

# DIGITALNI MODEL RELIEFA SLOVENIJE IZ RAZNIH GEODETSKIH PODATKOV

dr. Tomaž Podobnikar \*, izr. prof. dr. Zoran Stančič \*,  
dr. Krištof Oštir \*, Jurij Mlinar \*\*

## Izveček

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti je v letu 2001 po naročilu Geodetske uprave Republike Slovenije začel izdelovati digitalni model reliefa (DMR) Slovenije. Najprej bo izdelan digitalni model višin (DMV), zapisan kot celična mreža ločljivosti 20 m in vertikalne natančnosti okoli 3,5 m za vso Slovenijo. Uporabljena bo inovativna metoda utežnega seštevanja virov z geomorfološki popravki, s katero se da učinkovito upoštevati vire različnega izvora in kakovosti. Letos bo za približno 1/8 območja Slovenije izdelan DMV 20, projekt pa se bo predvidoma nadaljeval do pokritja Slovenije in bližnje okolice ter z izboljšavo in nadgradnjo v DMR. Tako izdelan DMR bo vseboval tudi značilne črte in točke zemeljskega površja.

*KLJUČNE BESEDE:*  
*digitalni model reliefa,*  
*geodetski podatki*

## Digital Terrain Model from Various Geodetic Data

### Abstract

In the year 2001, the Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts started the production of a digital terrain model (DTM) for the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. At the beginning, digital elevation model (DEM) as grid with resolution of 20 m will be produced, with vertical accuracy around 3.5 m for the whole country. For that an innovative method of weighted sum of sources with geomorphological corrections will be employed, which can efficiently consider data of different sources and quality. This year about 1/8 of Slovenia will be covered as DEM 20, and project will probably continue until all of Slovenia and its nearest neighbourhood will be covered; the model will be further improved with upgrading to DTM. The produced DTM will include also structural lines and points of the Earth's surface.

*KEYWORDS:* *digital terrain model, geodetic data*

## 1. UVOD

Digitalni model reliefa (DMR) je način opisa oblikovanosti zemeljskega površja, ki vključuje višinske točke, značilne črte in točke reliefa ter druge elemente, ki ga opisujejo (nakloni, plastnice, padnice itd). Digitalni model višin (DMV) vsebuje za opis površja samo višine točk, največkrat zapisane v

\* Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Ljubljana

\*\* Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana



obliki celične mreže. Digitalni modeli reliefa in višin se uporabljajo za potrebe prostorskega planiranja, kartografije, geodezije, geografije, arheologije, telekomunikacij ipd. V Sloveniji je bilo do sedaj izdelanih že več globalnih in lokalnih DMV, nimamo pa še omembe vrednega DMR. Kljub temu pa so obstoječi DMV zaradi poenostavljanja ali nepoznavanja tematike pogosto označeni kot DMR.

V zadnjih tridesetih letih so bili v Sloveniji zajeti podatki in vzpostavljene različne digitalne zbirke podatkov, ki vsebujejo poleg drugih tudi podatke, ki opisujejo relief. Nekatere zbirke pokrivajo celotno Slovenijo druge pa le njena posamezna območja. V letu 2000 je bila v sodelovanju Geodetskega inštituta Slovenije in Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU izdelana projektna dokumentacija za izdelavo digitalnega modela reliefa Slovenije iz obstoječih geodetskih zbirk podatkov (Radovan et al., 2000). Geodetska uprava RS je v letu 2001 na osnovi te dokumentacije naročila izdelavo novega digitalnega modela reliefa (DMR) Slovenije.

## 2. IZHODIŠČA ZA IZDELAVO NOVEGA DMR

### 2.1 Kratak pregled modelov reliefa v Sloveniji

V Sloveniji ima področje DMR v primerjavi z drugimi državami dolgoletno tradicijo, ki sega v konec 60-tih let prejšnjega stoletja, ko je bil izdelan relativni model višin občine Domžale. Že v 70-tih letih so začeli na državni ravni izdelovati digitalni model višin DMR 100 (Banovec in Lesar, 1973). Dokončno je bil izdelan sredi 80-tih, in sicer z ročno digitalizacijo višinskih točk v pravilno kvadratasto celično mrežo ločljivosti 100 krat 100 m. Kot osnova za zajem podatkov so služile predvsem topografske karte TTN 5 in TTN 10. Zadnje desetletje DMR 100 glede na njegovo premajhno natančnost in ločljivost (Stančič et al., 1999) za večino potencialnih uporabnikov ni primeren.

Sredi 90-tih let so pričeli z zajemom digitalnega modela višin s celično mrežo ločljivosti 25 krat 25 m – DMR 25. Slednjega izdelujejo s fotogrametričnimi metodami, vzporedno z izdelavo ortofoto načrtov (DOF 5). Osnovni vir so posnetki cikličnega aerosnemanja Slovenije (CAS) merila 1 : 17.500. Prednost DMR 25 v primerjavi z drugimi je njegova visoka lokalna višinska natančnost, največja pomanjkljivost pa geomorfološka nehomogenost.

Po naročilu Geodetske uprave je Znanstvenoraziskovalni center SAZU leta 2000 izdelal digitalni model višin s tehniko radarske interferometrije – InSAR DMV 25 (Oštir et al., 2000). Za izdelavo DMV ločljivosti 25 krat 25 m so bili uporabljeni radarski posnetki Evropske vesoljske agencije (ESA), posneti s satelitoma ERS-1 in ERS-2. Največje prednosti InSAR DMV 25 glede na DMR 100 in DMR 25 so statistično homogena natančnost ter geomorfološko in vizualno visoka kakovost. Z interpolacijo InSAR DMV 25 je bil izdelan tudi digitalni model višin s celično mrežo ločljivosti 100 krat 100 m

- InSAR DMV 100. Ta model je uporaben predvsem za kakovostne analize na celotnem območju Slovenije. InSAR DMV 100 je v praksi nadomestil DMR 100. Geodetska uprava RS trenutno vodi in vzdržuje naslednje digitalne modele višin:

- DMR 25,
- InSAR DMV 25 in
- InSAR DMV 100.

## 2.2 Potencialni obstoječi podatki za izdelavo kakovostnega DMR

V zadnjih treh desetletjih so različne organizacije zbrale zgledno število digitalnih zbirk podatkov, ki dajejo možnosti za izdelavo boljšega DMR brez dodatnega zajema. Izhodišče za izdelavo kakovostnega digitalnega modela reliefa Slovenije - visoke ločljivosti, vertikalne natančnosti in geomorfološke kakovosti - so lahko raznovrstni geodetski podatki. Najpomembnejši so seveda različni DMV, med katerimi so pomembni viri DMR 100, DMR 25, InSAR DMV 25 (primer simulacije vidnosti na InSAR DMV 25 prikazuje slika 1), ki pokrivajo celotno Slovenijo ter DMR 10 in nekateri lokalni DMV s katerimi razpolaga država in lokalne skupnosti.

Upoštevanja vredna možnost so tudi plastnice, vektorizirane s kart velikih meril (GKB-relief in ta manjša območja TTN 5). Uporabljajo jih povsod, kjer so jih zaradi kakršnih koli razlogov digitalizirali. Poleg tega je mogoče vključiti v modeliranje tudi zbirke evidenc in registrov, ki vsebujejo poleg drugih tudi podatke o nadmorskih višinah, merjenih na površju Zemlje. Za razliko od drugih podatkov, vrednosti nadmorskih višin v večini evidenc relativno počasi zastarajo in so zato lahko še kako uporabne. Različne institucije imajo v svojih registrih in evidencah shranjenih veliko kakovostnih višinskih podatkov. Med točkovnimi viri velja omeniti zbirke geodetskih točk, točk zemljiškega katastra in centralne zbirke podatkov o stavbah. Zelo pomemben vir za izdelavo DMR bodo v bodoče tudi podatki iz topografske zbirke večje natančnosti, v katero fotogrametrično zajemajo tudi podatke voda in prometa, ki posredno določajo oblikovanost reliefa.



*Slika 1: Simulacija vidnosti Monte Carlo z oddajnika na Nanosu*



## 2.3 Cilji izdelave DMR

Osnovni cilji izdelave novega modela so izdelava kakovostnega DMR Slovenije in njene okolice ter DMV kot najširše uporabljene sloja višin, primerne za analize v GIS. K osnovnim ciljem štejemo tudi izvedene sloje, kot so sence in nakloni površja ter samodejno izdelane plastnice, sprva do merila 1 : 25000 in kasneje vse do merila 1 : 5000.

Stranski cilji izdelave se nanašajo na izboljšanje obstoječih zbirk podatkov. Mednje štejemo predvsem vzdrževanje zbirke plastnic in senc reliefa za kartografske potrebe ter drugih geodetskih zbirk podatkov, kot so zbirka geodetskih točk in centralna zbirka podatkov o stavbah.

## 3. KONCEPT IZDELAVE DIGITALNEGA MODELA RELIEFA SLOVENIJE

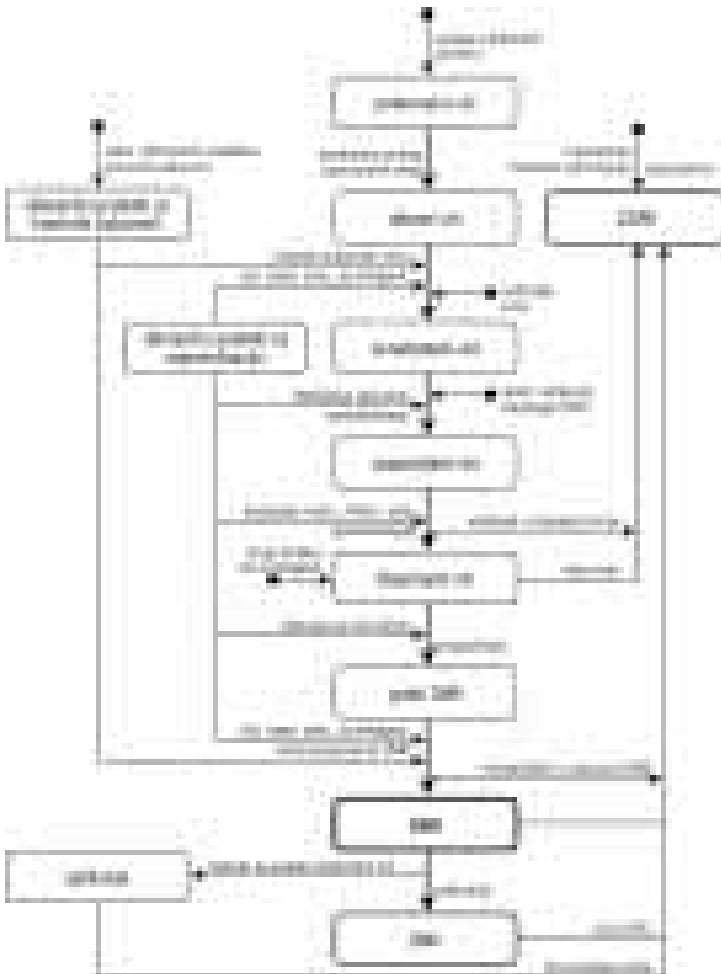
Kot je bilo že omenjeno, se koncept izdelave DMR Slovenije naslanja na obstoječe podatke raznih geodetskih (in drugih) zbirk podatkov. Največji problem takih zbirk je njihova različna kakovost (Ecker, 1999). Še več, večina zbirk vsebuje veliko grobih in celo sistematskih napak. Dodaten problem so tudi med seboj slabo primerljivi ali nepopolni metapodatki. Poleg tega v podatkih o kakovosti ni zaslediti marsikaterih podatkov, nujnih za izdelavo statistično in geomorfološko kakovostnega DMR, med katerimi je zelo pomemben prav geomorfološki kriterij. Pomembna pri izdelavi je tudi možnost nadgradnje z novimi viri. V grobem vsebuje shema izdelave DMR Slovenije naslednje štiri korake, od katerih prve tri podrobneje obravnavamo v nadaljevanju, podrobnejšo shemo pa prikazuje slika 2:

- priprava za modeliranje,
- predobdelava,
- obdelava in
- kontrola kakovosti.

### 3.1 Priprava za modeliranje

Priprava za modeliranje DMR je zelo obširen korak pri izdelavi DMR. Nanaša se na pregled stanja modeliranj reliefa ter na spoznavanje možnih metod modeliranja DMR. Iz tega sledi ocena možnosti izdelave DMR in izbor metod. Sledi izbor potencialnih virov za izdelavo glede na opravljene analize. Pri analizi kakovosti potencialnih virov za izdelavo DMR gre za pridobivanje parametrov kakovosti glede na predhodno izvedene statistične analize ali analitične teste. Drugi parametri, pomembni za izbor virov, so največkrat pridobljeni iz zbirk metapodatkov. Sledijo samodejne regionalizacije, z namenom iskanja homogenih območij, ki omogočajo pregledno in učinkovito izdelavo DMR iz podatkov z različnimi lastnostmi. Pri tem gre za določitev parametrov, ki vplivajo na kakovost DMR. Za učinkovitejše

Slika 2: Shema modela izdelave DMR



modeliranje DMR je treba vire tudi primerno kodirati v odvisnosti od strukture ploskve površja, ki naj bi predstavljala model in v odvisnosti od izbora programske opreme za izdelavo. Izbrati je treba tudi primerne interpolacijske metode za predobdelavo in obdelavo virov.

### 3.2 Predobdelava

S postopki predobdelave so viri ovrednoteni ter izboljšani z izločitvijo grobih in sistematskih napak ter z drugimi postopki. Pomembna elementa predobdelave sta:

- ocena kakovosti izbranih virov ter odstranitev grobih in sistematskih napak,
- dodajanje/reduciranje podatkov.

Grobe in sistematske napake morajo biti odstranjene pred obdelavo DMR. V ta namen je treba poznati gradivo o zajemu in lastnostih virov ter s testiranjem podatkov dobiti podrobnejše informacije o možnih napakah. Najpomembnejši koraki ocene kakovosti izbranih virov ter odstranitve grobih in sistematskih napak so:

- vizualna ocena referenčnih podatkov in ročno popravljanje grobih napak,
- statistična ocena referenčnih točk ter samodejna odstranitev grobih napak in
- statistična ocena zveznih slojev ter samodejna odstranitev sistematskih in grobih napak.

Pri vizualni oceni referenčnih podatkov gre za vizualno kontrolo virov in ročno popravljanje grobih napak. Grobe napake vektoriziranih plastnic – GKB-relief in TTN 5 najenostavneje popravljamo tako, da iz njih interpoliramo DMV, ga senčimo in opazujemo morebitne geomorfološke nepravilnosti, ki se pojavijo predvsem zaradi napačnih atributov višin. Pomagamo si lahko tudi s samodejno izdelanimi plastnicami, medsebojnimi primerjavami podobnih slojev, ortofotom ipd. Podobno kontroliramo tudi posamezne DMV, kot so DMR 100, DMR 25, InSAR DMV 25, DMR 10 in DMR 10 mesta Ljubljane. Ugotovljene grobe napake popravimo ali izločimo.

Med referenčne in druge točke štejemo geodetske točke, točke zemljiškega katastra, centralne zbirke podatkov o stavbah, kote itd. Gre za točke, ki jih uporabljamo za statistično kontrolo drugih virov (zveznih slojev) ter za izdelavo DMR. Načeloma so omenjene točke zelo natančne, vendar nekatere izmed njih vsebujejo tudi grobe napake. Samodejno jih lahko odstranimo tako, da izločimo tiste, za katere vemo, da niso bile izmerjene na zemljskem površju, da prikazujejo vrednosti, ki niso verjetne (npr. vrednosti, višje od nadmorske višine Triglava) ipd. Pomagamo si tudi s t. i. referenčnim DMV, kot homogenim in natančnim slojem, s katerim primerjamo posamezne točke (Podobnikar, 2001).

Z referenčnimi točkami, ki ne vsebujejo grobih napak, lahko natančno statistično ocenimo netočkovne oz. zvezne sloje. Najpomembnejša pri tem sta parametra srednjega kvadratnega odklona  $m$ , ki ga uporabimo za oceno naključne komponente napake oz. odklona ( $s$ ) ter srednjega odklona  $M$  kot sistematske komponente (Podobnikar, 1999). S precej zapletenim postopkom lahko določimo območja potencialnih grobih napak zveznih slojev in jih iz nadaljnjega modeliranja odstranimo. Sledi odprava sistematskih napak, ki jih ocenjujemo in odstranjujemo glede na standardna območja za kontrolo kakovosti, določena glede na razgibanost in naklone površja, značilna območja (vrtača, dolina, sedlo, greben, vrh) ter poraslost. Po odpravi grobih in sistematskih napak zveznih slojev sledi ponovna ocena kakovosti teh slojev in s tem določitev parametrov za obdelavo DMR.

Pri dodajanju ali reduciranju podatkov ne gre za odstranjevanje grobih ali sistematskih napak, temveč za popravljanje virov z namenom geomorfoloških izboljšav ali dodatnih priprav za učinkovitejšo obdelavo DMR. Rezultati interpolacije DMR bi bili namreč v večini primerov precej slabi, če ne bi imeli na voljo značilnih točk in črt reliefa ter primerno gostih podatkov na najbolj razgibanem površju. Metode, uporabljene pri dodajanju in deloma reduciranju podatkov so:

- samodejno atributiranje z višinami,
- samodejno zgoščevanje,
- ročni zajem dodatnih podatkov in
- samodejno spreminjanje geomorfološko nepravilnih podatkov.

Pri samodejnem atributiranju z višinami gre za dodajanje atributov višin tistim podatkom, ki jih nimajo, npr. rečni mreži zbirke GKB-hidrografija ter črtam razvodnic. V tem primeru je najbolje uporabiti primerljive vire istega merila, kot so plastnice GKB-reliefa. Pri tej metodi se je v preteklosti izkazalo, da so največji problem pomanjkljivo vektorizirane plastnice, ki zaradi kartografskih pravil manjkajo prav na območjih rečne mreže. Pri razvodnicah pa se je izkazalo, da so položajno preveč nenatančno zajete. Metoda samodejnega atributiranja z višinami torej ni bila učinkovita (Podobnikar et al., 2000).

Pri samodejnem zgoščevanju virov gre za dodajanje manjkajočih podatkov po analogiji stopnjujočega in selektivnega vzorčenja. Pri stopnjujočem vzorčenju se gostota zajetih točk samodejno prilagaja razgibanosti površja (Makarovič 1973), pri selektivnem pa gre za zajemanje točk vzdolž značilnih črt površja (Rihtaršič in Fras 1991). Metodi po analogiji obeh omenjenih metod upoštevata znane principe pri zgoščevanju slojev plastnic GKB-reliefa in TTN 5 za izdelavo geomorfološko pravega DMR (Podobnikar, 2001). Pri izdelavi DMR Slovenije bodo uporabljene inovativne metode, razvite na osnovi strukture celične mreže.

Kljub temu, da gre za izdelavo DMR iz obstoječih podatkov, se je izkazalo, da je smiselno nekatere vire dopolniti s tistimi podatki, ki so najpomembnejši za izboljšavo obstoječih podatkov različne kakovosti. Pri tem gre za dela, ki niso časovno zamudna in so relativno poceni. V prvo skupino sodi atributiranje obstoječih virov z višinami, med katere sodi pripis višin stoječim vodam GKB-hidrografije. V drugi skupini gre predvsem za ročno dopolnjevanje manjkajočih plastnic GKB-reliefa na območjih gora (kjer ni bila možna polsamodejna metoda zajema) ter na urbanih območjih in presečiščih rek, potokov in komunikacij (kjer so plastnice zaradi kartografskih pravil pretrgane). Precej lahko pomaga tudi zajem kot s kartografskega gradiva.

Pri samodejnem spreminjanju geomorfološko nepravilnih podatkov gre za geomorfološke analize reliefa in reduciranje nepravilnih podatkov, v nekaterih primerih pa celo za dodajanje, npr. pri hidroloških analizah.



uporabljene bodo samodejne metode, in sicer za izločanje raztresenih točk v neposredni bližini skeleta reliefa, metodo grobe ocene (angl. robust estimation) za statistično izločanje točk, ki preveč odstopajo od ploskve DMR oz. niso dovolj avtokorelirane ter hidrološke analize, pri katerih se upošteva, da vodotoki vedno tečejo navzdol, pri čemer je biti posebej pozoren na kraških območjih, kjer je le malo površinskih vodotokov.

### 3.3 Obdelava

Predhodnim postopkom sledi izbira primernih metod za obdelavo ali splošneje, za interpolacijo DMR. Razvita je bila metoda utežnega seštevanja virov z geomorfološki popravki (Podobnikar, 2001), s katero je mogoče dobiti statistično in geomorfološko zadovoljive rezultate in ki hkrati omogoča enostavno spremljanje kakovosti izdelave ter nadgradnjo z novimi viri. Pri obdelavi bodo uporabljeni vsi viri (zvezni sloji in točke), pripravljeni z opisanim postopkom predobdelave. Postopek obdelave je naslednji (Podobnikar, 2001):

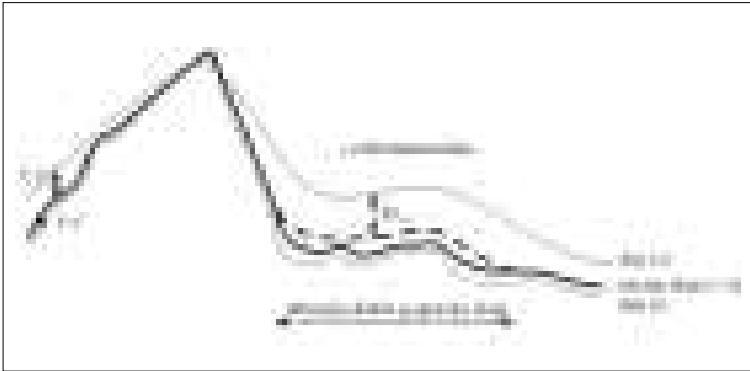
- interpolacija posameznih zveznih slojev – v odvisnosti od narave virov, v ploskve celičnih mrež enake ločljivosti in istega koordinatnega izhodišča,
- mozaičenje v osnovni sloj,
- utežno seštevanje slojev predvsem glede na parametre analiz kakovosti,
- geomorfološki popravki s pomočjo ploskev trenda,
- upoštevanje (nekaterih) točk in
- izboljšanje modela na osnovi hidroloških analiz in nadgradnja DMV 20 v DMR.

Na začetku moramo vse zvezne sloje, vključno s sloji plastnic, s primernimi metodami interpolirati (Jaakkola in Oksanen, 2000) ali prevzorčiti v celično mrežo enake ločljivosti (Longley et al., 2001). Najpomembnejše sloje je treba po določeni prioriteti z mozaičenjem sestaviti v osnovni sloj. Prioriteta je pomembna pri izbiri celotnega lokalnega sloja po načelu uporabe najboljših virov v celoti. Prehodi med posameznimi viri so spojeni s pasom prekrivanja primerne širine.

Sledi utežno seštevanje drugih, sekundarnih slojev (slika 3). Uteži se določajo predvsem glede na predhodno pridobljene parametre statističnih analiz kakovosti in deloma geomorfoloških parametrov. Pri tem se upošteva sloje uteži, določene za vsak upoštevan zvezni sloj posebej. Z vsakim naslednjim slojem dobiva osnovni sloj (o+1) popravek vrednosti uteži glede na vrednosti predhodnega osnovnega sloja (o) in sekundarnega sloja (i). Popravljen sloj



uteži je upoštevan pri nadaljnjem dodajanju virov. Na tak način dobiva sloj DMV z vsakim dodatnim slojem statistično boljše lastnosti. Pri utežnem seštevanju upoštevamo tudi vrednosti referenčnih točk, in sicer tako, da v primeru prevelike oddaljenosti utežene ploskve od teh točk, približamo to ploskev točki na tak način, da geomorfološko čim manj kvarimo oblikovanost zemeljskega površja.



Slika 3: Utežno seštevanje virov

Z utežnim seštevanjem dobimo DMV, ki je statistično visoke kakovosti. Kljub vsemu pa pri tem samo ploskev geomorfološko nekoliko pokvarimo. Prav zato želimo poleg statističnih parametrov kakovosti upoštevati tudi geomorfološke. Geomorfološka rekonstrukcija DMV temelji na filtriranju ploskev z nizkopropustnim (Gaussovimi) filtrom, s čimer dobimo ploskve trenda. Ploskvi trenda uteženega sloja se nato prišteje razlika med vrednostjo boljšega sloja in pripadajočega trenda.

Točkovni viri na žalost v večini primerov ne vsebujejo informacij o geomorfoloških lastnostih reliefa njihove okolice. Izjema so značilne točke, ki se nanašajo na vrhove, dna vrtač ali sedla. Prav zaradi slabih geomorfologije so lahko upoštevane le značilne točke ter tiste, ki geomorfološko ne kvarijo modela. Mednje spadajo točke na zelo razgibanih območjih gora. Smiselno je pri upoštevanju teh točk upoštevati ožjo okolico (z interpolacijo). Pri tem velja poudariti, so bile pri utežnem seštevanju v primeru prevelikega odstopanja od referenčnih točk, te že deloma upoštevane.

Sledijo še hidrološke analize in izboljšave modela, ki jih lahko za posamezne sloje izvajamo že pri postopkih predobdelave, ponoviti pa jih je treba tudi pri obdelavi. Pri nadgradnji DMV 20 v DMR gre za nadaljnje izboljšanje ploskve digitalnega modela reliefa. S tem postopkom pridobimo predvsem značilne in lomne črte ter točke površja, vključene v hibridno strukturo DMR ali kot neodvisne podatke. S tem dobimo večločljivostni model reliefa, pri katerem se struktura prilagaja značilnostim površja.



#### 4. ZAKLJUČEK

Novi model reliefa bo s položajno (predvsem vertikalno) natančnostjo in geomorfološko kakovostjo presegel vse dosedanje zbirke podatkov o reliefu za Slovenijo. Za celotno območje Slovenije je pričakovati povprečno vertikalno natančnost okoli 3,5 m ali bolje. Testna izdelava na desetih območjih v Sloveniji je to domnevo že potrdila (Podobnikar, 2001). Dober rezultat napovedujejo tudi opravljene statistične in vizualne analize. Predvsem iz slednjih je razvidno, da je tako izdelan model iz geodetskih podatkov homogen in da so na njem izredno dobro razpoznavne geomorfološke značilnosti reliefa.

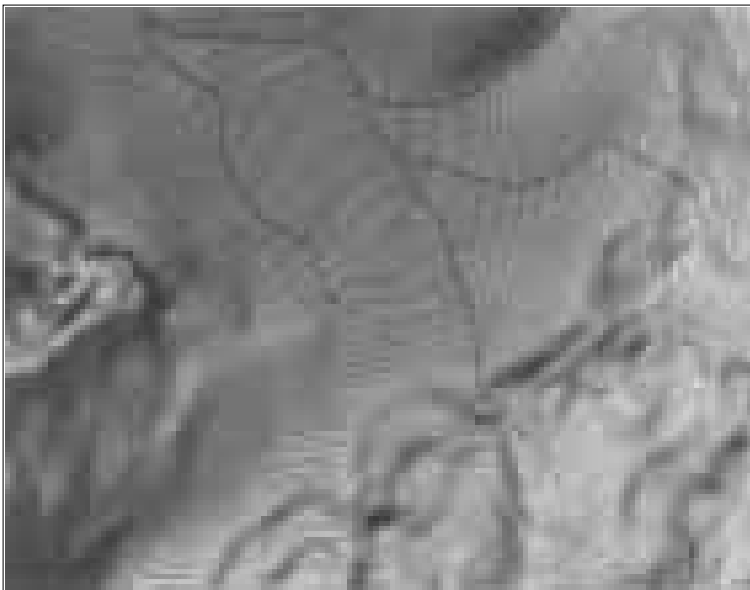
Iz DMR Slovenije bo izdelanih nekaj modelov višin različnih ločljivosti. Največja predvidena ločljivost celične mreže je 20 krat 20 m (DMV 20). V zadnjem času zahtevajo večjo kakovost in s tem tudi pospešujejo izdelavo DMR predvsem kartografi, ki bi s kakovostnim DMR pridobili zbirke podatkov za samodejno izdelavo analognih ali digitalnih kart. Pri tem gre predvsem za izdelavo senc reliefa, barvnih slojev, perspektivnih prikazov ter celo plastnic. Na sliki 4 je prikazan primer samodejno generiranih plastnic za območje Triglava. Plastnice so izdelane v programu SCOP, v katerem je bil iz testnega DMV 20 izdelan DMR z ločljivostjo 7,5 m. Primer dokazuje zelo velike kartografske zmožnosti novega DMR. Takšne plastnice bo mogoče v začetku uporabljati za raven merila 1 : 25.000, kasneje pa pričakujemo tudi prehod na merilo 1 : 5000, kar pomeni, da bo izdelan DMR predstavljal tudi osnovo za prikaz reliefa v topografski zbirki večje natančnosti. Kot stranski produkt izdelave DMR štejemo tudi vzdrževanje geodetskih zbirk podatkov. V postopku izdelave DMR se namreč vsi podatki preverjajo in prečistijo. Tako ugotovljene grobe napake so predvsem pomembne za zbirko geodetskih točk, centralno zbirko podatkov o stavbah, topografsko zbirko večje natančnosti itd. Z izdelanim DMR je mogoče tudi atribuirati podatke, ki ne vsebujejo nadmorskih višin npr. GKB-hidrografija.

Za razliko od dosedanjih zbirk podatkov bo DMR Slovenije izgrajen tako, da bo povsem odprt za vsako možno izboljšanje podatkov. Model reliefa bo vzdrževan periodično, npr. letno ali po potrebi. Najpomembnejši vzroki za vzdrževanje so na primer (Podobnikar, 2001):

- med uporabo DMR ugotovljene grobe napake,
- na razpolago se novejši in boljši viri,
- sprememba zemeljskega površja zaradi naravnih ali antropogenih vzrokov,
- dostopne so novejša in boljše tehnike za izdelavo DMR.

Vzdrževanje modela reliefa se bo razlikovalo od vzdrževanja drugih zbirk podatkov. Če pri teh zbirkah glavni poudarek na evidentiranju sprememb v prostoru, bo šlo pri DMR (vsaj na začetku) predvsem za izboljšanje kakovosti reliefa oz. njegove podrobnosti. Posegi v prostor, ki bi zaznamovali tudi večjo spremembo zemeljskega površja, npr. kamnolomi, gradnje večjih cest, akumulacijskih jezer itd. so namreč relativno redki. Vzdrževanje z novimi in kakovostnejšimi podatki bo prišlo na vrsto kasneje, omogočilo pa bo tudi učinkovito spremljanje sprememb zemeljskega površja.

Vse našteje antropogene spremembe, ki posredno vplivajo tudi na spremembo reliefa, so (ali naj bi bile) izvedene na podlagi geodetskih meritev ali s fotogrametričnimi metodami. Natančnost teh izmer je glede na natančnost DMR zelo visoka, kar pomeni tudi veliko potencialno možnost za sprotno vzdrževanje sprememb na reliefu. V 1. odstavku 34. člena Zakona o geodetski dejavnosti je navedeno, da lahko Geodetska uprava RS, za potrebe vzpostavitve, vodenja in vzdrževanja zbirk geodetskih podatkov, podatke pridobi tudi iz obstoječih zbirk podatkov. Državni organi in organi samoupravnih lokalnih skupnosti, ki vodijo zbirke podatkov, so po omenjenem zakonu dolžni Geodetski upravi na njeno zahtevo posredovati podatke iz teh zbirk. Ali nam bo, na podlagi omenjenega zakona, uspelo pridobiti podatke o spremembah reliefa, je seveda veliko vprašanje, na katerega bomo dobili odgovor šele čez nekaj let. K sreči je model izdelave zasnovan tako, da bo omogočal enostavno vključitev kakovostnih podatkov tudi v prihodnjih letih!



*Slika 4: Samodejno generirane plastnice*

## Literatura

- Banovec T., Lesar, A.**, 1975: Prostorsko-informacijski sistem SR Slovenije /PIS SRS/ – II. faza, elaborat št. 2, Digitalni model reliefa. (Sodelavci: Bergant B., Čulav L., Ferjan M., Podobnikar M., Slatnar A., Stare N., Šivic P.) Geodetski zavod SRS, (Ljubljana), 118 str.
- Burrough P. A., McDonnell R. A.**, Principles of Geographical Systems Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford University Press, 1998, 333 str., ilustr.
- Drobne S., Podobnikar T.**, Osnovni pojmi v geografskih informacijskih sistemih. Univerza v Ljubljani, FGG – Oddelek za geodezijo, (Ljubljana), 1999, 65 str., ilustr.  
[http://gragent.fgg.uni-lj.si/~sdrobne/Pouk/GIS\\_Pojm/Index.htm](http://gragent.fgg.uni-lj.si/~sdrobne/Pouk/GIS_Pojm/Index.htm) (zadnji obisk 16. 9. 2001)
- Ecker R.**, Homogenisierung digitaler Geländemodelle unterschiedlicher Genauigkeit mittels linearer Prädiktion und robuster Schätzung. /delovna verzija/, Dunaj, 1999, 8 str., ilustr.
- Jaakkola O., Oksanen J.**, Creating DEMs from Contour Lines: interpolation techniques which save terrain morphology. GIM international, Lemmer, 2000, letnik 14, št. 9, str. 46–49, ilustr.
- Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind, D. W.**, Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons, 2001, 454 str., ilustr.
- Makarovič, B.**, Progressive Sampling for Digital Terrain Models. ITC Journal, (Enschede, Nizozemska), 1973, št. 3, str. 397–416.
- Oštir K., Podobnikar T., Stančič Z., Mlinar J.**, Digitalni model višin Slovenije InSAR DMV 25. Geodetski vestnik, 2000, let. 44, št. 4, str. 374-383, ilustr.
- Podobnikar T., Termina natančnost in točnost v geodeziji. Geodetski vestnik, 1999, let. 43, št. 1, str. 49–55, ilustr.
- Podobnikar T., Drobne S.**, Metode statističnih prostorskih analiz v geografskem informacijskem sistemu. Geodetski vestnik, 1999, let. 43, št. 2, str. 130–142, ilustr.
- Podobnikar T., Stančič Z., Oštir K.**, Data integration for the DTM production. Kosmatin Fras M., Mussio L., Crosilla F. (ur.): ISPRS, Proceedings of the Workshop: International cooperation and technology transfer, Ljubljana, Slovenia February 2-5, 2000, IGF, Ljubljana. vol. XXXII, part 6W8/1, 2000. str. 134–139, ilustr.
- Podobnikar T.**, Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za geodezijo, 2001, 343 str.
- Radovan D.**, Kosmatin Fras M., Podobnikar T., Stančič Z., Oštir K., Digitalni model reliefa Slovenije – priprava projektne dokumentacije : elaborat projekta. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije: ZRC SAZU, 2000. 43 str., ilustr.
- Rihtaršič M., Fras Z.**, Digitalni model reliefa. 1 del: teoretične osnove in uporaba DMR. – Univerza v Ljubljani, FAGG – KFK, 1991, 143 str.
- Stančič Z., Oštir K., Podobnikar T.**, 1. Poročilo o rezultatih testiranja nekaterih podatkov Geodetske uprave RS. 2. Možnost izdelave DMR-ja iz obstoječih podatkov Geodetske uprave RS. Študija. ZRC SAZU, 1999, 40 str.