

Оригинални научни рад  
**Radislav Tošić \***  
**Danilo Petrović <sup>1</sup>**

## DIGITALNI VISINSKI MODEL U GEOMORFOLOŠKIM ANALIZAMA

**Abstarkt :** U radu se razmatraju mogućnosti korištenja digitalnog visinskog modela u geomorfološkim analizama, odnosno korištenje ovog modela kako bi se odredili primarni topografski atributi određeni direktno na osnovu podataka visina.

**Abstarct :** In the article the possibilities of usage of the digital elevation model in geomorphologic analyze have been surveyed, relatively the usage of this model in order to determination of primary topographic attributes defined directly on the basis of the height data.

**Ključne riječi :** Digitalni visinski model, geomorfološka analiza, primarni topografski atributi.

**Key words :** Digital elevation model, geomorphology analysis, primary topographic attributes.

### Uvod

Razvoj GIS tehnologije uslovio je pojavu novih metodoloških pristupa u geomorfološkim istraživanjima jer su mogućnosti GIS – a omogućile značajnije učešće geomorfologa u naučno - istraživačkim projektima. Geomorfološke analize zahtjevale su iscrpan rad na definisanju morfometrijskih karakteristika reljefa i to u cilju kvantifikacije pojedinih geomorfoloških procesa. Budući da je bilo neophodno utrošiti ogroman trud i vrijeme za analizu, najveći dio tih kvantitativnih geomorfoloških analiza nikad nije urađen.

Razvoj GIS – a praćen snažnom povezanošću sa geodetskim snimanjem, daljinskom detekcijom, aerofotogrametrijom te globalnim pozicionom sistemom omogućio je da se standardna procedura ove analize zamijeni novom, baziranom na GIS tehnologiji koja je daleko efikasnija, jednostavnija, jeftinija i povezana

---

\* Dr Radislav Tošić, docent, Prirodno – matematičkog fakulteta, Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka, M. Stojanovića 2, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

<sup>1</sup> Danilo Petrović, dipl. geograf, Predsjedništvo BiH, Titova 16, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

unutar određenih granica sa brojnim disciplinama, što je pored ostalog doprinjelo razvoju interdisciplinarnog pristupa.

Detaljno geomorfološko kartiranje je u posljednjih nekoliko godina postalo najčešći način geomorfološkog istraživanja jer su praktični zahtjevi određivali potpuno drugačije vrste informacija neophodne u multidisciplinarnim naučno – istraživačkim projektima, u odnosu na to što su nudili rezultati istraživanja klasične geomorfologije. U tom smislu, primjenom alata i mogućnosti geografskog informacionog sistema otvorene su nove stranice u oblasti kvantitativne geomorfološke analize, kako u definisanja primarnih i sekundarnih topografskih faktora tako i u samom procesu geomorfološkog kartiranja. Međutim, sam postupak geomorfološkog kartiranja, odnosno izrade osnovne geomorfološke ili primjenjene geomorfološke karte, kao i njenih parcijalnih djelova ili pojedinih specijalnih karata i dalje je baziran na korištenju morfološkog, morfofacijalnog, morfostrukturnog, morfo – neotektonskog, morfogeografskog, morfodinamičkog i paleogeomorfološkog metoda.

## **1. Modeli i struktura kartografskih podataka u GIS - u**

Gotovo svi GIS softveri moraju nekako smjestiti digitalne karte, pitanje je samo koji će od načina koristiti, budući da postoje značajne razlike u načinima na koje različite vrste GIS softvera manipulišu u čitavom moru geografskih podataka i informacija. Organizovanje karata u brojeve ima presudan uticaj na način kojim selektujemo, čuvamo i koristimo podatke, odnosno karte u GIS – u. Postoje brojni načini kako konvertovati vizuelnu ili odštampanu kartu u niz brojeva. Tokom godina programeri geografskog informacionog sistema razvili su brojne načine kako karte konvertovati u brojeve. Razlika između ovih načina nije mala, i to ne samo zbog različitih vrsta fajlova i potrebnih kodova, već i zbog samog načina na koji posmatramo i shvatamo podatke GIS – a. Veza između toga kako mi zamišljamo izgled onoga sa čime radimo i stvarnim bajtima i bitima u kompjuteru je upravo ta kritična tačka našeg razumijevanja GIS tehnologije. U kompjuteru podaci su smješteni u fizičkoj strukturi koja je prilično očigledna, odnosno ona nije samo način kako se memorija ili RAM kompjutera koristi već i sam način kako se fajlovi i direktoriji smještaju i pristupaju kartama i informacijama atributa. Na fizičkom sloju, karta je ustvari podijeljena na niz brojeva koji su smješteni u fajlove kompjutera. Smještanje brojeva se vrši na dva alternativna načina, kod prvog načina svaki broj je sačuvan u fajl i kodiran u binarne zapise ili bite, dok je kod drugog načina kodiranja brojeva u fajlove svaki broj tretiran kao jedan po jedan decimalni broj, odnosno to je isti način kao što radimo sa tekstom stavljajući simbole, pa se ovaj način kodiranja zove text ili ASCII fajlovi ( Clarke, K., 2003 ).

Logička struktura podataka zahtijeva da imamo viziju, odnosno mentalni – stvarni model o tome na koji način fizički podaci predstavljaju geografsku osobinu, kao što je na primjer list karte papirni model reljefa kojeg predstavlja. U GIS - u i kompjuterskoj kartografiji postoje dva osnovna modela predstavljanja kartografskih podataka i samo jedan model atributa podataka.

Kartografski podaci mogu biti strukturisani u rasterski i vektorski model, dok su atributi strukturisani kao flat fajlovi ( Burrough, P., Mc Donnel, R.,1998 ).

Rasterski model podataka koristi mrežu, kao što je mreža koordinatnog sistema na karti, kao svoj model ili strukturu čuvanja kartografskih podataka. Svaka ćelija te mreže je jedna kartografska jedinica često definisana tako da svaka ćelija mreže na GIS karti predstavlja jedan piksel, odnosno tačku. Piksel je najmanja jedinica koju je moguće prikazati na monitoru, ukoliko uzmemo povećalo i pogledamo u monitor ili ekran televizora, vidjećemo da se slika sastoji od hiljada sitnih piksela pri čemu se svaki piksel sastoji od trougla i tri fosforne tačke. Prema tome, kada uvučemo kartu u rasterski model svakoj ćeliji u mreži dodjeljujemo neku vrijednost. Vrijednost koju dodjeljujemo može biti stvaran broj sa karte, kao što je visina terena u digitalnom visinskom modelu ( DEM ), ali to je i indeksna vrijednost atributa koji se odvojeno čuva u bazi podataka atributa.

Vektorski model podataka sastoji se od tačaka pri čemu je svaka tačka predstavljena, odnosno definisana tačnom prostornom koordinatom. Za tačku ili skup tačaka vektor samo koristi listu koordinata. Za liniju koristimo niz koordinata, odnosno niz tačaka u listi je redoslijed po kojem moraju biti iscrtane na karti ili korištene u proračunima. Shodno tome, tačke sa prostornim koordinatama daju linijama pravac u kojem bi tačke trebalo i čitati, odnosno ako to prevedemo na jasno definisan prostor u vektorskom modelu, on je ograničen okružujućim linijskim prestenovima bilo da se radi o jednom ili više njih. Dakle, vektori su veoma korisni za predstavljanje osobina prikazanih na karti pomoću linija, odnosno kao linije.

Za razliku od rasterske mreže gdje je neophodno sačuvati attribute ćelije mreže bez obzira da li nam je potrebna ili ne, u vektorskom modelu je neophodno postaviti tačke samo tamo gdje su potrebne. Prema tome, korištenjem vektorskog modela podataka moguće je nacrtati kartu sa nekoliko stotina tačaka, što je daleko manje od broja ćelija rasterske mreže koje su neophodne da bi se isto predstavilo. Vektori imaju prednost tačnosti s obzirom na mogućnost preciznog slijedenja i stoga su veoma efikasni za čuvanje osobina. S druge strane, vektor i nije baš najbolje rješenje za predstavljanje neprekidnih konstanti varijabli polja kao što je slučaj sa topografskim podacima, osim u slučaju mreže koja se dobija triangulacijom. Pored toga, vektori nisu dobra struktura za korištenje ako karte koje trebamo koristiti podrazumijevaju definisanje prostora iscrtavanjem crtica ili boja ( šrafiranje, bojenje, sjenčenje i sl. ). Ravan fajl ( flat fajl ) kao model podataka je način na koji su brojevi smješteni u tabele.

Ovaj je model i vrsta mreže sa redovima za zapise i kolonama za attribute. U ovom modelu kao i kod rasterskog modela moramo sačuvati vrijednosti u ćelije tabele. Vrijednosti moraju nekako povezati podatke u flat fajlu sa podacima na karti, za raster mrežu mogu se sačuvati indeksni brojevi u mreži i bilo koji broj atributa za indeks brojeve u flat fajlu. Za vektorske podatke potrebno nam je malo više složenosti, odnosno podaci tačaka su jednostavni i možemo staviti i koordinate u sam flat fajl. Međutim, linije i poligoni, ipak imaju veći broj varirajućih tačaka što nas primorava da označimo ili identifikujemo linije i poligone te sačuvamo attribute cijele linije ili poligona u flat fajlu. Ukoliko linije

nazovemo luk, kao primjer, jer možda zatrebamo oboje, dobićemo fajl sa tabelom atributa poligona i fajl sa podacima o lukovima po poligonima. Prema tome, flat fajl je tabela u kojoj su kolone osobine ( atributi ) dok redovi sadrže zapise. Unaprijed znamo kakva vrsta informacija je sačuvana u svakoj osobini ( atributu ) bez obzira da li se radi o tekstu ili brojevima, i tako možemo napisati slijed, odnosno niz u fajl. Za svaki zapis možemo napisati ASCII kodove za vrijednosti svake osobine na dosljedan način, a potom na kraju svakog zapisa možemo započeti novu liniju pri čemu takav fajl ( flat fajl ) postaje neka vrsta tabele ili matrice sa redovima i kolonama. Prema tome, lako je uočiti šta neke od operacija baza podataka zapravo rade, ako želimo sortirati podatke moguće je prenumerisati linije u fajlu, ako želimo izdvojiti određeni zapis možemo tražiti liniju po liniju dok ne nađemo traženi zapis, a zatim ga odštampati. Sve ove oprecije bile bi znatno brže ako bismo mogli šifrirati brojeve u binarni zapis ili ih sortirati u fajlu tako da se najjednostavniji fajlovi nalaze na početku fajla. Većina sistema upravljanja bazama podatka ( DBMS ) radi upravo to, što je moguće vidjeti ako se koristi upravljač baze podataka ili Excel koji zapise drži na jednom mjestu (Clarke, K., 2003).

Vektorske strukture podataka prve su korištene u kompjuterskoj kartografiji i GIS – u jer su bile jednostavno izvedene iz digitalizatorskih pločica i time znatno preciznije predstavljale složenije osobine koje se nalaze na karti. U prvom redu su korišteni ASCII fajlovi sa x i y koordinatama, ali je njihova veličina veoma brzo postala prevelika i zato su zamijenjeni binarnim fajlovima. Prva generacija vektorskih fajlova bile su linije sa neodređenim tačkama početka i kraja, oni su duplicirali način na koji bi kartograf crtao kartu. U tom slučaju olovka bi se dizala sa papira da se započne nova linija ili bi bila premještena negdje drugdje na papiru. Fajl se mogao sastojati od nekoliko dugih linija, puno kratkih linija, ili mješavine dugih i kratkih linija. Tipično, fajlovi su bili pisani u binarnom ili ASCII kodu i koristili su zastave ( flag ) ili kodove koordinata za određivanje krajnje linije. U ovom slučaju podaci su ličili na linije koje su slične špagetama u tanjiru i tako je definisan naziv zaglavljjen ( stuck ) i do tada nestrukturisani vektorski podaci nazvani su kartografske špagete. Veliki broj sistema još uvijek koristi osnovnu strukturu, ipak, struktura preživljava među mnogim formatima podataka kao što je standardni linearni format kartografske odbrambene agencije ( Defense Mapping Agency ). Kao što je hijerarhijski sistem postao način organizovanja baza podatka osobina, 1960. godine stvorena je hijerarhija za prostorne podatke i postala je luk / čvor ( arc / nod ) model. Mnogi sistemi prve generacije koristili su ovaj sistem jer ova struktura podataka koristi činjenicu da se svaka vrsta osobine tačke, linije i poligoni sastoji od osobina nekoliko dimenzija. Tako se osobine poligona sastoje od povezanih linija, a linije od sastavljenih ( povezanih ) tačaka, dakle, najvažnija prednost koju nam to donosi jeste mogućnost da razdvojimo fajlove poligona, linija i tačaka. Prema tome, potreban je fajl koji sadrži osobine poligona, fajl koji ispisuje lukove unutar poligona i na kraju fajl sa koordinatama koje su određene fajlom krivih. Nova struktura podataka koristila je luk kao osnovu čuvanja podataka i oslanjala se na rekonstrukciju poligona kada je to bilo potrebno.

Način na koji je sve to postizano ukazalo je na još neke praktične vrijednosti, sistem je čuvao podatke tačaka kao i prije, ali je sadržan u fajlu lukova povezanim sa fajlom tačaka postao skraćeni oblik luka. Taj skraćeni oblik luka se sastojao samo od prve i poslednje tačke u luku koje su nazivane krajnje tačke, a informacija koja nije bila povezana sa upravo tim lukom već sa njegovim susjedima u geografskom prostoru. To je uključivalo naredni povezujući luk i broj poligona koji leže lijevo i desno od luka. Ako je linija predstavljala samo rijeku ili put ova informacija nije potrebna, ali ako je luk bio dio mreže susjednih poligona, identifikator poligona postajao je je ključ za konstrukciju poligona. Način na koji je poligon mogao biti konstruisan bio je ekstrakcija svih lukova koje posmatrani poligon ima za susjede. Ako je poligon desni susjed svakog luka, krajnje tačke su provjeravane jedna naspram druge kako bi odredili redoslijed po kojem trebaju biti nacrtane.

Poseban problem sa vektorskom strukturom podataka odnosi se na baratanje sa geografskim površinama, problem je ispravio istraživački tim koji je izumio novu strukturu podataka nazvanu trigonometrijska neujednačena mreža ( Triangulated irregular network – TIN ). TIN je lista tačaka sa njihovim koordinatama, ali sa sačuvanim tačkama u fajlu koji sadrži informacije o topologiji mreže. U ovom slučaju mreža je skup trouglova, konstruisanih povezivanjem tačaka u mreži trouglova nazvanoj Delunijeva triangulacija. Ovaj način crtanja trouglova je optimalan jer mijenjanje bilo kojeg trougla pravi uglove trougla manje sličnim jedni drugima. Moguće je konstruisati dvije vrste TIN –a, jednu sa fajlom koji sadrži informacije o lukovima koji spajaju tačke i jednu koja sadrži sve podatke o jednom trouglu ( Clarke, K., 2003 ).

Rasterske ili mrežne strukture podataka čine osnovu GIS – a, jer je mreža veoma efikasan način čuvanja podataka. Podaci formiraju vrstu ili matricu redova i kolona gdje svaki piksel ili ćelija mreže sadrži vrijednost podatka osobine ili indeks broj koji upućuje na vezu u bazi podataka osobina. Glavna prednost rasterskog sistema je da podaci formiraju svoju kartu u memoriji računara pri čemu se operacije kao što su poređenje ćelija mreže sa susjednim ćelijama mogu izvesti pregledom vrijednosti u narednom i prethodnom redu i koloni ćelija mreže zadatih upitom. Međutim, raster nije baš pogodan za prikazivanje linija i tačaka s obzirom da one tada postaju skup ćelija u mreži. U tom slučaju linije mogu postati isprekidane ako presjecaju mrežu pod previše malim uglom, no, jedan od glavnih problema kada su u pitanju rasterski podaci jesete problem pomiješanih piksela. Rješenje koje se načešće koristi je dodjeljivanje graničnih piksela onih koji ne pripadaju isključivo ni jednoj ni drugoj klasi.

## **2. Izvor i struktura podataka digitalnog visinskog modela ( DEM -a )**

Mnogi od trenutno dostupnih digitalnih visinskih podataka su produkt fotogrametrije i oslanjaju se na steroskopsku interpretaciju prostornih fotografija ili satelitskih snimaka koristeći se ručnim ili automatskim stereoploterima. Dodatni set visinskih podataka postiže se digitalizacijom konturnih linija na topografskoj karti i detaljnom analizom topografske podloge. Pojava i rasprostranjenje

upotrebe globalnog pozicionog sistema u geografiji i drugim naučnim disciplinama omogućio je pojavu velikog broja različitih pristupa koji su rezultirali brojnim podacima.

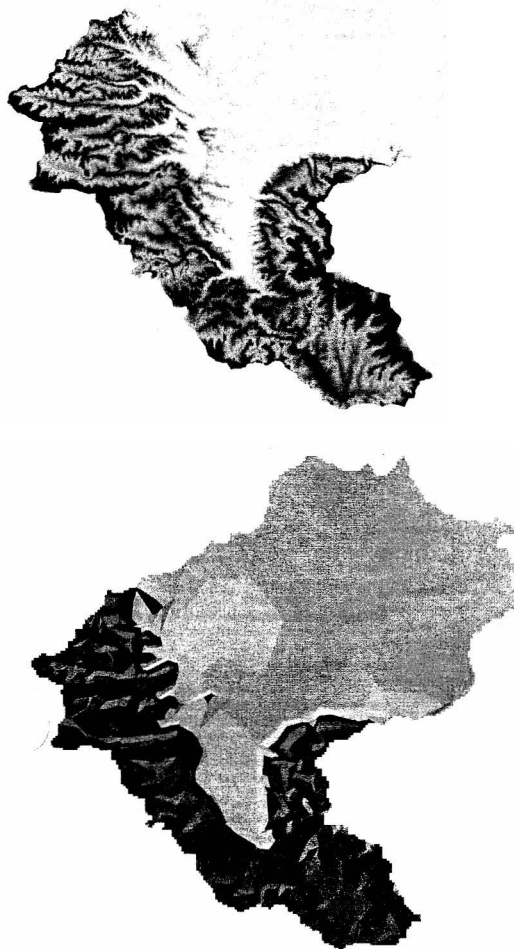
Digitalni visinski podaci najčešće su organizovani u jedan od tri modela strukture podataka : 1). Kvadratni grid ( Square – grid ), 2). TIN ( Triangulated irregular network ), 3). Konturne linije – zavisno od izvora i mogućeg metoda analize.

Kvadratni grid digitalnih visinskih podataka ( DEM – s ) predstavlja najviše korištenu strukturu podataka u posljednjoj dekadi i to isključivo zbog svoje jednostavnosti i lake kompjuterske implementacije.

TIN model strukture podataka je takođe pronašao široku primjenu jer je svojom jednostavnošću baziranom na triangulacijskim elementima, odnosno na vertikalama koje su povezane sa ivicama koje grade mrežu trokuta koristeći Delunijevu triangulaciju, pronašao put do brojnih korisnika jer se može lako inkorporirati u druge strukture. Struktura TIN –a može da varira u zavisnosti od grubosti sirovih podataka ( Wilson, J., Gallant, J., 2000 ).

Treća struktura podataka uključuje vodoslivnice ; ova je struktura predložena od strane Onstada i Brakenisek –a ( 1968 ) i dijeli reljef nekog prostora u male nepravilne poligone bazirane na konturnim linijama i njihovim ortogonalama. Ova se struktura podataka najčešće koristi u hidrologiji i brojnim hidrološkim analizama jer je moguće sa trodimenzionalne predstave terena pomoću određenih jednačina definisati elemente oticaja u tačkama izlaza sa određenog poligona. Odličan pregled izvora digitalnih visinskih podataka i strukture podataka dali su Carter ( 1988. ), Weibl, Heller i Moore ( 1991 ). Proliferacija digitalnih visinskih izvora i pretprocesorskih alata kao inicijalni izbor strukture podataka nije kritičan kao što je bio jer su brojne metode predložene za konverziju digitalnih elevacijskih podataka iz jedne strukture u drugu strukturu usmjerene na aktivnosti koje su nastojale minimizirati nepoželjne greške. Obilan broj podataka ne mora nužno proizvoditi i bolje rezultate jer je moguće koristeći ANUDEM ( Hutchinson, 1989.) izvesti i formirati kvadratni grid iz konturnih linija i izvršiti demonstraciju tačaka daleko brže i preciznije nego digitalizacijom samih konturnih linija. Koristeći ANUDEM za izvođenje kvadratnog grida moguće je iz nepravilno uzetih tačaka prikazati da su mnogi podaci x, y i z daleko precizniji ako se prilikom uzorkovanja koristi GPS i to posebno ako ne postoji zahtjev za posebnom preciznošću. Prema tome, ANUDEM je samo jedan od brojnih programa geografskog informacionog sistema sa TOPOGRID mogućnostima kojima je moguće, na bazi lokalnih operatora i globalnog zaključivanja, izdvojiti riječnu mrežu ili definisati vododjelničke linije sa digitalnog visinskog modela. Digitalni visinski model ne predstavlja samo model pravougaonog rastera koji prekriva površinu terena, odnosno model organizacije podataka o prostoru, on je model predstavljanja reljefa i to posebno njegovih atributskih obilježja. U odnosu na običan rasterski format, gdje vrijednosti piksela prikazuju određenu boju, kod digitalnog visinskog modela svaki piksel ima određenu vrijednost apsolutne visine. Ukoliko bi željeli predstaviti teren digitalnim visinskim modelom neophodno je obezbijediti

izvorne podatke : masovne tačke, karakteristične tačke, strukturne linije terena, prekidne linije duž kojih se teren lomi u vertikalnom smislu, kao i karakteristične površi. Međutim, osnovni problem je gustina piksela ili rezolucija modela koja može biti niska, srednja, visoka i veoma visoka. Na karti je prikazan digitalni visinski model sliva rijeke Tinje u visokoj rezoluciji DEM 20 ( rezolucije 20 m ) i digitalni visinski model sliva rijeke Tinje koji je konstruisan na osnovu podataka TIN -a.



Slika 2. Digitalni visinski model sliva rijeke Tinje ( gridna struktura podataka )  
DEM 20 i digitalni visinski model sliva rijeke Tinje DEM  
( konstruisan iz TIN podataka )

Shodno tome, na ovim primjerima možemo vidjeti dva načina modeliranja DEM –a u geografskim informacionim sistemima i to kao pravilni grid, odnosno matrica visina ili nepravilna triangulaciona mreža TIN. Međutim, matrice visina su najčešći način predstavljanja diskretizovane površi visina, koje se pored standardnih načina snimanja mogu dobiti interpolacijom pravilno ili nepravilno raspoređenih podataka. Za razliku od matrica visina čija je uloga u definisanju izolinija, nagiba, aspekta i drugog veoma značajna. Kod nepravilne triangulacione mreže TIN riješen je problem viška podataka kod matrice visina, a da se pri tome omogućuje veća efikasnost određivanja nagiba u odnosu na načine koji su utemeljeni na digitalizovanim linijama. Prednost je u tome što TIN omogućava prikupljanje više podataka o morfološkim karakteristikama, ali bez potrebe suvišnih morfometrijskih analiza, pa se najveći dio pažnje usmjerava na veoma važna topografska obilježja kao što su razni grebeni, razvođa i drugi objekti koji se mogu veoma precizno digitalizovati. Prema tome, matrice visina ili mreža nepravilnih trouglova osnova su za određivanje primarnih topografskih atributa čija je uloga u kvantitativnoj geomorfološkoj analizi veoma značajna.

### **3. Primarni topografski atributi dobijeni analizom reljefa sa digitalnog visinskog modela ( DEM -a )**

Mnogi od brojnih topografskih atributa, kao što su ugao nagiba, ekspozicija, slivna površina, plan i profil linije pada, mogu biti izvedeni iz sva tri tipa visinskih podataka za svaki i sve elemente koji su u funkciji njihovih susjeda. Individualni alati za analizu reljefa najčešće su klasifikovani na različite načine, bazirani na karakteristikama proračunatih ( urađenih ) atributa ili njihovih prostornih veličina. Najčešće izdvajanje primarnih atributa vrši se na bazi činjenice da su oni izračunati ( urađeni ) direktno iz digitalnog visinskog modela ( DEM – a ), dok sekundarni topografski atributi uključuju kombinacije primarnih topografskih atributa i sačinjavaju fizičku bazu utemeljenu na empirijski izvedenim indikacijama koje mogu karakterizirati promjene u prostoru ili specifične procese u reljefu prostora.

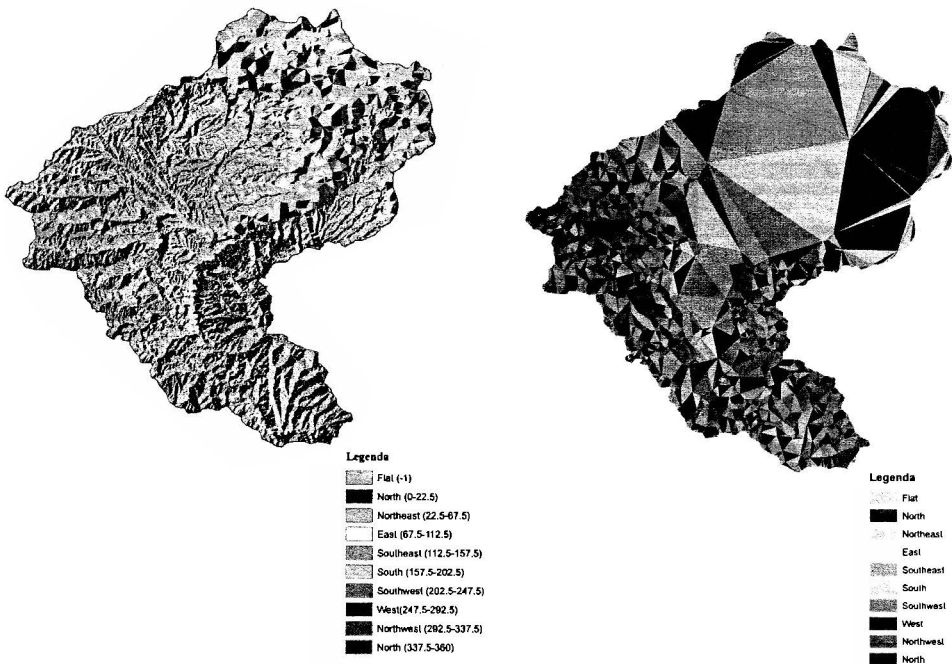


Tabela 1. – Primarni topografski atributi dobijeni analizom reljefa iz digitalnog visinskog modela DEM – a ( Wilson, J., Gallant, J., 2000 ).

Atributi	Definicija atributa	Značaj korištenja
Visina	Elevacija – apsolutna visina u metrima	Klima, vegetacija, potencijalna energija
Ekspozicija	Azimet pada	Insolacija, evapotranspiracija, razmještaj flore i faune
Ugao nagiba	Gradijent – stepen	Morfologija, hidrologiji, pedologiji i dr.
Prostor površine iznad pada	Prostor sakupljanja iznad pada topografske površine	Geomorfologija, hidrologija
Disperzija pada	Srednji pada disperzivne površine	Ocjena slivne površine zemljišta
Ugao zahvata	Prosječan pad na zahvatu	Vrijeme koncentracije
Disperzija prostora	Prostor ispod pada – kratka linija pada	Slivna površina zemljišta
Prostor sakupljanja	Prostor sliva za skupljanje i istjecanje	Zapremina oticanja
Dužina puta toka	Maksimalna distanca toka vode do tačke sakupljanja	Erozija, produkcija nanosa
Disperzija dužine	Distanca od tačke u kojoj se vrši sakupljanje do izlaza	Hidrologija, erozija
Dužina sakupljanja	Distanca od najviše tačke do izlaza	Slabljenje toka duž topografske površine
Profil linije pada	Izgled linije pada - konveksan ili konkavan	Brzina toka, erozija, ocjena akumulacije
Profilna zakrivljenost	Brzina promjene nagiba	Zone erozije i akumulacije
Horizontalna zakrivljenost	Brzina promjene aspekta	Konvergencija i divergencija toka, svojstva vlažnosti tla.
Greben	Čelije bez uzvodnih područja	Vododjelnice, erozija i dr.
Dogledanje	Zone međusobne vidljivosti	Lociranje predajnika
Osunčanost	Količina sunčeve energije primljena po jedinici površine	Insolacija, isparavanje definisanje lokacija za gradnju stambenih objekata.
Lokalni drenažni pravac	Pravac najvećeg pada toka	Računanje atributa slivova u funkciji topologije toka.

Primarni atributi uključuju ugao nagiba, ekspozicije ( aspekt ), profil linije pada, dužinu pada oticanja, disperziju pada, prostor sakupljanja, dužinu puta toka, profilnu zakrivljenost, horizontalnu zakrivljenost, osunčanost, lokalni

drenažni pravac i druge atribute. Najveći dio ovih primarnih atributa računa se, odnosno izvodi direktno sa digitalnog visinskog modela koristeći se nekim od funkcija kao što je na primjer  $z = f(x, y)$ . Sekundarni atributi izvode se iz dva ili više primarnih atributa i veoma su važni jer često i u povoljnim prilikama opisuju primjer procesa. Ipak, najčešći primarni topografski atributi su nagib i aspekt topografske površi. Nagib je definisan tangentnom ravni u bilo kojoj tački površi koja je modelirana u vidu digitalnog visinskog modela, i obuhvata dvije komponente : gradijent kao najveću brzinu promjene površine te aspekt kao azimut prvca te promjene. Pored gradijenta i aspekta kao veoma značajnih primarnih topografskih atributa u geomorfološkim analizama često se koriste podaci brzine promjene nagiba izražene kao horizontalna zakrivljenost, te konkavnost definisana kao vertikalna zakrivljenost.



Slika 3. Karta aspekta površi sliva rijeke Tinje izvedena iz digitalnog visinskog modela DEM gridna struktura podataka i karta aspekta površi sliva rijeke Tinje izvedena iz TIN strukture podataka

Karta aspekta prikazana na prethodnim slikama dobijena je iz dvije strukture podataka i prikazuje devet klasa, odnosno sjever, sjeveroistok, istok, jugoistok, jug, jugozapad, zapad, sjeverozapad i jednu klasu koja se odnosi na ravan teren ( flat ). Podaci aspekta površi dobijeni korištenjem digitalnog visinskog modela ili korištenjem TIN strukture podataka osnova su za brojne zaključke koji se zasnivaju na analizi aspekta površi kao odrednog faktora procesa ili pojava na

nekom prostoru. Dakle, ovaj primjer kao i brojni topografski atributi dobijeni analizom reljefa iz digitalnog visinskog modela pokazuju širok raspon podataka koje je moguće izvesti iz digitalnog visinskog modela, ali i karakteristike funkcionalnih mogućnosti geografskog informacionog sistema.

#### 4. Zaključak

Tehnološki razvoj posljednjih nekoliko decenija u oblasti geografskih informacionih sistema otvorio je pored ostalih i nove mogućnosti u oblasti geomorfološke analize. Povećane potrebe za kvantitativnim geomorfološkim podacima uslovile su i aktiviranje računarske tehnike koja je korištenjem podataka aerofotografije ili satelitskih snimaka dala novu dimenziju konceptualnom modelu prostora koji je predmet analize. Digitalni podaci predstavljali su bazu podataka koja je omogućavala bržu izradu postojećih karata, izradu karata specifične namjene, ali i korištenje podataka u cilju definisanja specifičnih zahtjeva geomorfološke analize. Dakle, korištenje digitalnog visinskog modela kao načina predstavljanja oblika reljefa jedan je od primjera aplikacije digitalnog visinskog modela u geomorfološkoj analizi, međutim daleko značajnija uloga ovog modela je mogućnost derivacije primarnih i sekundarnih topografskih atributa kao osnovnih elemenata kvantitativne geomorfološke analize.

#### 5. Literatura i izvori

1. Clarke, K., 2003, Getting started with Geographic Information Systems, Prentice Hall, New Jersey.
2. Kukrika, M., 2000, Geografski informacioni sistemi, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
3. Borisov, M., 2006, Razvoj GIS, Zadužbina Andrejević, Beograd.
4. Shalloway, A., Trott, J., 2002, Projektni obrasci, nove tehnike objektno orijentisanog projektovanja, Mikro knjiga, Zagreb.
5. O' Sullivan, D., Unwin, D., 2002, Geographic Information Analysis, John Wiley and Sons, INC., New Jersey.
6. Egenhofer, M., Golledge, R., 1998, Spatial and temporal reasoning in Geographic Information Systems, Oxford University Press, Oxford.
7. Lander, R., Shaw, K., Abdelguerfi M., 2002, Mining spatio – temporal information systems, Kluwer Academic Publishers, London.
8. Harmon, J., Anderson, S., The design and implementation of Geographic Information Systems, John Wiley and Sons, INC., New Jersey.
9. Flynn, J., Pitts, T., 2000, Inside ArcInfo, OnWord Press, United Kingdom.
10. Wilson, J., Gallant, J., 2000, Terrain analysis – principles and applications, John Wiley and Sons, INC., New Jersey.
11. Burrough, P., Mc Donnell, R., 1998, Principles of Geographical Information systems 2e Spatial Information Systems nad Geostatistics, Oxford University Press, Oxford.

12. Tošić, R., 2006, Erozija u slivu rijeke Ukrine, Geografsko društvo Republike Srpske, Banja Luka.

13. Tošić, R., Hrkalović. D., 2006. Geografski informacioni sistem i njegova primjena u hidrologiji, Prvi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport, Banja Luka.

### **Symmary**

Technological development in the dominion of GIS during past decades has opened among others as well some new features in geomorphologic analysis. The increment of need for quantitative geomorphologic data caused the activation of computer technology which gave, by usage of the data given by aerophotographies or satellite pictures, completely new dimension to conceptual model of space which is a subject to analysis. The digital data impersonated the database which enabled faster development of the existing maps, maps of special usage, but also the usage of the data for the sake of defining the specific shapes of the geomorphologic analysis. Hence, the usage of the DEM as the sort of relief shapes representation is one of the examples of DEM usage in geomorphologic analysis. Nevertheless more important role of this model represents its possibility of derivation of the primary and secondary topographic attributes used as basic elements of the quantitative geomorphologic analysis