

ДИГИТАЛЕН МОДЕЛ НА РЕЛЈЕФОТ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Ивица Милевски, Институт за географија, ПМФ, Скопје
e-mail: ivica@iunona.pmf.ukim.edu.mk

АБСТРАКТ

Заради потребите за точни брзи и комплексни геоморфометриски анализи, изработен е прецизен дигитален модел на релјефот на Република Македонија, кој во основа се темели на посебен вид на радарски податоци публикувани од НАСА и сопствена дигитализација на топографски карти. Во меѓувреме е согледано дека освен споменатата намена на моделот, истиот може да се искористи за најразлични анализи поврзани со топографската површина на нашата држава.

Клучни зборови: дигитализација, дигитален модел на релјефот (ДМР), дигитални анализи.

ABSTRACT

Because of needs of precise, agile and complex geomorphometrical analysis, appropriate digital elevation model (DEM) of Republic of Macedonia is created, with resolution of 3". The DEM is based of 3"SRTM .hgt files, partially filled in blank areas with data's from digitized contours from related topographic maps. In the mean vile, we find the opportunity to using the DEM in many different analyses linked with country topography.

Key words: digitalization, digital elevation model (DEM), digitl analyzis.

Намесѝо вовед

Проблемот на тродимензионалното прикажување на релјефот во разни научни и стручни дејности пред се за

инженерски потреби бил третиран од поодамна. Но, тоа пред сè е практика за тродимензионален приказ на помали простори главно наменети за технички цели. Таквите прикази во литературата беа познати како блок дијаграми.

Во рамките на картографијата ефектот на тродимензионалното прикажување на релјефот за поголеми територии главно се постигнуваше со примена на методите на шрафи, сенчење и особено со методот на хипсометриско боење и комбинирани методи од изохипси и шрафи, изохипси и сенки, изохипси и бои по слоеви и изохипси, сенки и слоеви.

Точноста беше дефинирана со карактеристиките на изохипсите односно големината на еквидистанцијата. Еквидистанцијата пак за карти со поситни размери не секогаш овозможува доволно детално претставување на релјефот. Оттаму во процесот на разработка на проблемот на тродимензионалното претставување на релјефот (за помали простори, за територии на цели држави и пошироко) се ангажира и компјутерската техника и технологија. Суштината на проблемот останува иста, но компјутерската техника со наменски изработените софтверски пакети со помош на разни методи за определување на надморска височина на точки овозможи автоматска, брза и прецизна обработка на огромен број дигитални бази на податоци при што се постигнува значително подобар визуелен ефект на тродимензионалност.

Поим и дефиниција за ДМР

Во контекст на наведеното за прв пат терминот дигитален модел на теренот е воведен на институтот за технологија во Масачусетс (САД). Дефиницијата гласи: Дигитален теренски модел (ДТМ) е статичка претстава на површината на земјиштето преку голем број избрани точки со познати координати y , x , z , во произволен координатен систем. Врз основа на оваа основна дефиниција во стручната литература се среќаваат следните дефиниции:

ДМВ-Дигитален модел на висини претставува систем на висини во правилна мрежа од точки, односно правоаголен растер.

ДМТ-Дигитален модел на теренот претставува сложен концепт кој во себе покрај висините на точките од правоаголниот растер (ГРИД) вклучува и други карактеристични точки од теренот, структурни линии, информации за наклони, видливост и слично.

ДМР-Дигитален модел на релјефот (во суштина терминолошки се поклопува со ДМТ во потесна смисла на зборот) претставува концепт на тродимензионално претставување на релјефот и неговите форми.

Теориски концепции за формирање тродимензионален приказ на релјефот

Тродимензионалното прикажување на релјефот претпоставува:

- формирање на ДМР со ГРИД-мерења;
- формирање на ДМР со ТИН-мерења и
- формирање на ДМР со комбинација од ГРИД и ТИН мерења.

Формирањето на ДМР со ГРИД мерења се базира на мрежа од правилно распоредени точки во вид на квадрати или правоаголници чии темиња се точки со познати тродимензионални координати (y, x, z). При тоа важи принципот колку погуста мрежа од вакви точки толку попрецизен ДМР.

Формирањето на ДМР со комбинација од ГРИД и ТИН-мерења претпоставува вклучување и на други карактеристични точки од прекршни линии со цел да се добие подобар квалитет.

Надополнувањето со карактеристични точки од прекршни линии се врши и кај ГРИД и кај ТИН методата.

Двата основни начини: ГРИД и ТИН имаат свои предности и недостатоци. За картографски потреби (особено кога станува збор за поголеми територии) поприватлива е концепцијата на ГРИД-мерењата поради големата брзина при аквизацијата на податоци.

Дигиталните модели на релјефот, до неодамна, беа привилегија само за високо развиените земји, пред се поради софистицираната технологија за нивна изработка, долготрајноста на процесот и скапата изведба. Но последниве години, состојбите се значително изменети, бидејќи веќе се достапни дигитални релјефни модели за поголем дел од Земјината површина, продуцирани главно од Американските и Европските специјализирани владини институции.

Карактеристики на дигиталниот модел на релјефот (ДМР)

Два основни елементи кои го карактеризираат ДМР се:

- резолуција на моделот и
- квалитетот на моделот.

Резолуција на моделот. -Резолуцијата покажува колкава е густината на висинските точки од кои е составен моделот. Од резолуцијата произлегува можната намена. Така, постојат модели со ниска резолуција, каде точките се оддалечени повеќе од 30 секунди географска должина (ширина) или 900 м, модели со средна резолуција, каде точките се оддалечени од 3 до 30 секунди и модели со висока резолуција-помалку од 3 секунди или помалку од 90 м. Моделите со ниска резолуција се користат главно за приказ и анализа на цели континенти или поголеми држави, додека моделите со висока резолуција се користат за анализи и приказ на мали територии (котлина, сливно подрачје, планина и др.). Од резолуцијата зависи и размерот на приказот: моделите со ниска резолуција одговараат на размер од над 1:1.000.000, моделите со средна резолуција одговараат на размер помеѓу 1:1.000.000 до 1:100.000, а моделите со висока резолуција на размер покрупен од 1:100.000.

Квалитетот на моделот. -Квалитетот на дигиталниот модел е показател за точноста на внесените податоци, појавување на одредени празнини-полиња без податоци, начинот на интерполација на висинските точки и сл. ДМР може да биде со висока резолуција но со слаб квалитет и обратно. Тоа пак зависи главно од начинот на добивање на дигиталниот модел на релјефот, што е објаснето во наредното поглавје.

Во Република Македонија, во повеќе институции досега се изработени неколку модели на релјефот и тоа главно со методот на дигитализирање на изохипси од топографски карти. Како што ќе се види понатаму, овој метод има свои погодности, но веќе се смета за застарен и несоодветен. Затоа, во конципирањето на ДМР кој е презентираан во трудот, користени се понови и пософистицирани техники.

Основни методи за добивање на ДМР

Во светот, најчесто се користат неколку методи за добивање на ДМР. Од нив позначајни се:

- дигитализација на изохипси од топографски карти;
- авионско ласерско скенирање на теренот;

- комбинација на сателитски стерео-снимки;
- фотограметриски стереоскопски мерења на теренот;
- континуирани мерења со помош на ГПС уред и др.

- *Метод за добивање на ДМР со дигитализација на изохијси од топоечки топографски карти.* - Овој метод е често применуван, но веќе се смета за застарен. Неговата единствена предност е широката достапност на топографските карти, од кои може да се врши дигитализацијата и тоа во различен размер. Од друга страна, методот има повеќе недостатоци како долготрајноста на процесот на дигитализација, точноста на внесените податоци поради можни субјективни грешки и др. Дури и овој начин на добивање на ДМР, денес е доста усовршен и се изведува со помош на софтвер за автоматска векторизација (дигитализација).

- *ДМР креиран според авионско ласерско скенирање на топографската површина.* - Претставува метод кој доста често се користи во развиените земји. Предноста на овој метод е извонредната точност (точноста во надморската височина изнесува само неколку см), со густина на точките во гридот до неколку метри. Освен што овој метод е доста скап, одреден недостаток претставува и тешката идентификација на површината, бидејќи ласерот ја мери височината на релјефот но и на антропогените објекти изградени на него.

- *ДМР добиен од сателитски стерео снимки.* - Досега се нудат 3 вида на дигитални податоци со кои е покриен поголем дел од Земјината површина. Тие во основа може да се поделат на:

- Дигитални модели во ниска резолуција (повеќе од 30 лачни секунди);
- Дигитални модели во средна резолуција (од 3 до 30 лачни секунди);
- Дигитални модели во висока резолуција (под 3 лачни секунди).

Во дигитални модели со *ниска резолуција*, кои ја покриваат територијата на Република Македонија, спаѓаат: GTOPO30; DTED0 и SRTM-30. Сите тие имаат база на податоци за целата Земјина површина но со многу ниска резолуција, со оддалеченост на висински точки од дури 30 лачни секунди или 900-1000 м (одговара на размер од околу 1 : 1.000.000). При тоа, најпрецизни и најнови се податоците од изворот SRTM-30, а веќе како застарени се сметаат податоците од изворот GTOPO30. Овие модели не одговараат за мали држави како што е нашата, туку за претставување на релјефот на големи држави, континентални

делови, па и цели континенти. Често, се користат и за пополнување на празнините во дигиталните модели со повисока резолуција.

Дигиталните модели со *средна резолуција*, нудат податоци со 10 пати поголема прецизност од претходните, односно растојание на висинските точки од 90 м до 900 м. Засега единствен достапен извор за добивање на дигитален модел на релјефот во средна резолуција, за нашата територија е SRTM3” (Shuttle Radar Topography Mission), во рамките на НАСА.

Дигитални модели со *висока резолуција*, нудат најпрецизни податоци за земјината површина, со растојание помеѓу висинските точки од само 1 лачна секунда (околу 30 м) па дури и помалку. Тоа значи дека се претставени сите форми во релјефот поголеми од 30 м. Досега има само еден достапен извор за вакви податоци надвор од САД познат под името ASTER-DEM. Но истиот има многу слабости како: мала покриеност на земјината површина, слаб квалитет со многу подрачја без податоци и специфични фајлови кои ретко која програма ги препознава. Територијата на нашата држава, со овој модел е покриена само со околу 30 % и тоа главно северниот и крајниот југозападен дел.

- *ДМР добиен од фотодигитални стереоскопски мерења.* - Претставува еден од постарите методи, а единствена предност на овој начин за добивање на ДМР, е релативно добрата распространетост на аеро фото снимки. Сепак, често при нивната идентификација и изведување на височини, можат да се јават одредени грешки, а и самиот процес е доста отежнат и долготраен, особено ако не се изведува автоматски.

- *ДМР добиен со ГПС мерења.* - ДМР добиен од континуирани мерења на надморската височина во даден простор со помош на ГПС инструменти. Овој метод може да се користи но само доколку станува збор за сосема мали подрачја, во граници на некој помал слив или мала релјефна структура.

Освен набројаните, постојат и други начини за добивање на ДМР, но поради нивната неконвенционалност, овде нема да бидат споменати.

Формирање на ДМР на Република Македонија

Врз основа на наведените методи е пристапено кон практична изработка на дигитален модел на релјефот на Република Македонија. Притоа, од наведените методи, согласно

можностите и расположивите податоци, искористени се два типа на податоци:

- сателитски изведени височини на топографската површина составени од СРТМ мисијата и
- сопствени дигитализирани изохипси од топографските карти во размер 1 : 100.000 за подрачјето на целата држава.

Најголем дел од податоците за добивање на ДМР на Република Македонија е изведен од податоците што слободно ги пласира Американската вселенска шатл мисија СРТМ (Shuttle Radar Topography Mission). Со оваа мисија изведена во текот на февруари 2000 година, вселенско летало со специјална опрема, орбитирајќи по строго утврдена патека, ја сними топографската површина на Земјата во два фреквентни опсега, при што се добиени стерео-парови. Истите, во текот на 2000-2003 година компјутерски се процесирани, така што со посебни методи е добиена висинската основа на теренот. Оваа основа е доста прецизна, бидејќи растојанието помеѓу висинските точки на земјината површина изнесува само 1 лачна секунда или околу 30 м. Моделот стана слободно достапен од 2002 година и тоа првин за територијата на САД, а до крајот на 2003 година и за поголемиот дел на Северна, Јужна Америка и Евроазија. Но треба да се напомене, дека за териториите вон САД, засега може да се користи само генерализираниот модел со растојание помеѓу висински точки од 3 лачни секунди, или околу 65-90 м. Сепак и ваквата резолуција е извонредно погодна за користење, бидејќи одговара на размер до 1 : 100000.

СРТМ дигиталните модели на релјефот, се организирани во посебни фајлови со големина од 1° географска ширина x 1° географска должина. Тоа за нашите географски широчини одговара на правоаголник со страни 111 км x 81 км т.е. површина од околу 9000 км². Територијата на Република Македонија е покриена со 9 вакви правоаголници, помеѓу 40° - 43° с.г.ш., и 20° - 23° и.г.д. и сосема мал дел од правоаголникот 41°-42° с.г.ш. и 23°-24° и.г.д. Површините на ДМР се базирани на точки со апсолутни географски координати според елипсоидот WGS-84 и посебен формат на фајловите од видот .Ngt. Единствена негативност на овој модел произлегува од радарското снимање на земјината површина. Имено, радарските зраци не се одбиваат од водните површини, а исто така не можат да поминат низ подебели облаци, заради што во фајловите се јавуваат празнини, настанати при прелетот на шатлот. На подрачјето од нашата држава, непокриени се околу 10 % од територијата, од што најголем дел

се површини на природни и вештачки езера, а помал дел високопланински терени. За пополнување на овие празнини се користени податоците од сопствени дигитализирани основи.

За креирање на дигиталниот модел на релјефот, користени се неколку специјализирани софтверски пакети. Најнапред е извршена трансформација на географските координатни точки во УТМ проекција, геодетскиот датум и форматот на фајловите. Потоа е изведено спојување на сите дигитални листови (фајлови) кои ја покриваат територијата на Република Македонија, во единствен лист. Празните површини без податоци, се препокриени со вредности добиени од дигитализација на топографските карти во размер 1 : 100.000. На крај е направена анализа на отстапувањата помеѓу добиениот модел и постоечките топографски карти. Исто така, изведена е интерполација на точките на растојание од 50 м, бидејќи некои апликативни програми во кои се вршат геоморфометриски анализи бараат еднакво растојание помеѓу точките по X и Y оската.

Карактеристики на ДМР на Република Македонија

Од извршените анализи и проверки на ДМР, може да се констатира следното:

Добиениот модел, целосно ја покрива нашата држава, со правилен распоред на висински точки, меѓусебно оддалечени по 3 лачни секунди, што во просек одговара на 93 м по географска ширина и 67 м по географска должина. Значи точките формираат мали правоаголници со единечна површина од околу 6300 м². Целата територија на државата е покриена со 4.085.000 точки.

Според извршените проверки, отстапувањата во надморските височини се релативно мали. Така, најниската точка во државата (коритото на Вардар кај Гевгелија), во моделот покажува вредност од 43 м.н.в., додека највисоката (врвот Голем Кораб) 2727 м.н.в. За да се согледа колкаво е отстапувањето на надморските височини, анализирани се 3 релјефни категории: планински врвови, нивоата на езерските површини и висините на котлинските дна. Утврдено е дека најголеми отстапувања се јавуваат кај високите планински врвови, со тоа што на моделот се покажуваат помали надморски височини. Намалувањата изнесуваат од 10 м кај Царев Врв, 2074,5 м (2085 м); 20 м кај Лисец 1734 м (1754 м), Пелистер 2588 м (2601 м) и др, до 30 м кај Титов Врв 2718 м (2748 м) и Голем Кораб 2727 м (2753 м). Големината на отстапувањето, зависи од стрмнината на врвот и од оддалеченоста на најблиските висински точки во моделот, од

највисоката точка на врвот. Кај висината на езерските површини и на котлинските дна, разликите споредени со податоците од топографските карти се многу мали; максимално до 10 м. Значи во основа, поголеми разлики се појавуваат кај терени каде нагло се менува надморската височина, а во рамничарски терени, тие се скоро занемарливи.

Анализирано по линиско протегање, најголем број на точки во меридијански правец изнесува 1820, а по напореднички 3170. Ако односот висински точки-пиксели биде 1 : 1, ДМР би имал размер од околу 1 : 250.000, а ако се земе однос 1 точка-1 мм, размерот на ДМР моделот би бил околу 1 : 100.000. Според наше мислење, идеален размер и најдобар приказ на моделот се постигнува на 1 : 200.000. Но истиот, со специјални постапки на доработка, може да се прилагоди за размер 1 : 100.000, а точноста сепак да биде прифатлива.

Презентируваниот ДМР, има многу предности во однос на поранешните модели на релјефот добиени со дигитализација на изохипси од топографски карти. Најголема предност е рамномерниот распоред на висинските точки по целата површина, поради што се постигнува голема реалност во прикажување на теренот. Исто така, секоја соседна точка, обично има различна височина, со што е оневозможено формирање на „полицы“, или псевдотераси во релјефот, како што е случај во ДМР извлечен од изохипси. Поради растојанието на висинските точки, овој модел не треба да се користи за анализа (приказ) на единечни подрачја или релјефни објекти пократки од 350 м т.е. со површина помала од 0.12 км², односно пожелно е да има барем 25 висински точки. Оптимални резултати се постигнуваат при анализа (приказ) на подрачја со површина од 50-5000 км², т.е. од мали сливни подрачја и ридови, до цели котлини и региони.

Примена на ДМР на Република Македонија

Од ваквиот квалитет на моделот, произлегува и неговата широка употребливост за бројни намени. ДМР на Република Македонија, според квалитативните карактеристики, може да се применува во:

- физичката географија, за едноставни или сложени анализи на природните елементи (релјефот, хидрографијата, климата, педолошката структура);
- картографија;
- сообраќајот и телекомуникациите;

- туризмот;
- воено-стратегиски активности;
- користење на земјиштето во земјоделството и др.

- Во *геоморфологијата*, ДМР на Република Македонија може да се користи за квантитативна анализа на релјефот и тоа на сите негови елементи, од таканаречените примарни, до сложените или комплексни елементи. При тоа, може да се добијат прецизни показатели за хипсометријата, експозициите и наклоните на релјефот (големината, видот и должината на наклонот), хоризонталната и вертикалната расчленетост, енергијата на релјефот, потенцијалот на рецентната ерозија, стабилност на теренот и др. Со одредени постапки можно е класифицирање на релјефот според морфометриските показатели, со што може да се согледаат одредени геоморфолошки елементи, кои тешко се забележуваат со користење на други истражувачки методи. Исто така, можна е тридимензионална визуелизација на релјефот на било кој дел од Македонија и тоа од различни агли и променлива оддалеченост (размер), при што исто така можат да се увидат одредени елементи, кои потешко се забележуваат на терен или со останати истражувачки методи.

- Во *хидрологија*, дигиталниот модел на релјефот може да се искористи за изведување на правецот на истекување на површинските (и подземните) води, потоа издвојување на сливни подрачја, издвојување и класификација на водотеците (дренажната мрежа), па дури и одредување на потенцијалниот протек на водотеците (со алгоритам за количество на врнежи по височина, геолошкиот состав и вегетацијата), брзина на доаѓање на поплавен бран или брзина на пристигнување на загадени води, површина што може да биде поплавена и сл.

- Во *климатологијата*, овој модел на релјефот може да се користи за анализа на интензитетот и траење на осончувањето на различни делови од теренот, потоа за изведување на просечни температури на воздух врз основа на вертикалните градиенти, за изведување на просечната средногодишна сума на врнежи по височина, потенцијалниот правец и брзина на ветерот (според конфигурација на теренот) и сл.

- Во *картографијата*, ДМР е погоден како основа за различни начини на прикажување на релјефот (извлекување на изохипси со различна еквидистанца, метод на сенчење од произволни агли, тродимензионално претставување и др), при што може да се постигне доста добар визуелен ефект. Притоа,

вака формираната релјефна основа, може да послужи како база за нанесување на останатите географски содржини.

- Во *сообраќајот* ДМР може да се користи за анализа на релјефот со цел за проектирање на патната и секаква друга инфраструктура за која има значење топографијата на теренот (енергетска, нафтоводна, гасоводна, жичарници и др.). При тоа, во соодветен софтверски пакет (како што е MicroDEM), можат да се издвојат проектирани или постоечки сообраќајни делници, со различна оптеретеност во однос на наклоните, односно да се изнајдат најпогодни потенцијални траси.

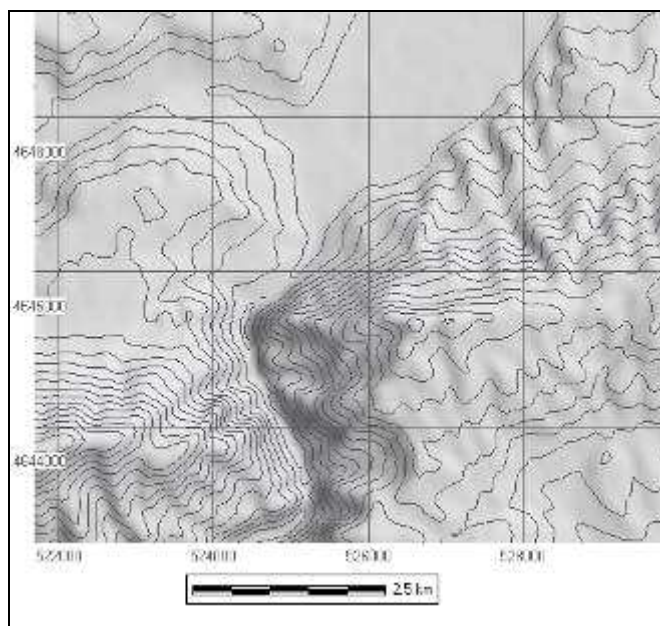
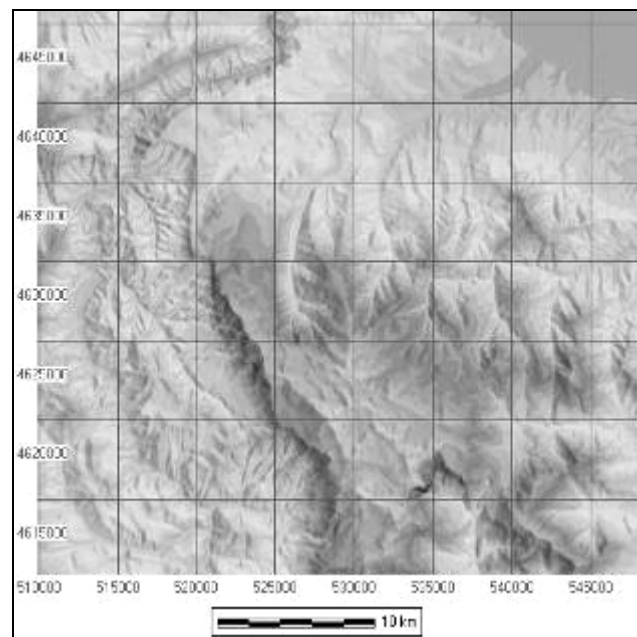
- Во *туризмот* ДМР на Република Македонија може да се искористи за анализа на панорамската видливост на пејсажот од одредена точка, за локација на туристички објекти и нивна сообраќајна пристапност, трасирање на планинарски, излетнички и рекреативни патеки и сл.

- Во *телекомуникациите* ДМР е извонредно погоден за утврдување на покриеност на подрачјето со радио-врска или радио сигнали, оптичката видливост помеѓу две точки (радиолинк), оптимална локација на емитерски станици, трасирање на кабелски водови и др.

- Во *земјоделството*, ДМР може да се користи за согледување на погодностите за користење на земјиштето во однос на наклоните и експозициите (присојна, осојна страна), користење на земјоделската техника, можности за наводнување и одводнување и др.

- Големи можности дигиталниот модел на релјефот нуди и во *воено-стратежискиите* и *одбранбено-планерскиите* активности, главно поврзани со конфигурација на теренот, дострелот, траекторијата и ефектот на орудијата, оптичката видливост на теренот, планирање на движење по маршрути, пристапност за воени единици, опсег на воени дејства.

Постојат уште голем број на други можности за користење, во зависност од целите, потребите, расположивите бази на податоци и др. Сепак, основната намена на ДМР, како што кажува и самиот назив е во областа на физичката географија, за што би требало максимално да се искористи.



Сл. 2: а) ДМР на северните падини на Мокра Планина прикажан во размер 1 : 500.000; б) ДМР на дел од кањонот Матка (при излезот на Треска), произлезен од моделот на Македонија, прикажан во размер 1 : 100.000

Заклучок

За изработка на новиот ДМР на Република Македонија, е употребен рамномерен грид (распоред) на висински точки по целата државна територија, на растојание од по 3 лачни секунди во географска широчина и географска должина. Тоа одговара на густина на точки од 67 x 93 м, или на размер од околу 1 : 100.000. Како основа за составување на ваквиот модел, користена е базата на висински точки (ДЕМ) публикувана од Американската SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) мисија, која од крајот на 2003 година е достапна за поголемиот дел од Земјината топка. Празнините во оваа база, односно подрачјата без податоци, се покриени со сопствена дигитализација на изохипси од карти во размер 1 : 100.000 и со методот на вкрстена интерполација. Преку повеќе софтверски постапки, најнапред е извршено составување на двата вида на податоци за целата територија на нашата држава. Потоа е изведена трансформација на координатите од географски во правоаголни: ТМ (Гаус-Кригера) и УТМ, заради соодветна апликативност. На крај е направена детална проверка на отстапувањата на ДМР во однос на соодветните топографските карти. Се покажа дека отстапувањата се минимални и сосема прифатливи за размер $P = 1 : 100.000$ и поситен. Сето тоа, овозможува ваквиот ДМР на Република Македонија, освен за геоморфометриски анализи (за кои беше и изработен), да се користи во речиси сите области поврзани со топографијата на просторот. Поради солидната прецизност, со соодветни софтверски пакети, можат да се вршат брзи, точни и визуелно ориентирани анализи.

Основна литература:

- Андоновски Т., Милевски И. (1998):** Можности за прикажување на релјефот со помош на програмските пакети Surfer 6 и Bryce 2.
- Antoniol G.; Ceccarelli M.; Maratea A.; Russo F. (2003):** Classification of digital terrain models through fuzzy clustering: an application. University of Sanio, Benevento, Italy
- Димова С. (2002):** Компјутерска поддршка при картографско обликување на релјефот, Магистерски труд одбранет на Институтот за географија при ПМФ во Скопје (ракопис).
- Димова С., Маркоски Б. (2002):** Тродимензионално прикажување на релјефот, Географски разгледи, кн. 37, Скопје
- Katalin B.; Csutak M. (2000):** Using Digital Elevation Model in geomorphology in the case of the Velence Mountains, Acta Geographica, Szeged, Hungaria

Маркоски Б. (2003): Картографија, Геомап, Скопје

Милевски И. (2000): Софтверско моделирање на интензитетот на рецентната ерозија на примерот на Кумановската котлина. Зборник од Вториот конгрес на Македонското географско друштво, Охрид

Милевски И. (2002): Дигитални анализи на релјефот на примерот на Осоговските Планини, Географски разгледи кн. 37, Скопје

Pelikan M. (2002): The DEM-a perspective on terrain analysis, Spatial Vision, Melbourne;

Sciland GmbH (2002): Digital terrain models (DTM, DEM), SciLands software, Germany

Finalayson D.; Montgomery D. (2002): Modeling large scale fluvial erosion in geographic information systems, Geomorphology No 53, Seattle

Friedrich K. (2002): Multivariate distance methods for geomorphographic relief classification. ESB, research report No 4. Wiesbaden, Germany

DIGITAL ELEVATION MODEL OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Ivica Milevski

SUMMARY

Because the needs for agile and accurate, and complex geomorphometric analysis, we prepared a 3" DEM of entire country Macedonia, which is composed from regular grid data points, with resolution of 3 arc seconds in latitude and longitude. In land surface it is rectangle with sides: 67 x 93 m, or relative scale 1: 100.000. The basic for this model is obtained from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) .hgt files, realized for public domain since year 2003. The gaps in this data (empty areas-without data, as a result of radar waves which is not reflect able by water surfaces), are filled from own digitized contours from topographic maps with scale 1 : 100.000, and the method of bilinear interpolation. With several software applications, first these data's are merged and overlaid, for entire country area. After that, the coordinate transformation from Geographic to TM (transverse Mercator) and UTM (Universal Transverse Mercator) is performed. Finally, detailed examination of model precisement is donned. We see that the occurring errors are minimal and the model is sufficient accurate. For example, the differences in the elevations between large scale maps and this 3" DEM is in average about 2-10 m. Greatest differences in the elevations (10-30 m) we recorded for mountain and hill peaks, and much smaller (2-10 m), for the land surfaces with low slopes. All this characteristics, permit to using the model not only for geomorphologic analysis, but for almost all possible land surface (terrain) computations and software exploration.

