

БРАНИСЛАВ БАЈАТ*
ДРАГОЉУБ ШТРБАЦ**

АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА ДИГИТАЛНОГ МОДЕЛА ТЕРЕНА НА ЛОКАЦИЈИ “ЗЛАТИБОР”

Садржај: У раду је дат приказ концепта ДМТ, метода прикупљања и организације података ДМТ-а. Посебно је разматран проблем оцене квалитета тих продуката. На тест подручју Златибор, на локацији површине 2 x 3 km, урађена је и верификација модела оцене квалитета ДМТ-а са ГРИД-ном структуром података.

Кључне речи: дигитални модели терена, анализа квалитета, Златибор.

Abstract: The concept of DTM technology, data acquisition and data base management for DTMs are presented in this article. The problem of quality analysis of DTMs has also been examined. The verification of the model of quality analysis for generated DTMs with GRID data structure has been performed on a test area Zlatibor, on a covered area of 2km x 3km.

Key words: digital terrain models, quality analysis, Zlatibor.

Увод

Концепт дигиталних модела терена (ДМТ) први пут се помиње у раду Miller-а и Laflamme-а “ Digital Terrain Models – theory and applications” објављеног 1958. године на МИТ-у (Massachusetts Institute of Technology). У њему су разматране могућности рачунарског пројектовања путева и саобраћајница. У наредној деценији технологија ДМТ-а биће искључиво ограничена на апликације које се односе на аутоматизацију пројектовања у грађевинарству. Експанзија примене и развоја ДМТ-а уследила је развојем компјутерске технологије, као и сазнањем да овај концепт нуди нови приступ у презентовању и визуелизацији података о рељефу терена и да, као такав, може имати примену у различитим областима.

Посебан помак у развоју концепта ДМТ-а, начињен је паралелно са развојем технологије Географских Информационих Система (ГИС). Првобитне ГИС апликације развијане су у дводимензионалном раванском координатном систему или као 2D

* мр Бранислав Бајат дипл.геод.инж. асистент, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Институт за геодезију.

** Драгољуб Штрбац дипл. географ, истраживач-програмер за ГИС, Географски институт “Јован Цвијић” САНУ. Рад примљен 15.04.2003. г.

ГИС. Као резултати упита над просторном базом података у ГИС-у добијане су тематске карте. У почетку су просторне базе података као основу за геореференцирање користиле постојећи картографски материјал, односно аналогне топографске и тематске карте и планове. Током времена ДМТ постаје сегмент просторне ГИС базе података. Подаци о рељефу терена су најчешће организовани као засебна класа ентитета (тачке, изохипсе, структурне линије итд.) са висинама као атрибутима. Овакве базе података о рељефу терена, као саставни део шире просторне геореференциране базе, чине 2.5D ГИС апликације. Назив 3D ГИС резервисан је за базе које поред података о висинама терена садрже и висинске податке о осталим ентитетима (објекти, комуникације итд.)

Методe аквизиције и организације ДМТ података

Генерисање ДМТ-а састоји се из три операциона дела:

- прикупљања података (мерења) о висинама тачака терена, као и других података који могу бити од значаја за генерисање ДМТ-а,
- израде ДМТ-а путем интерполације иницијално мерених тачака,
- верификације добијених резултата.

Паралелно са развојем компјутерске технологије долазило је и до иновација на пољу аквизиције просторних података. У првом реду ради се о дигиталној фотограмetriји, затим о системима за глобално позиционирање (ГПС) као и системима за ласерску алтиметрију. Све то је утицало да се подаци о рељефу терена могу прикупљати директно са терена и уз релативно ниске трошкове.

Методe прикупљања података за израду ДМТ су:

- Превођење података постојећег картографског материјала (топографске карте и планови) из аналогног у дигитални облик,
- Терестичке методe снимања терена (тахиметрија и ГПС мерења),
- Фотограметријске методe снимања терена (аналогне и дигиталне),
- Ласерско снимање терена из ваздухоплова (LIDAR¹) и радарска технологија снимања InSAR².

Метода дигитализације постојећег картографског садржаја у дигитални запис је једна од најчешће коришћених метода прикупљања података за израду ДМТ-а. У почетку, подаци су прикупљани дигитализацијом изохипси и карактеристичних висинских тачака на посебној опреми (дигитајзерима). Развојем РС рачунарске и пратеће опреме ова метода се наметнула као веома економична и посебно погодна за масовно прикупљање података. Скенирање топографских подлога и њихово превођење у дигитални растерски запис, омогућује накнадну дигитализацију (превођење у векторски запис) на РС рачунарима и графичким станицама. Уз одговарајућу софтверску подршку данас се дошло до високог степена аутоматизације код ове методe прикупљања података. Поред мануелног праћења изохипсе курсором на екрану графичке станице, могуће је дигитализацију вршити полуаутоматски када оператер курсором бира линију изохипсе и задаје само смер којим ће рачунар пратити линију до првог пресека са неком линијом. Виши степен аутоматизације постигнут је потпуном векторизацијом комплетног растерског садржаја. Иако се овакав приступ у први мах чини најелегант-

¹) Light Detection And Ranging (енгл.)

²) Interferometric Synthetic Aperture Radar (енгл.)

нијим, мора се истаћи да он захтева и накнадну филтрацију и постпроцесирање података.

Терестичке методе снимања терена примењују се на микролокацијама и за инжењерске потребе. Употреба ове методе прикупљања података детерминисана је високом ценом и високом тачношћу.

Фотограметријске методе имају такође широку примену код израде ДМТ-а за подручја које обухватају веће површине, а с друге стране нуде и податке високе тачности. У последње време, широка примена дигиталне фотограметрије у производњи ортофотокарата и ортофотопланова, довела је до аутоматизације поступка мерења висина тачака у моделу путем корелације снимака.

У последњих десет година појавиле су се и нове методе, попут ласерске алтиметрије и радарског снимања терена. Висока тачност мерених података и релативно ниски трошкови у случају захвата већих површина, врло брзо су ове методе наметнуле као водеће у области пројектовања комуникација (путеви и железнице), регулација речних сликова итд.

Организацију базе података у ДМТ-у можемо везати и за различиту терминологију која се користи у овој области. У енглеском језику поред многобројних термина који су у употреби треба издвојити два најчешће коришћена, Digital Terrain Models (DTM) и Digital Elevation Models (DEM). Корисници ове термине често поистовећују, иако они са собом повлаче неке особености посебно у организацији података о рељефу терена. Према једној од дефиниција, ДМТ је нумеричка и математичка представа терена добијена коришћењем одговарајућих висинских и положајних мерења, компатибилних у густини и распореду са тереном, тако да висина било које тачке на обухваћеном терену може да се аутоматски добије интерполацијом уз одговарајућу тачност (Ауен³ 1982), што указује да су две најважније компоненте ДМТ-а:

- скуп репрезентативних тачака, меморисаних у некој бази, које представљају површ терена,
- алгоритми за интерполацију нових тачака.

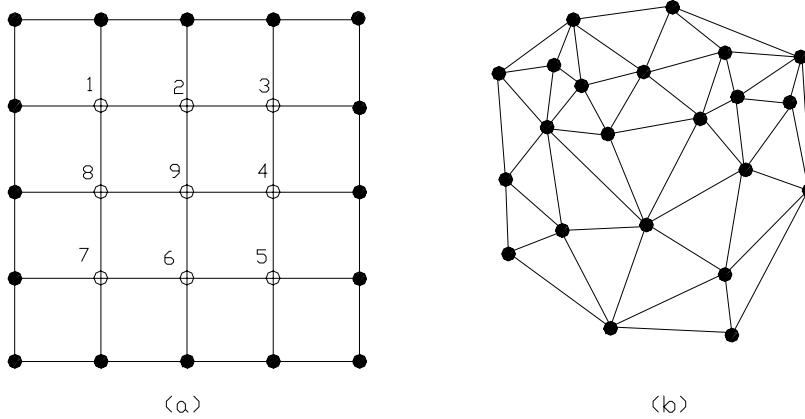
Обе компоненте су у узајамној спрези, јер начин организације података детерминише алгоритме за интерполацију и обратно. Као доминантни типови организације података у ДМТ-у истичу се:

- ГРИД структура података у облику у правилне решетке,
- ТИН³ структура у облику мреже неправилних троуглова.

Термин Digital Elevation Models користи се за базе које имају GRID структуру података. База података о рељефу се састоји само од висина тачака које се налазе на константном растојању (скица 1.а) односно у чвориштима правилне (најчешће квадратне) решетке. Растојање између ових тачака се назива резолуцијом. Ове тачке су добијене применом интерполационих алгоритама над иницијално мереним тачкама које одсликавају терен. ГРИД структура података је нарочито присутна код дигиталних модела терена, који се односе на веће површине терена као што су рецимо националне базе података о висинама терена на нивоу једне државе или регије.

Digital Terrain Models је термин који се односи на базе података које у себи садрже иницијално мерене тачке (скица 1.б) које применом алгоритма Delaunay-ве триангулације формирају мрежу просторних троуглова. Комплексни ТИН модели поред висина садрже и семантичке податке о појединим тачкама (врхови, структурне линије, грађевински профили). Оваква структура података се обично користи код мањих локација и за потребе пројектовања.

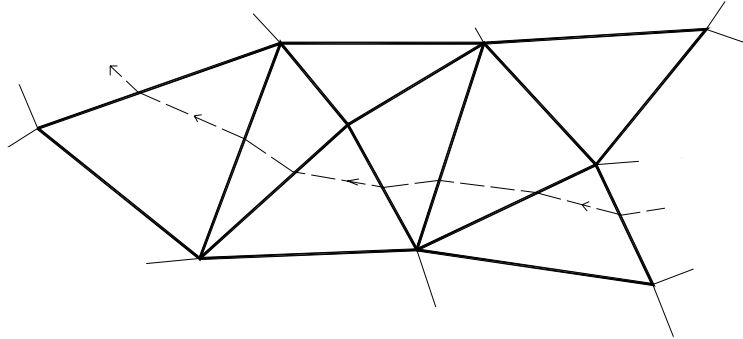
³⁾ Triangular irregular networks (енгл.)



Слика 1. Типови организације базе података у ДМТ-у.

Алгоритми за интерполацију висина

Међу мноштвом алгоритама који се користе за интерполацију висина у ДМТ-у треба истаћи оне који се најчешће користе. Интерполација висина (изохипси) код ТИН структуре података ограничена је углавном на линеарну интерполацију дуж страница троуглова (скица 2.)



Скица 2. Интерполација изохипси у ТИН-у.

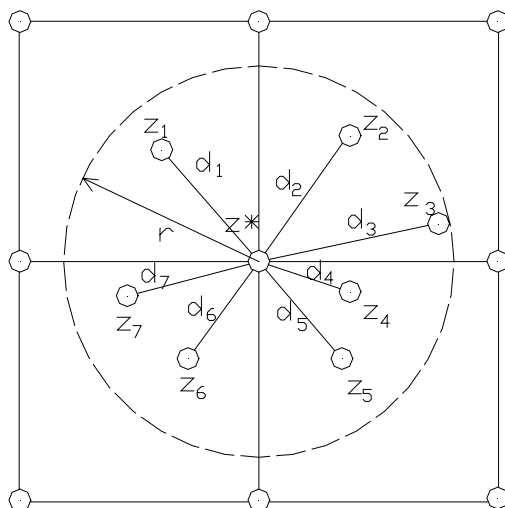
Интерполација висина у ГРИД-у може се обавити применом различитих алгоритама. Међу најчешће коришћеним су метода инверзног растојања⁴, Кригинг, и метода триангулације са линеарном интерполацијом. Програмски пакет Surfer, који се врло често користи и за моделирање терена, познат је широком спектру корисника пошто се користи за моделовање и других просторних феномена, а не само терена, и нуди широки спектар метода за интерполацију, али три претходно наведена алгорита треба истаћи као примењиве у моделирању терена.

Метода инверзног растојања за рачунање висине интерполоване тачке z^* користи висине суседних тачака z_i које се налазе унутар унапред задатог радијуса за пре-

⁴) Inverse Distance to a Power (енгл.)

траживање (скица 3.). Висине z_i су пондерисане обрнуто сразмерно квадрату (може бити и неки други степен) растојања d_i тих тачака до тачке чија се висина интерполује (формула 1):

$$z^* = \frac{\frac{1}{d_1^2} z_1 + \frac{1}{d_2^2} z_2 + \dots + \frac{1}{d_n^2} z_n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (1)$$



Скица 3. Приказ утицаја мерених тачака на интерполовану висину.

Кригинг интерполациона метода представља “најбољу непристрасну линеарну оцену⁵” за тражену вредност (Перишић М. 1983). Ову технику је развио Matheron дајући јој назив по D.G. Krige-у који је први користио просторну корелацију у валоризацији рудних лежишта.

Метода се базира на оцени вариограма $\gamma(h)$ као функције која дефинише просторну зависност висина на терену:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j) | h_{ij} \approx h} (z_i - z_j)^2 \quad (2)$$

где су:

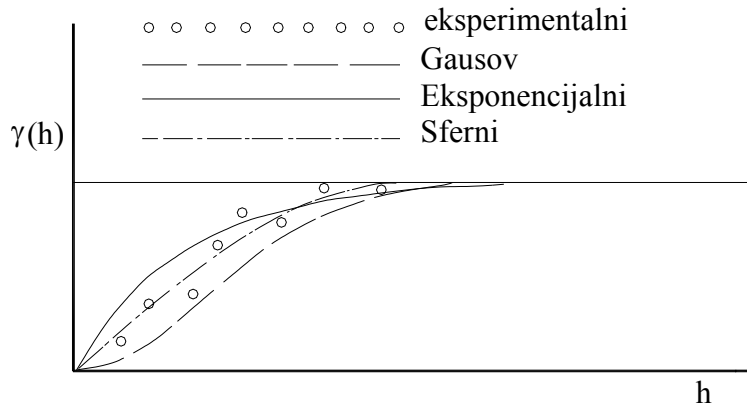
z_i, z_j - висине тачака

h_{ij} - растојање између тачака

N - укупан број тачака коришћен у обради

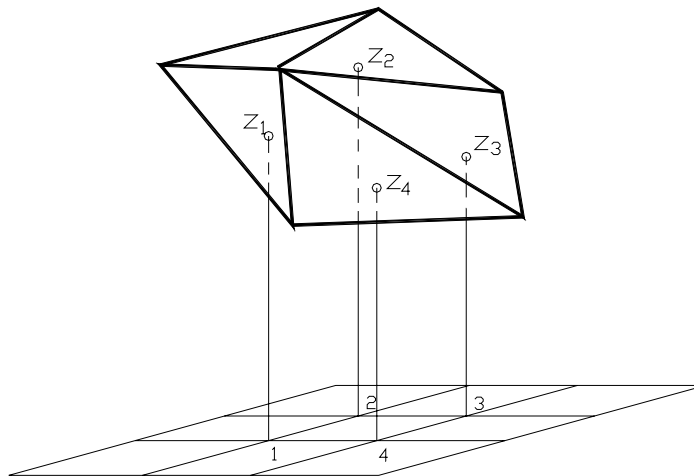
Експериментални или тачкасти вериограми који се добијају применом претходно наведене формуле (2) се потом моделују (фитују) неким од познатих функција (експоненцијална, сферна, Гаусова крива итд.) и као такви користе у даљој обради (скица 4.).

⁵) best linear unbiased estimator (енгл.)



Скица 4. Приказ функција различитих типова вариограма.

Оцена вариограма по профилима одређене оријентације (азимута) може да послужи и као оцена анизотропије терена односно, континуитета у висинама тачака. Триангулација са линеарном интерполацијом је алгоритам који се посебно често користи у конверзији ТИН података у гريدну структуру. Висине у греди се добијају једноставним пресецањем нормала подигнутих из чворова гريدне решетке са површима просторних троуглова (скица 5.).



Скица 5. Приказ одређивања висина у ГРИД-у, приликом триангулације са линеарном интерполацијом.

Анализа квалитета ДМТ-а

Развој ДМТ концепта захтевао је и темељнији приступ у оцени квалитета ДМТ производа. Већ почетком седамдесетих година прошлог века појављују се први радови из ове области. Нарочито су значајни радови објављени у оквиру истраживања тре-

ће комисије Међународног друштва за фотограмetriју и даљинску детекцију⁶ (Li Z. 1993). Као параметри који утичу на квалитет ДМТ издвајају се:

- Распоред и густина измерених тачака на терену,
- Тачност измерених података,
- Примењена интерполациона метода.

Проблем унификације оцена квалитета ДМТ-а и дан данас је отворен. Поједини корисници квалитет ДМТ-а оцењују кроз квалитет изохипси које се добијају из ДМТ базе. Из потребе да се установи квантитативни параметар за оцену квалитета ДМТ-а, организација USGS⁷ је за оцену тачности висина тачака увела средњу квадратну грешку σ_{z^*} интерполоване висине z^* која се рачуна по формули:

$$\sigma_{z^*} = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_t)^2}{n}} \quad (3)$$

где су:

- z_i^* - вредности интерполованих висина на одређеној (контролној) локацији,
- z_t – мерене вредности висина на контролној локацији⁸,
- n – број контролних тачака.

Оваква оцена захтева да на подручју на којем оцењујемо квалитет ДМТ-а имамо и сет равномерно распоређених контролних тачака које су мерене са већом тачношћу него тачке у бази ДМТ-а. На пример, уколико је ДМТ добијен дигитализацијом изохипси, као контролне тачке могу се користити тачке мерене фотограмetriјски или за “фотограмetriјски” ДМТ као контролне тачке могу послужити тачке мерене терестичким методама.

Иако је овај приступ оцењивања ДМТ доживео многобројне критике у радовима који се односе на ову област, он се и данас користи као “*a posteriori*” оцена урађених ДМТ-а. Оцена σ_{z^*} данас се користи као улазни параметар код симулације “неодређености”⁹ изведених геоморфолошких параметра као што су нагиби, експозиције или закривљеност терена.

Интересантни су резултати анкете (Wechsler S.P. 2000) који су спроведени међу корисницима ДМТ производа. Анкета је обухватила 200 учесника (фирми и институција) из 25 земаља широм света (учествовале су и фирме из наше земље). Поред питања ког профила су корисници ових података и у које се сврхе они користе главна питања су фокусирана на то да ли корисници у свом раду узимају у обзир тачност, односно, “неодређености” ДМТ и колико пажње поклањају овом проблему.

На основу резултата анкете, ДМТ подаци се највише користе у управљању природним ресурсима (24%), затим у хидротехници и хидрологији (13.5%), потом у просторном планирању (10.5%), пројектовању (9%), шумарству (6.6%), саобраћају (4.2%), у војне сврхе (3.0%), комуналним системима (2.7%).

На питање да ли приликом коришћења ДМТ података воде рачуна о њиховом квалитету, односно да ли у свом раду узимају у обзир и “неодређеност” ДМТ. Потврдно је одговорило само 21.8% учесника анкете, а да понекад воде рачуна о томе 53.6% анкетираних, док 24.6%, о томе нису никада ни размишљали.

⁶) International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)

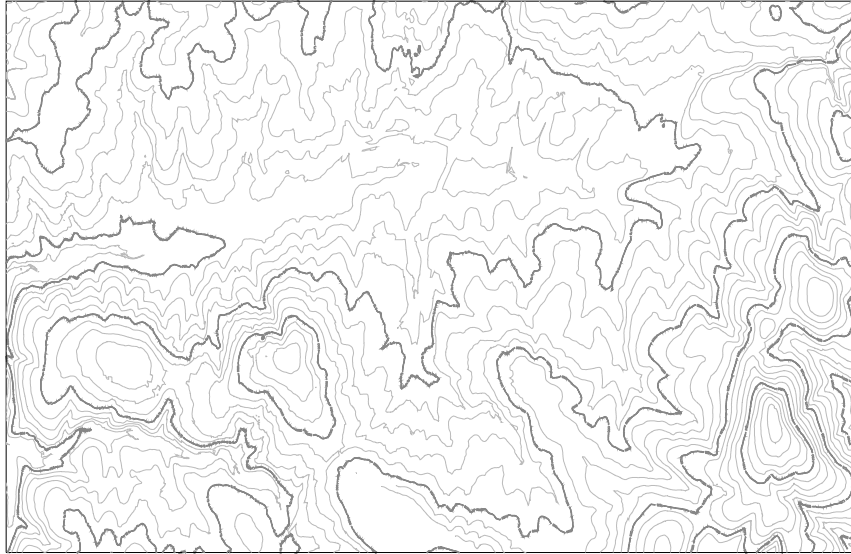
⁷) United States Geological Survey (енгл.)

⁸) ground truth (енгл.)

⁹) uncertainty (енгл.)

Анализа квалитета ДМТ Златибор

Дигитални модел терена “Златибор” добијен је поступком полуаутоматске дигитализације скенираних и геореференцираних подлога Основне Државне Карте (ОДК) размере 1: 5000. У поступку дигитализације коришћене су орохидрографске олеате листова ОДК са ознакама 7Б23-04 и 7Б23-05.

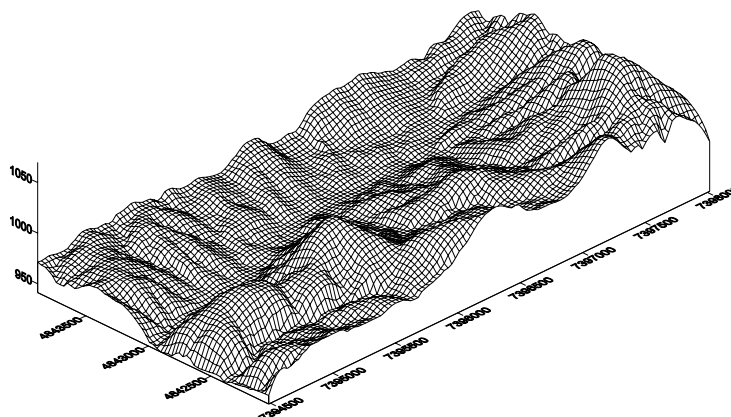


Скица 6. Изохипсе терена (еквидистанца 5m) на тест подручју “Златибор”.

С обзиром да на наведеним листовима није било хидрографског садржаја, то је у мноме олакшало поступак дигитализације. Карактеристичне висинске тачке које су на картама дате са котама мануелно су дигитализоване. Приказ изохипси терена за обухваћено подручје дат је на скици 6. На основу приказаних изохипси може се уочити да терен није хомоген, средњи нагиб терена је 5.8° и он варира у распону од 1° до 26.6° . Блок дијаграм генерисаног ДМТ-а за тест подручје дат је на скици 7.

У поступку дигитализације коришћен је програмски пакет I/GEOVEC фирме Intergraph. Даља обрада података рађена је у програмском пакету ArcView GIS уз коришћење модула 3D Analyst, намењеном моделирању терена као посебно развијених корисничких екстензија писаних у Avenue програмском језику који је намењен развоју апликација у ArcView програмском окружењу. Модул 3D Analyst нуди могућност формирања ДМТ како са ТИН тако и ГРИД структуром података. Поред осталог битна карактеристика овог модула је да приликом израде ДМТ, он дигитализоване изохипсе које су по својој структури линијски објекти, директно користи као улазни податак за генерисање ДМТ-а.

Да би се избегао овакав приступ дигитализоване изохипсе су “развијене” на тачке. Овако добијене висинске тачке су коришћене као улазни подаци за формирање ДМТ-а. Грубе грешке које се могу појавити у поступку прикупљања података (мерења) могу се најлакше уочити визуелизацијом терена преко блок дијаграма где се оне лако уочавају попут шиљака или раседа који не могу одговарати нормалним геоморфолошким облицима на терену.



Скица 7. Блок дијаграм за тест подручје Златибор (резолюција 30m).

У поступку дигитализације коришћен је програмски пакет I/GEOVEC фирме Intergraph. Даља обрада података рађена је у програмском пакету ArcView GIS уз коришћење модула 3D Analyst, намењеном моделирању терена као посебно развијених корисничких екстензија писаних у Avenue програмском језику који је намењен развоју апликација у ArcView програмском окружењу. Модул 3D Analyst нуди могућност формирања ДМТ како са ТИН тако и ГРИД структуром података. Поред осталог битна карактеристика овог модула је да приликом израде ДМТ, он дигитализоване изохипсе које су по својој структури линијски објекти, директно користи као улазни податак за генерисање ДМТ-а.

Да би се избегао овакав приступ дигитализоване изохипсе су “разбијене” на тачке. Овако добијене висинске тачке су коришћене као улазни подаци за формирање ДМТ-а. Грубе грешке које се могу појавити у поступку прикупљања података (мерења) могу се најлакше уочити визуелизацијом терена преко блок дијаграма где се оне лако уочавају попут шиљака или раседа који не могу одговарати нормалним геоморфолошким облицима на терену.

У спецификацијама које је USGS прописао за оцену квалитета ДМТ број контролних тачака које се користе за оцену тачности је 28 по блоку¹⁰, од тога броја 8 тачака се налази на ободима блока, а преостале су унутар блока хомогено распоређене.

Подаци за контролу су преузети од Републичког Геодетског Завода и део су пројекта “Златибор 2002”. Ти подаци су добијени мерењем аерофотограметријских снимака размере снимања $R_s=1: 5\ 000$, на аналогним стереореституционим инструментима уз компјутерску подршку за регистрацију података. Тачке су мерене у правилном гриду резолуције 15m за потребе израде отофотопланава. Тачност овако мерених висина је , што у потпуности одговара потребна тачности контролних тачака.

Особеност спроведеног истраживања је у томе да су све тачке мерене фотограметријски практично коришћене за оцену тачности (26 000 тачака). Контролне тачке на тај начин формирају ГРИД који се састоји од иницијално мерених тачака и упоређењем висина у контролном гриду и генерисаном ДМТ гриду, практично је омогућена

¹⁰⁾ USGS своје производе дистрибуира у виду блокова који по површини одговарају листовима размере 1:24 000, с обзиром да се углавном и ради о такозваним “картографским” ДМТ, добијеним дигитализацијом ових подлога

и верификација хипотеза о висинској тачности картографског садржаја карте R=1:5000. Наиме, дигитализовани листови ОДК су картирани из фотограметријског премера 1983. године, и према тада важећем Упутству за фотограметријске радове, висинска тачност картиране изохипсе треба да задовољи услов да тачке које се добијају накнадном интерполацијом између изохипси морају имати висинску тачност која на прелази $\frac{1}{4}$ еквидистанције изохипсе односно $\frac{1}{3}$ еквидистанције за терене са израженом вегетацијом, што је и потврђено с обзиром да величина σ_{z^*} за ово тест подручје, ни једном није прешла вредност $\frac{1}{4}$ еквидистанце од 5 m. Оцена квалитета је анализирана из разлика величина z_i^* (генерисане висине ДМТ-а) и z_i (висине добијене из директног мерења у стереомоделу). Резултати су приказани у табели 1.

Табела 1. Вредности параметара за анализу квалитета генерисаних модела ДМТ-а за тест подручје Златибор.

Димензије растера	Интерполациона метода	Распон разлика (m)	Средња вредност разлика (m)	σ_{z^*} (m)
15m	Трианг. са линеарном интерполацијом	20.32	-0.24	± 1.12
	Инверзно растојање	14.06	-0.20	± 1.25
	Кригинг (сферни модел вариограма)	14.15	-0.23	± 1.09
	Кригинг (експоненцијални модел вариограма)	14.16	-0.23	± 1.09
	Кригинг (Гаусов модел вариограма)	14.16	-0.23	± 1.09
5m	Трианг. са линеарном интерполацијом	48.28	-0.24	± 1.17
	Инверзно растојање	14.06	-0.20	± 1.25
	Кригинг (сферни модел вариограма)	13.96	-0.23	± 1.37
	Кригинг (експоненцијални модел вариограма)	14.00	-0.23	± 1.09
	Кригинг (Гаусов модел вариограма)	14.00	-0.23	± 1.09

Дискусија

За генерисање ДМТ-а коришћени су алгоритми који су доступни и у другим софтверским пакетима, попут Surfer-а. Интерполациона метода Кригинг коришћена је са три различита модела вариограма. Генерисани су модели са резолуцијом од 15m и резолуцијом од 5m. Поред оцене σ_{z^*} разматране су и вредности распона између максималне и минималне вредности разлика као и средње вредности разлика. Средња вредност разлика представља показатељ систематске грешке мерења висина које се користе за генерисање модела. Иако је ове вредност константна за сваки од примењених модела интерполације и са истим предзнаком, може се тврдити да не постоји ни-

какво систематско одступање јер у супротном ова вредност би била приближно једнака оцени σ_z^* .

Распон између максималне и минималне вредности разлика је такође уједначен, једино одступа код методе триангулације са линеарном интерполацијом што се може објаснити тиме да код ове методе генерисана висина у гриду се добија из висина три суседне тачке (темена просторног троугла) док код Кригинга и методе инверзног растојања генерисана висина се добија на основу утицаја више суседних тачака.

Две генерисане резолуције (5m и 15m) требало је да покажу да ли се повећањем резолуције и са оваквим извором података може постићи већа тачност. Резултати показују да се не може побољшати тачност, а с друге стране база података је много већа, што на великим површинама може да отежава рад. На тест подручју Златибор база са резолуцијом 15m имала је 29 264 генерисане тачке, док база резолуције 5m, има 262 297 тачака.

Уједначеност вредности σ_z^* , за различите примењене интерполационе методе само потврђује тврдњу да изабрана интерполациона метода нема пресудног утицаја на тачност ДМТ-а (Askermann F. 1995). Седамдесетих и осамдесетих година прошлог века у истраживањима из ове области посебно се поклањала пажња методама интерполације тако да су и формирано математички модели трансфер функција интерполационих модела који су коришћени у поступцима оптимизације тачности ДМТ-а. Данас је тај концепт напуштен.

Резултати који су добијени показују да се генерисани ДМТ може користити у пројектовању. Тачност висина у ДМТ даје нам могућност да класична топографска подлога размере R=1: 5000, замени одговарајућим ДМТ-ом који је иначе и генерисан из исте те подлоге. То у многоме олакшава пројектовање у компјутерском окружењу.

Закључак

Без обзира на намену ДМТ продуката, њихов квалитет је веома битна информација коју сваки корисник мора да поседује приликом њихове употребе. У оквиру *meta-data* базе података о сваком ДМТ продукту, поред стандардних информација као што су извор података, резолуције ГРИДА, примењених алгоритама за генерисање ДМТ-а, корисник би свакако морао да поседује и информацију о квалитету ДМТ-а.

ЛИТЕРАТУРА

- Ackermann F.(1995). **Techniques and Strategies for DEM Generation**. in **Digital Photogrammetry**, an Addendum to the Manual of Photogrammetry of ASPRS:135-141
- Ayeni O.O. (1982). **Optimum Sampling for Digital Terrain Models: A Trend Towards Automation**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol.48 (11):1687-1694
- Li Z. (1993). **Theoretical models of the accuracy of digital terrain models: An evaluation and some observations**, *Photogrammetric Record* 14 (82):651-659.
- Перишић М. (1983) **Примењена геостатистика**, Рударски Институт, Београд
- United States Geological Survey (USGS), (1997) **Standards For Digital Elevation Models**, Part 2: Specifications Department of the Interior, Washington, DC.
- Савезна геодетска управа (1964) **Упутство за фотограметријске радове**, други део, Београд
- Wechsler S.P. (2000) **Effect of Digital Elevation Model (DEM) uncertainty on topographic parameters, DEM scales and terrain evaluation**, Ph.D. Dissertation, State University of New York College of Environmental Science and Forestry (SUNY-ESF), Syracuse, New York

BRANISLAV BAJAT
DRAGOLJUB ŠTRBAC

Summary

QUALITY ANALYSIS OF DIGITAL TERRAIN MODELS FOR THE TEST AREA ZLATIBOR

Digital terrain models (DTM) have recently become products which substitute standard methods for the terrain relief presentation. As a part of a Geographic Information Systems (GIS) they represent not only a data base related to heights that are used for terrain visualization by the means of interpolation routines for the generation of contours, or terrain presentation by the 3D meshes, but also a useful data base in many GIS and other applications. Numerous users of DTMs should also be supplied with information of DTM quality. This is obtained by the statistical analysis of residuals between generated height and heights of the control points called ground truth. The results of this analysis might be compulsorily part of metadata base for all DTMs products.