
PRETVORBA ANALOGNIH TOPOGRAFSKIH PLANOVA U DIGITALNI OBLIK

Mira Ivković¹, Mario Miler²

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (e-mail: mivkovic@geof.hr)

²Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (e-mail: mmiler@geoinfo.geof.hr)

Sažetak. *Proces pretvorbe analognih katastarskih planova u digitalni oblik, odnosno njihovo osuvremenjivanje, u R. Hrvatskoj se intenzivno provodi posljednjih desetak godina. Međutim, činjenica je da se pretvorba provodi samo za sadržaj potreban za katastarske svrhe, a topografija, ako i postoji, se ne digitalizira. Topografsko-katastarskih planova ima na žalost vrlo malo u našoj zemlji, iako su upravo za takvim planovima velike potrebe, naročito za periferna područja gradova i naselja za koja se izrađuju urbanistički planovi uređenja. Zato bi bilo vrlo korisno one topografsko-katastarske planove koji postoje, pretvoriti u digitalni oblik i na taj način omogućiti njihovo korištenje na suvremeni način.*

Ključne riječi: *analogni planovi, topografski planovi, digitalni planovi, digitalni model reljefa*

1 UVOD

U visinskom smislu zemljište se na topografskim planovima prikazuje kotama (nadmorskim visinama) točaka karakterističnih u visinskom smislu i izohipsama (slojnicama), bez obzira na koji je način ono izmjereno (Živković 1983).

Izohipsa je takva kriva linija, koja na topografskom planu ili karti međusobno spaja točke istih visina (apsolutnih ili relativnih). Važno je da su na planu ispisane visine vrhova uzvišenja, dna udubljenja (vrtača), presječne točke osi saobraćajnica koje se križaju kao i sve ostale karakteristične točke reljefa zemljišta. Na ovaj način se može prikazati plastičnost zemljišta i jasno uočiti visine, veličine, položaj, pravci i konture svih zemljišnih oblika. Izohipse se ne iscertavaju preko nekih prirodnih objekata, kao što su: živi pijesak, šljunčara, močvara, nasip, usjek, zasjek, plato, ali se oni označavaju posebnim topografskim znakovima. Linije izohipsa se također ne crtaju ni preko zgrada, jarkova, trupa prometnica itd. Ovo predstavlja mali, ali savladiv problem kod pretvaranja izohipsa u digitalni oblik jer one više nisu kontinuirane već isprekidane linije.

Nedostatak izohipsa je da predstavljaju vrijednosti visine terena jedino uzduž linije, dok se visinske anomalije, koje se mogu nalaziti između izohipsa, ne prikazuju.

Izohipse su na analognom planu ili karti prikazane kao linije sa određenom ekvidistancijom. Svaka izohipsa sadrži beskonačan broj potencijalnih točaka koje se mogu prikupiti. Kada se izohipsa sa analognog plana ili karte pretvara u digitalan oblik, ona se vektorizira sa određenim brojem točaka. Najčešće su to točke infleksije uzduž izohipse. Digitalna izohipsa ne smije previše odstupati od njene odgovarajuće analogne izohipse.

2 DIGITALNI MODEL RELJEFA (DMR)

Prikaz reljefa Zemlje pomoću izohipsa na topografskim planovima i kartama je ipak dosta "nečitljiv" korisnicima koji se služe tim podlogama za razna istraživanja i analize osobina zemljišta.

Suvremena računalna tehnika, odnosno prikladni programi, omogućuju prikaz reljefa Zemlje mnogo zornije te je njegovo korištenje zato mnogo efikasnije. Stoga je digitalni model reljefa (DMR) puno bolja metoda izražavanja Zemljinih oblika jer se mogu prikazati i trodimenzionalno, na temelju perspektivnih prikaza iz određenog položaja.

Reljef Zemlje je kontinuirani objekt koji bi, za svoje idealno prikazivanje, zahtijevao beskonačan broj točaka. To je nemogući zadatak, za bilo koji digitalni sustav, zbog ograničenog prostora pohrane podataka. Za prikazivanje kontinuiranih površina koristi se konačan broj točaka tj. DMR.

DMR je definiran kao statistička reprezentacija kontinuirane plohe zemlje sa velikim brojem točaka poznatih X, Y i Z koordinata u određenom koordinatnom sustavu. DMR je model, tj. najbolja aproksimacija Zemljinog reljefa, odnosno njegova manjeg dijela u digitalnom obliku. Najveći njegov korisnik je građevinska struka za potrebe projektiranja cesta i računanja masa (zemljišne kubature). Nadalje, DMR se koristi za hidrološka modeliranja, geomorfološke simulacije i klasifikacije, geološka kartiranja, modeliranje potencijalnih erozija tla, daljinska istraživanja (klasificiranje snimaka, geometrijske i radiometrijske korekcije snimaka), poljoprivredu (studije pogodnosti za pojedine usjeve), meteorologiju, klimatologiju, prostorno planiranje i urbanizam, šumarstvo i itd. Veliki korisnik, ali ujedno i veliki proizvođač DMR-a je vojska (borbene i razne druge simulacije).

Vrijednost DMR-a proizlazi iz znanja i informacija koje se dobiju u odnosu na teren i njegove atribute pri interpretaciji DMR. Pod interpretacijom podrazumijevamo provlačenje geomorfoloških informacija kroz kvantitativne analize digitalnog modela terena, a možemo je podijeliti na opću geomorfometriju i konkretnu geomorfometriju.

Opća geomorfometrija je usmjerena na nagib terena i njegove komponente, gradijent i kut gledanja, dok konkretna geomorfometrija analitički prikazuje

obilježja reljefa i njegove attribute u odnosu na površinsku hidrologiju. Ovo je vrlo korisno u hidrološkim analizama kao i u geomorfološkom modeliranju (URL 1).

2.1 Izrada DMR-a iz analognog topografskog plana

Postupak izrade DMR iz analognog predloška detaljno je opisan u diplomskom radu (Miler 2005). Postupak počinje skeniranjem podloge (karte ili plana) i njenim georeferenciranjem. Nakon toga, plan ili karta se učitava u neki grafički program. Da bi izohipse sa plana ili karte bile uspješno vektorizirane, potrebno ih je odvojiti od ostatka elemenata na planovima i kartama. Upravo za taj postupak se koristi grafički program, u ovom slučaju Photoshop, ali to može biti bilo koji drugi program koji može manipulirati rasterskim slikama.

S obzirom da su slike, tj. podloge u kojima je prethodni postupak obrade proveden, najčešće u *.tiff* formatu čija je glavna karakteristika da nema kompresije, slike zauzimaju dosta memorijskog prostora, bilo u radnoj ili stalnoj memoriji. Poželjno je ovu obradu raditi na kompjuteru koji ima minimalno 512kB radne memorije, što za današnje kompjutere nije neki veliki problem.

Cjelokupni postupak može biti više ili manje zahtjevan, ovisno o tome da li se u digitalni oblik pretvara analogna topografska karta ili topografski plan te u kakvom je stanju skenirani plan ili karta.

Ovakvo pripremljenu rastersku sliku topografskog plana ili karte moguće je sada dalje obrađivati u programu za automatsku vektorizaciju, ali ako su izohipse previše isprekidane, to treba popraviti.

2.2 Spajanje isprekidanih izohipsa

Nekada, zbog loših podloga ili loše kvalitete skeniranja, može doći do isprekidanih tj. nekontinuiranih izohipsa. Ovakve izohipse su nepogodne za daljnju obradu u programu za automatsku vektorizaciju. Algoritam za automatsku vektorizaciju radi slično kao i električna struja. Vektori "teku" od jednog piksela do drugog uz izohipsu. Ako nastane prekid u pikselima, također će nastati i prekid u vektoru. Kada bi vektorizirali ovakve izohipse, previše bi bilo nekontinuiranih vektoriziranih izohipsa te bi posao spajanja predugo trajao. Taj problem rješava se tako da se linije izohipsa podebljaju, pa će se sitni razmaci između linija automatski spojiti. Negativna strana ovog postupka je što podebljanjem izohipsa može doći do spajanja susjednih, u područjima gustih izohipsa (strmog terena). Međutim, lakše je popraviti nekoliko spojenih izohipsa, nego povezati stotine mjesta isprekidanih izohipsa (Sl. 1).



Slika 1. Izohipse prije i poslije podebljavanja

2.3 Vektorizacija izohipsa

R2V je napredni program za pretvorbu rasterske slike u vektorsku, u ovom zadatku, rasterske slike izohipsa u vektorski oblik. Tako dobiven vektorski slojni plan može se dalje obrađivati u raznim CAD ili GIS alatima. Program je specifično specijaliziran za vektorizaciju izohipsa i katastarskih čestica tako da ima veliki broj pomoćnih alata koji se koriste pri dobivanju digitalnog topografskog plana. Uz rad sa vektorskim oblikom slike, program ima mogućnost rada i sa rasterskim slikama, ne u dosegu Photoshopa, ali dovoljno za neke jednostavne radnje. Ako se obrađuje slika na kojoj ne treba posebno brisati pojedine boje, već je slika manje-više dvobojna, moguće je pretvorbu u crno-bijelu sliku napraviti i u R2V programu.

Uz pretvorbu boja, program ima i druge jednostavnije algoritme za manipulaciju rasterskim slikama, kao npr. opciju za podebljanje linija. Efekt je isti kao i kod ranije navedenog postupaka Photoshopom, samo što se ne može izabrati željeno podebljanje linija, što je ponekad vrlo korisno. Program podeblja liniju po nekoj definiranoj vrijednosti koja je unesena u njegov algoritam.

Sada se može pokrenuti postupak za automatsku vektorizaciju. Naravno, uz izohipse, vektorizirani su i neki nepotrebni elementi (granice, građevinski objekti, topografski simboli itd.). Dio tih nepotrebni elemenata može se automatski izbrisati koristeći opciju za brisanje kratkih vektora, pomoću koje je moguće izabrati mogućnosti brisanja po dužini ili po broju točaka na liniji.

Tada je potrebno pregledati sliku i vidjeti gdje se sve nalaze prekidi na izohipsama te gdje su nepotrebni vektorizirani elementi. Vrlo vjerojatno će se naći veliki broj takvih vektoriziranih elemenata te veliki broj prekida u linijama.

Te pogreške su rezultat nesavršenosti i kompleksnosti algoritma za vektoriziranje.

Sljedeći korak je brisanje svih linija vektoriziranih elemenata koje nisu potrebne te spajanje prekinutih izohipsa. To je moguće učiniti ručno tako da se polako analizira slika i brišu nepotrebni elementi.

Nakon što se poprave sve prekinute izohipse i obrišu nepotrebni elementi, sljedeći korak je pridruživanje visina tim slojnicama. Visine se izohipsama mogu pridruživati pojedinačno ili za više njih odjednom. Vrlo je bitno da se niti jedna linija tj. izohipsa ne izostavi jer u protivnom, dobiveni model neće biti valjan.

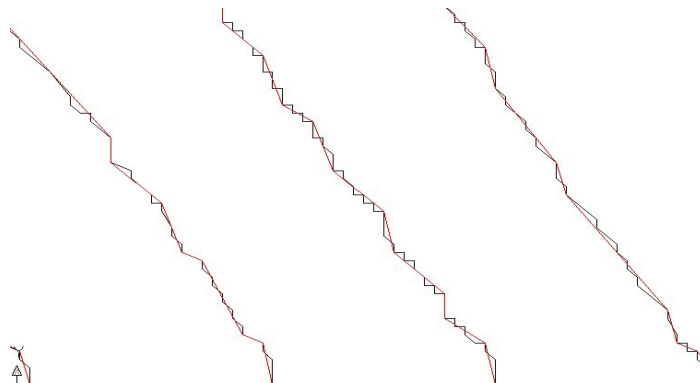
Nakon što su svim slojnicama pridružene visine (još jednom se provjeri da nije koja izostavljena), potrebno je transformirati koordinate iz lokalnog, u kojem se trenutno izvodi postupak vektorizacije, u državni koordinatni sustav. Georeferencirana slika u *.tif* formatu ne sadrži podatke o geografskom smještaju rasterske slike u prostoru. U tu se svrhu osim datoteke *.tif* formata, na istu sliku odnosi i sadržaj zasebne datoteke formata *.fw*, u kojoj se nalaze podaci o mjerilu karte te o ishodištu potrebnom za smještaj u državni koordinatni sustav.

Nakon transformacije, posao u R2V programu je gotov i moguće je prebaciti dobivene podatke u jedan od mnogih digitalnih formata koje program podržava. Npr. podaci se mogu spremati u *.dxf* format te dalje dobivene izohipse obrađivati u nekom CAD programu. U CAD programu, kao što je AutoCAD, mogu se vrlo lako odrediti sve veličine koje su potrebne, od dužina i površina do kubature i profila između točaka. Uz pomoć nekih dodataka za CAD programe, kao što su QuickSurf za AutoCAD te Geopack za Microstation, moguće je napraviti model terena i u ovim programima.

U ovom slučaju, podaci su prebačeni u *.xyz* format koji podržava Surfer te je u njemu generiran model terena.

Ako se podaci spremaju u *.dxf* format i nakon toga pročita veličina datoteke koja je nastala, vidjet će se da je datoteka poprilično velika. U ovom slučaju je to oko 43 MB, što je jako veliki broj podataka za takav oblik slike, točnije 581,000 točaka. Razlog tome je program za automatsku vektorizaciju, tj. njegov algoritam koji vektorizira svaki i najmanji prijelom koji postoji na izohipsama. Što je veći broj prijeloma to je veći broj točaka koje se moraju zapisati i to naravno povećava datoteku. Takove vektorizirane slojnice nisu niti potrebne, niti prirodne, a nastaje prevelika datoteka. S tako velikom datotekom jako je teško raditi jer su potrebna bolja i brža računala za normalan rad, a točnost je skoro ista ako se koristi manji broj točaka. Smanjivanje broja točaka, tj. smanjivanje veličine datoteke, može se učiniti u programu R2V. Razlika između početnih linija i novih linija izohipsa je prikazana na slici (Slika 2). Crvenom

bojom označene su linije nakon izgladivanja, a crnom prije izgladivanja. Kao što se vidi, velika je razlika u broju prijelomnih točaka.

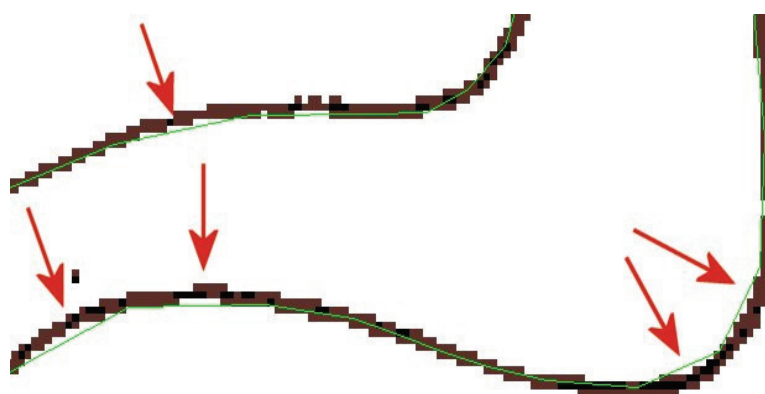


Slika 2. Izohipse prije i poslije izgladivanja

Ako je i to preveliki broj točaka tj. još uvijek je datoteka prevelika i linije nisu dovoljni izgladene, moguće je učiniti sljedeće.

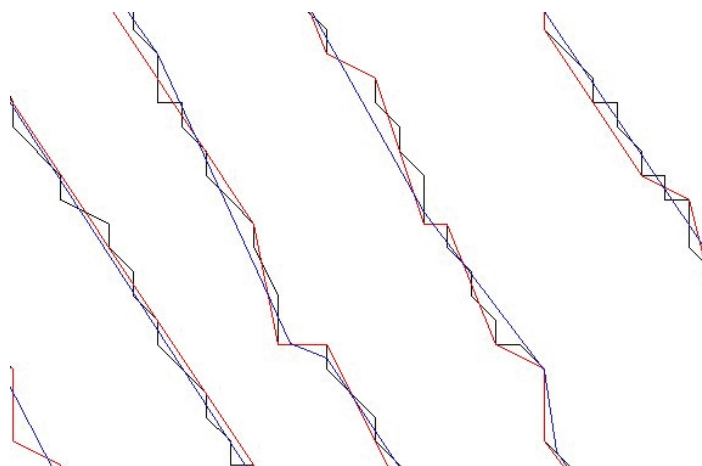
Prije nego što se izglade linije sa *Smooth Lines* opcijom, izglade se pomoću *B-Spline Smooth* opcijom. Time se nije smanjio broj točaka, samo su malo drugačije raspoređene, da bi linije bile bolje zaobljene. Nakon toga se upotrijebi opcija *Smooth Lines* i rezultat bi trebao biti duplo manja datoteka nego bez upotrebe B-Spline algoritma, tj. u ovom slučaju 3.5 MB datoteka. Razlika je vidljiva i u obliku linija i broju prijeloma.

Utjecaj izgladivanja linija na točnost vektorizacije je zanemariv. Iz usporedbe položaja izgladenih i skeniranih (zelenih) izohipsa, može se vidjeti da na većini mjesta razlika uopće ne postoji, dok na rijetkim mjestima vektorizirana izohipsa malo odstupa od rasterske, a odstupanje je ispod 0.5 m u prirodi (Slika 3).



Slika 3. Odstupanje vektorizirane izohipse od rasterske nakon izgladivanja

Odstupanje između neizglađenih linija (veliki broj prijeloma, veliki broj točaka za daljnju obradu, velika datoteka) te izglađenih bez i sa B-Spline algoritma (manji broj prijeloma, ljepši izgled zbog zaobljenosti, manji broj točaka), prikazan je na slici 4. Crnom bojom su označene linije bez izgladivanja, crveno linije izglađene bez korištenja B-Spline algoritma, a plavo linije izglađene korištenjem B-Spline algoritma.



Slika 4. Izglađene i neizglađene linije izohipsa

Bez obzira na izabrani algoritam izgladivanja, moguće je podatke spremiti u .xyz formatu te obradu nastaviti u nekom programu za generiranje digitalnog modela reljefa.

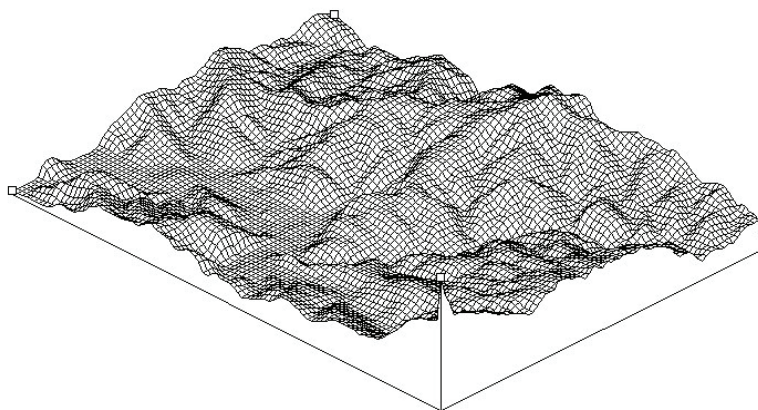
2.4 Izrada DMR-a

Za izradu i korištenje DMR-a postoje specijalizirani računalni programi, bilo samostalni, bilo u sklopu GIS ili CAD sustava. Jedan od samostalnih programa je Surfer. Surfer je softver za obradu podataka sa svrhom stvaranja trodimenzionalnog i dvodimenzionalnog prikaza terena. Program interpolira proizvoljno smještene xyz podatke u definiranu pravokutnu mrežu (GRID) i smješta ih u .grd datoteku, koju je neophodno formirati za dobivanje željenog prikaza. Pomoću te mreže, moguće je izvođenje i računskih operacija kao što su, računanje površine prikazane plohe ili njezinih dijelova, određivanje volumena ispod plohe ili između dviju ploha itd.

Točke dobivene vektorizacijom slojnica imaju x, y i z koordinatu, koje ne čine mrežu točaka, nego su nepravilno raspoređene po prikazanom terenu na planu ili karti. Princip interpolacije Surferom je da se formira mreža koja ima određeni broj stupaca i redova i da se izračunaju visine čvorova mreže. Čvorovi su presjecišta linija između kolona i redova. Postoji nekoliko metoda interpolacije i

sve one koriste interpolacijski algoritam opće (težinske) aritmetičke sredine. To znači, što je vektorizirana točka (podatak) bliže čvoru mreže, to sudjeluje sa većom težinom u određivanju z vrijednosti (visine) tog čvora. Razlike između metoda interpolacije su u tome kako su težinski faktori izračunani i primijenjeni za vrijeme interpolacije. Težinski faktori variraju između 0 i 1 za sve podatke koji su uzeti u obzir u postupku interpolacije. Suma svih težinskih faktora korištenih za računanje vrijednosti čvora mreže je 1.

S obzirom da je dobivena *xyz* datoteka u R2V programu sa koordinatama točaka izohipsa, sad je moguće vrlo lako formirati mrežu u Surferu. Podatke koji su dobiveni stvaranjem mreže, moguće je prezentirati u obliku 3D modela terena (Slika 5):



Slika 5. 3D model terena (Wireframe)

3 ZAKLJUČAK

Izrada digitalnih topografskih planova i karta preduvjet je uspješnog planiranja prostora, odnosno izgradnje GIS-a (geografskog informacijskog sustava). Koji će postupak pri tome biti primjenjen ovisi o mogućnostima i kvaliteti postojećih analognih topografskih planova i karata. U ovom radu je opisan jedan način pretvorbe analogne topografske karte u digitalni oblik odnosno stvaranje DMR-a. Topografska karta je bila mjerila 1:5000, a postupak za planove bi bio sličan.

U postupku pretvorbe korišteno je nekoliko kompjuterskih programa. Najprije je analogni predložak skeniranjem preveden u rasterski digitalni oblik. Zatim je u programu Photoshop rasterski predložak oslobođen suvišnog sadržaja i boja te je time izdvojen slojni plan. Programom R2V preveden je rasterski predložak u vektorski oblik. Dobivena baza prostornih koordinata točaka izohipsa korištena je u programu Surfer za izradu DMR-a.

Radi bolje vizualizacije, preko izrađenog modela reljefa može se prevući rasterska slika. Postupak pretvorbe analogne topografske karte (plana) u digitalni oblik na ovaj način je relativno jednostavan i ne zahtjeva neko veliko znanje iz navedenih programa. Treba još naglasiti da se isti postupak može provesti i nekim drugim programima slične namjene.

LITERATURA:

Miler, M. (2005): Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb

Živković, I. (1985): Topografski planovi, Naučna knjiga, Beograd

Photoshop CS, Helpmanual 2003

R2V for Windows, User's manual 2003

Surfer for Windows, Version 8 User's Guide 2002

URL1. <http://www.geomatics.ucalgary.ca/~nelshei/lecture.htm>, (3,05,2005)

TRANSFORMATION OF ANALOGOUS INTO DIGITAL TOPOGRAPHIC AND CADASTRAL PLANS

***Abstract.** The process of transforming analogous cadastral plans into digital form, i.e. their modernisation, has been carried out intensively in the last ten years in the Republic of Croatia. However, the fact that the transformation is carried out only for the contents that are needed for cadastral purposes, and topography, even if it exists, is not digitized. There are unfortunately too few topographic and cadastral plans in our country, although the needs for such plans are very large, especially for the peripheral areas of towns and settlements that urban and detailed development plans are made for. It would therefore be very useful to transform the existing topographic and cadastral plans into digital form, i.e. to make modern geodetic documentation that will enable their usage in planning and preparation of regional plans, as well as in designing and building of various construction objects*

***Key words:** analogous plans, topographic plans, digital plans, digital relief models*