

GEOMORFOLOŠKO IZBOLJŠANJE DMR-JA S Poudarkom NA UPORABI PODATKOV, PRIDOBLENIH Z LASERSKIM SKENIRANJEM

Daniel Gajski *

Izvleček

KLJUČNE BESEDE:
*laserski skener, DMR,
analiza vodnega toka*

Tehnološki napredek na področju laserskega skeniranja je omenjeno tehniko postavil med najbolj priljubljene metode zajema podatkov za oblikovanje digitalnega modela reliefa (DMR). Razlog za to ne leži le v visoki stopnji avtomatizacije, pač pa tudi v vedno večji gostoti in natančnosti točk. Metode filtriranja podatkov v fazi njihove predobdelave omogočajo interpolacijo DMR-ja, ki zelo natančno opisuje relief.

Nadaljnje izboljšanje geomorfološke kakovosti tako interpolirane površine lahko dosežemo z izpeljavo informacij o strukturnih linijah in z uvedbo teh informacij kot omejitev v zaključno fazo interpolacije. Za izvedbo potrebnih strukturnih podatkov smo opisali in uporabili rastrske analize vodnega toka. Nato je preučen vpliv omejitev. Uporaba omenjene metode na DMR-jih, ki niso bili zasnovani na tehnikah laserskega zajemanja podatkov, ima tudi določene prednosti.

Za preizkusno področje je bil izbran del Dunajskega gozda. Analiza vodnega toka je bila izvedena s programskim orodjem SCOP.MATRIX, ki je v sestavi alfa različice bodočega sistema za digitalno modeliranje imenovano SCOP_DTM_XX.

1. UVOD

Lasersko skeniranje iz letala zagotavlja merjenje polarnih koordinat, in sicer smeri in razdalj med letalom ali helikopterjem in odbojnimi objekti na zemeljski površini. Ko je znana zunanja orientacija senzorja med skeniranjem, izmerjene polarne koordinate brez težav pretvorimo v kartezične tipa WGS84, ker se za določanje elementov zunanje orientacije uporabljata GPS in INS. Če laserske točke želimo pretvoriti v lokalni (državni) koordinatni sistem, moramo dobro poznati geoidne ondulacije. Taka transformacija zahteva ponovno vzorčenje podatkov, ki ga lahko izvedemo z interpolacijo ali z metodo najbližjega sosedu.

Ponovno vzorčenje botruje nastanku napak v položaju in višini, odvisno je od gostote zajetih točk in širine ciljne mreže, omenjene napake pa lahko

zanemarimo le pri ravni in nestrukturiranih površinah. Pri visoko kakovostnih DMR-jih morajo biti napake ponovnega vzorčenja zmanjšane na najmanjšo možno mero, kar pomeni, da moramo imeti na voljo vsaj dvakrat več izmerjenih točk, kot jih je dejansko potrebnih za izdelavo ciljne mreže.

Na končno kakovost DMR-ja, ki temelji na laserskem skeniranju, vpliva tudi učinek zasenčitve, saj se bo ravni snop laserskih žarkov v pozidanih in gozdnih področjih odbijal predvsem od zidov ali vrhov krošenj in bo le poredko dosegel tla. Pri poobdelavi je potrebno identificirati zasenčena območja in razvrstiti zajete točke na osnovi točk, ki ležijo na tleh, in tistih, ki tam ne ležijo. Končno kakovost DMR-jev, ki temeljijo na laserskem skeniranju, lahko znatno izboljšamo s primernim filtriranjem in interpolacijo podatkov, pridobljenih z laserskim skeniranjem (metoda je opisana v Kraus et al., 1998).

Geomorfološka kakovost plastnic, pridobljenih z omenjenim filtriranjem in interpolacijo lasersko skeniranega DMR-ja, bo nizka.

Podatkom, zajetim z laserskim skeniranjem, bomo postavili tudi geomorfološke omejitve.

2. UTEMELJITEV

Iz hidrološke in geomorfološke tradicije je razvidno, da se v pokrajinah, kjer prevladujejo tekoče vode, le izjemoma pojavljajo vodne kotanje, saj gibanje vode in erozija izključujeta njihov nastanek. Hidrološki modeli, ki opisujejo premikanje vode po in tudi čez površino, preizkušanja v praksi pogosto ne vzdrijo, če omenjena površina vsebuje kotanje, iz katerih vode ni moč odstraniti. Posledica tega je, da so višinski modeli pogosto na nekakšen način predobdelani, pri čemer pride do odstranitve takšnih motečih kotanj. (Wood, 1999)

3. TEORIJA IN ALGORITEM

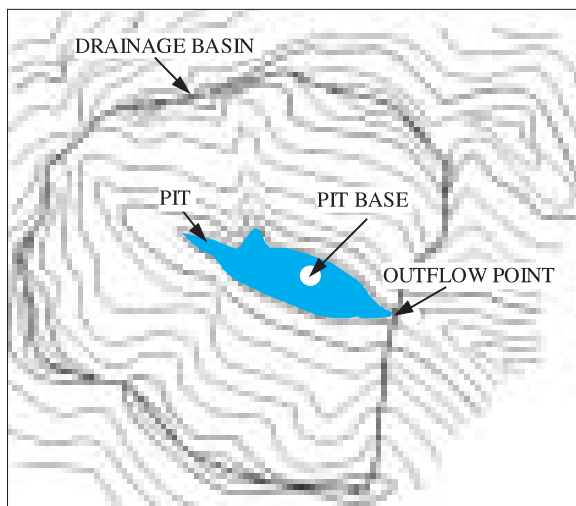
Kotanje so območja, ki ležijo nižje od reliefa, ki jih obkroža. Najnižja točka kotanje je točka, ki leži v lokalni vboklini (sosednje točke ležijo višje) in jo lahko opišemo z drugim odvodom, in sicer:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} < 0 \quad . \quad (1)$$

Standardno metodo identificiranja morfometričnih značilnosti lahko izvedemo na dva načina, in sicer s postavljanjem lokalnega okna (običajno 3×3) čez DMR in preučevanjem zveze med osrednjo in sosednjimi celicami, ali pa z analiziranjem vodnega toka čez DMR (Rieger, 1992).

Proces identifikacije vodnih kotanj se spremeni v proces identifikacije povodja, kjer najnižja točka vodne kotanje ni enaka odtočni točki. V tem primeru je najnižja točka dno kotanje. Algoritmi za identifikacijo povodja kotanje zajemajo pristop, imenovan 'plezanje po povodju', kjer identificiramo odtočno točko porečja, po samem povodju kotanje pa se 'povzpemo' tolikokrat, dokler ne obdelamo vseh točk, ki tečejo iz razvodnice.

Slika 1: Proces identifikacije vodnih kotanj

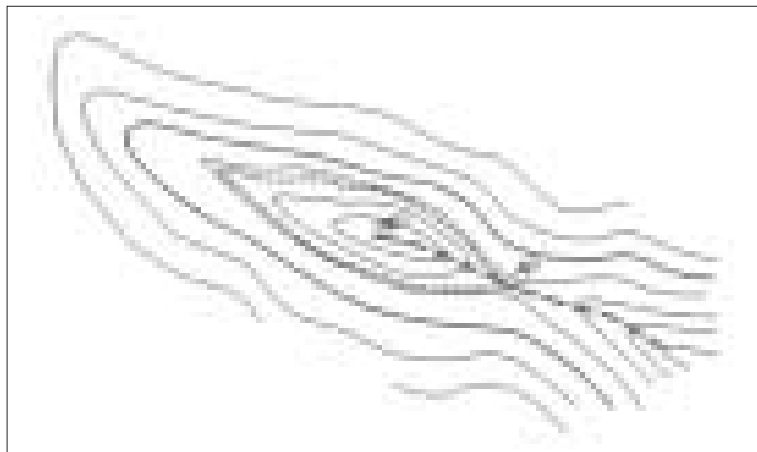


Če želimo vodno kotanje odstraniti iz DMR-ja, imamo na voljo več možnosti. Ena izmed možnosti je »izkopavanje« celic, ki povezujejo dno kotanje s pripadajočo nižje ležečo kotanjo. Druga možnost zajema poplavljanje kotanj, dokler ne dosežemo preusmeritve odtoka. V tem članku smo uporabili prvo rešitev, razlogi za to pa so naslednji:

- rezultat obdelave so linearni pojavi (kotline), ki jih pri interpolaciji lahko uporabimo kot tvornice;
- vpliv višine vegetacije, ki ni bil izločen v fazi predobdelave, se v tem primeru znatno zmanjša.

3.1 Postavljanje odtočnih kanalov

Po definiciji je odtočni kanal pot, ki ima svoje izhodišče na dnu kotanje, se dviga skozi odtočno točko in se nadaljuje do pripadajočo nižje ležeče kotanje. Odtočni kanal mora biti po celi svoji dolžini usmerjen navzdol (za več podrobnosti o postavljanju odtočnih kanalov glej Rieger, 1992).



Slika 2: Proces odstranjevanja kotanj

4. PRAKTIČNA IZVEDBA

Metode geomorfološkega izboljšanja DMR-ja, ki temeljijo na podatkih, zajetih z laserskim skenerjem, so še vedno v preizkusni fazi, v članku pa bo opisan le proces odstranjevanja kotanj.

Za preizkusno področje je bilo izbranih 92 km² Dunajskega gozda. Podjetje TopScan Germany je zajemanje podatkov izvedlo z letalskim laserskim skenerjem ALTM 1020 kanadskega izdelovalca Optech Inc. Celotni podatkovni niz obsega približno 9,275.000 laserskih točk. Srednja oddaljenost med točkami znaša 3,1 m. Na inštitutu za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje so izdelali DMR-je za 360 listov v merilu 1:1000. DMR ima mrežo širine 3,125 m, kar pomeni, da je vsak list pokrit z mrežo, razdeljeno na 160×160 celic (za več podrobnosti o projektu glej Kraus, 1997, in Kraus et al., 1997).

Končni DMR je bil zajet kot preizkusni podatkovni niz, in sicer v skladu z novo interpolacijsko in filtrirno metodo, ki jo je opisal Kraus (1998). Z uporabo programskega orodja MATRIX, ki ga je prvotno razvil dr. Wolfgang Rieger, zdaj pa je delno prilagojen za delo na ogrudju XX v SCOP-u, smo izračunali prečiščen rastrski višinski model z ločljivostjo 1 m. Z namenom boljše vizualizacije smo izvedli tudi senčenje in izris plastnic.

Nova metoda je bila preizkušena na območju, ki zajema največje možno število morfometričnih lastnosti na majhni površini. Na sliki 3 vidimo takšno območje, ki obsega nekoliko porečij, kjer se voda steka in zbira v njihovih dolinah.

*Slika 3: Celotno
preizkusno območje*

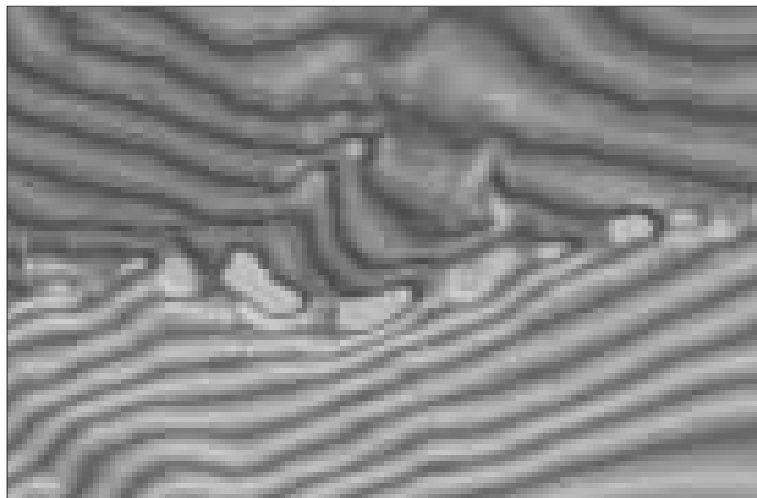


Slika 4 prikazuje plastnice, ki so bile izvedene iz DMR-ja, zajetega z laserskim skenerjem. Umetne kotalje dominirajo vzdolž celotne dolžine doline.

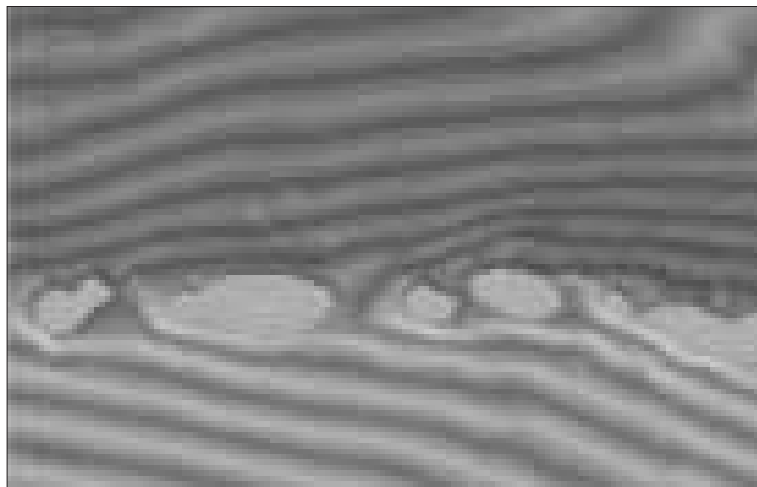
*Slika 4: Plastnice
preizkusnega območja
pred odstranitvijo
vodnih kotalj*



Po rasterizaciji DMR-ja z ločljivostjo 1 m vzdolž osi x in y smo izvedli tudi analizo vodnega toka; kotalje z vodo smo identificirali in prikazali v modro zeleni barvi (glej sliko 5). V hidrološkem smislu kotalje vsebujejo vodo in ji onemogočajo, da nemoteno odteče z zemljišča. Posledica tega je, da moramo umetne vodne kotalje odstraniti iz DMR-ja, še posebej, če smo slednjega interpolirali tudi v hidrološke namene.



Slika 5: Prikaz DMR z označenimi vodnimi kotanjami



Slika 6: Vodne kotanje in pripadajoči odtočni kanali

Eden izmed načinov, kako izpustiti vodo iz kotanj je, da 'izkopljemo' kanal, ki poteka od dna kotanje skozi odtočno točko do sosednje nižje ležeče kotanje. Omenjeni odtočni kanali so izvirno v rastrskem formatu in jih je treba transformirati v vektorski format (WINPUT), če jih pri naslednji interpolaciji želimo uporabiti kot strukturne linije.

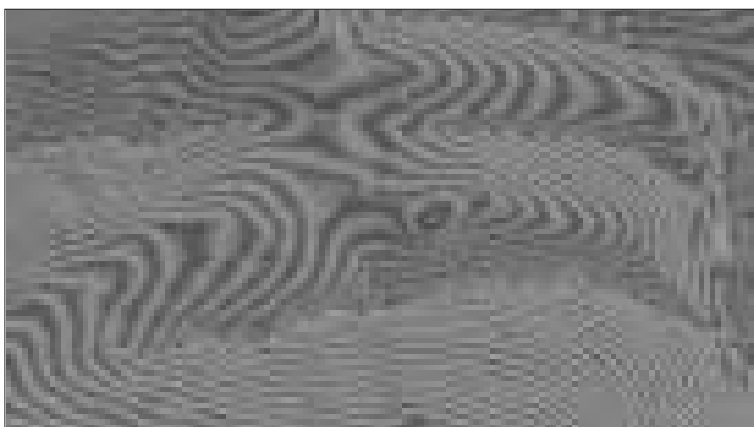
Pri naslednji interpolaciji DMR-ja smo odtočne kanale uporabili kot tvornice. Rezultat tega je DMR brez vodnih kotanj. Slika 7 prikazuje rezultat po izvedenem risanju plastnic .

*Slika 7: Plastnice
preizkusnega območja
po odstranitvi vodnih
kotanj*



Ponovitev postopka identifikacije kotanj na celotnem podatkovnem nizu nam omogoča, da odkrijemo posamezne kotanje, ki pa nimajo znatnejšega vpliva na površino DMR-ja. Te kotanje omenjamo, ker nastopajo v procesu interpolacije in rasterizacije, večinoma pa je njihova globina zanemarljiva. Končni rezultat interpolacije z uporabo odtočnih kanalov kot tvornic je prikazan na spodnji sliki.

*Slika 8: Prikaz
celotnega preizkusnega
območja po odstranitvi
kotanj*



5. ZAKLJUČEK IN POGLED V PRIHODNOST

Videli smo, da analiza vodnega toka lahko znatno pripomore k izboljšanju DMR-ja v geomorfološkem smislu. Statistične metode, ki jih uporabljamo pri predobdelavi in interpolaciji, so primerne za izločanje točk, ki ne ležijo na terenu, pa tudi za zmanjševanje naključnih napak na najmanjšo možno mero. Interpolirana površina bo tako zelo podobna stanju v naravi. Če pa pričakujemo, da bo interpolirana površina zadovoljila določene geomorfometrične omejitve, moramo tudi slednje zajeti v interpolaciji. Obdelava kotanj, kakor je prikazana v tem članku, predstavlja le enostaven način vključevanja geomorfometričnih omejitev v interpolacijo.

Rezultati so obetajoči, čeprav predstavljeni algoritem za odstranjevanje kotanj nakazuje težave v območjih, kjer kotanje dejansko obstajajo in jih je treba ohraniti v DMR-ju. Težavo lahko odpravimo v fazi predobdelave, ko kotanje razvrščamo. Razvrščanje kotanj opravimo glede na njihovo velikost in povprečno stopnjo penetracije laserskega žarka. Po razvrstitvi bi morali večje kotanje vključiti v nadaljnjo obdelavo.

Poleg omenjenega bi lahko tudi z odkrivanjem odvodnih linij (rek) in njihovim vključevanjem v interpolacijo znatno izboljšali geomorfološko konsistenco DMR-ja. Vpliv odvedenih rek na interpolacijo bo predmet raziskav v prihodnosti.

Identifikacijo kotanj in algoritme za obdelavo smo izvedli s programskim orodjem MATRIX (razvil ga je dr. Wolfgang Rieger), ki bo vključeno v SCOP-XX ogrodje kot modul z imenom HYDRO. Trenutno je delovanje modula osredotočeno na analiziranje zbiranja vode in identifikacijo rek ter porečij, njegov razvoj pa se še vedno nadaljuje.

ZAHVALA

Raziskavo je vseskozi znatno podpiral IPF TU Wien. Avtor bi se rad zahvalil prof. dr. K. Krausu in dr. L. Molnarju za spodbude in nasvete, ki so omogočili, da raziskavo nadaljujem v pravi smeri.

397

Literatura

- Kraus, K., Pfeifer, N.**, 1998. *Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data*, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 53, p.p. 193-203
- Rieger, W.**, 1992. *Hydrologische Anwendungen des digitalen Geländemodelles*, *Disertation, Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 39, IPF TU Wien*.
- Rieger, W.**, 1992. *Das Programm MATRIX – User's Manual*.
- Wood, J.**, 1996. *The geomorphological characterisation of Digital Elevation Models*, *PhD Thesis, University of Leicester, UK*.
- Wood, J.**, 1999. *Visualizing the structure and scale dependency of landscapes*, *Presented paper at Annual Conference of the Royal Geographic Society, Leicester University, January 5th-8th, 1999*.

Recenzija: Redakcijski odbor simpozija ISPRS v Ljubljani, februar 2000

Prispelo v objavo: 2000-05-11