće je konstatirati pojavu da su prosječne točnosti usjeka uvijek, misli se bez obzira na rezoluciju, veće od prosječnih točnosti nasipa, svedeno na referencijsku točnost (za DMR1 kaže se da posjeduje referencijsku točnost 100%). Ovdje se te točnosti, ilustracije radi, ponavljaju prema različitim digitalnim modelima reljefa kako slijedi:

$$\text{DMR5V Usjek/Nasip} = 92,3\% / 79,8\%$$

$$\text{DMR5F Usjek/Nasip} = 97,8\% / 115,4\%$$

$$\text{DMR25 Usjek/Nasip} = 81,2\% / 137,5\%$$

Kod digitalnih modela reljefa sa stereoskopskom opservacijom (DMR5F i DMR25) proračunani volumeni nasipa veći su od referencijskih, a volumeni usjeka manji od referencijskih. Iz toga bi se moglo zaključiti da su plohe reljefa kod tih modela potisnute, translahirane u odnosu na referencijski model. Daljnje istraživanje uzroka te pojavnosti svakako je potrebno provesti.

Na temelju proračuna provedenog na bazi uzorka za očekivane intervale unutar kojih će se nalaziti vrijednosti za osnovni skup moguće je zaključiti da će količine radova biti proračunane s različitom točnosti, ovisno u prvom redu o podrijetlu digitalnog modela reljefa. Za proračunane vrijednosti za nasip u DMR5V, uz "zamrzavanje" prostorne pozicije ceste, u DMR1, dakle u višoj fazi projekta, treba očekivati 25,3 % (100/79,8) veće količine nasipa.

Osnovna vrijednost tog istraživanja proizlazi iz određivanja točnosti volumena trupa ceste s obzirom na karakteristike digitalnog modela reljefa, kao što su njegova rezolucija i točnost. Ako se, dakle, provodi proračun volumena trupa ceste unutar jednoga digitalnog modela reljefa, očekivana referencijska vrijednost tog volumena u DMR1 naći će se unutar u radu proračunanih vrijednosti.

S obzirom na proračunanu očekivanu točnost DMR25 prema DMR1, digitalni model sitnog mjerila DMR25 smatra se iznimno vrijednim informacijskim materijalom za točno određivanje položaja infrastrukturnog objekta i svih njegovih geometrijskih karakteristika. Primjena DMR25 u istraživanju koridora krupne infrastrukture morala bi u budućnosti uzeti veće učešće i tako potvrditi svoju pravu vrijednost.

Literatura

- Cimerman, R. (1999): Lički "Y" – Najznačajnije autoceste za prometnu integraciju Hrvatske, Zbornik radova Drugog Hrvatskog kongresa o cestama, Cavtat, 73-80.
- Fiedler, T. (1981): Komparacija aerofotogrametrijskog kartiranja pošumljenih predjela iz normalnokutnih i širokokutnih snimaka s klasičnim geodetskim premjerom, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Zbornik radova -Niz A- Svezak broj 31.
- Frančula, N. (1999): Digitalna kartografija, 2. prošireno izdanje, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- ICS software Services SA. (1999): Geländemodell CANYON, Referenzhandbuch, Ch1026 Echandens.
- Pološki, D. (2000): Točnost volumena trupa ceste u ovisnosti o rezoluciji i digitalnom modelu reljefa, Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

The Exactness of the Road Frame Volume Estimation Depending on the Digital Terrain Models that are Being Used

ABSTRACT. This paper is based on the fact that the contemporary construction practice of the road design and other infrastructural systems use the digital terrain model (DTM) as the information basis in which, by using modern CAD applications, the actual design in accordance with the professional principles is being made. It is of interest for the construction theory and practice to exactly determine the volume of the road frame cut and road frame fill, when the road frame is being estimated in digital terrain models with different resolutions and different exactness. The research conducted on the representative sample of different digital terrain models is presented in this paper. Road frame volumes were calculated using the exact method of calculation. They showed different exactness of particular digital terrain models and as well different exactness for calculated road frame cut and fill. Using calculated road frame volume exactness, the system of digital terrain models with different resolutions, which is of interest for the road design praxis, is being evaluated.

Key Words: Digital terrain model resolutions and exactness, Road frame prisms volume estimation, Volume estimation exactness, Road design.

Primljeno: 2001-4-3