

ANALITIČNO KARTOGRAFSKO SENČENJE DMR-JA S PSEVDOSLUČAJNOSTNIMI RASTRI

mag. Dalibor Radovan

Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Ljubljana

Prispelo za objavo: 15.9.1992

Izvleček

Podane so zahteve klasičnega kartografskega senčenja in razlike od matematičnih modelov v CAD sistemih. Opisan je Brasslov švicarski analitični model, ki je izboljšán z uvedbo psevdoslučajnostnih rastrov, maskiranjem ravnin ter glajenjem stopničastih delov slike, ki nastopajo zaradi kontrastov na grebenih.

Ključne besede: analitično senčenje, digitalni model reliefa, Geodetski dan, kartografsko senčenje, Rogaška Slatina, Slovenija, 1992

Abstract

The author presents main principles of classic cartographic hill shading and differences from mathematical models in CAD systems. Swiss Brassel's analytical model, improved by the pseudorandom rasters, digital masking of plane, and with smoothing steplike parts of the image emerging from edge contrasts of the ridges, is described.

Keywords: analytical hill shading, cartographic shading, digital terrain model, Geodetic workshop, Rogaška Slatina, Slovenia, 1992

1. ROČNO IN ANALITIČNO KARTOGRAFSKO SENČENJE

Kartografsko senčenje je eden izmed najboljših načinov prikazovanja plastičnosti reliefa na karti. Je poizkus simulacije tretje dimenzije na dvodimenzionalnem mediju. V klasični kartografiji je to ena izmed najzahtevnejših in strogo specializiranih risarskih tehnik, ki jo z mnogo truda in vaje, ter tudi s sposobnostjo prostorske predstave, lahko opravlja le peščica izurjenih kartografov. Kljub relativni zapletenosti naloge pa so se senčenja že v šestdesetih letih lotili tudi z računalniki (Yoeli 1965). Tak način reševanja problema je seveda smiseln samo takrat, ko o ploskvi, ki jo prikazujemo s sencami, obstaja neka digitalna informacija. Ta je lahko shranjena v obliki digitalnega modela reliefa s kvadratno celično mrežo ali pa celo kot Delaunayeva triangulacija nepravilno razporejenih točk. Začelo se je z različno gostimi DMR-ji, ki zaradi pravilne strukture v veliki meri prevladujejo še danes. Sprva so sence oponašali kar z linijskimi tiskalniki na podoben način kot pri uporabi

SYMAP tehnike. Kasneje so na tržišče prihajale vedno popolnejše izvedenke rastrskih risalnikov in tiskalnikov, tako da danes reprodukcija niti ni več takšna ovira kot v preteklosti, ko je bila najpomembnejša pri kvaliteti končnega izdelka.

2. RAZLIKE KARTOGRAFSKEGA SENČENJA OD MATEMATIČNIH CAD-MODELOV

Preden bomo spoznali avtomatizacijo senčenja na karti, moramo vedeti, da se klasično kartografsko senčenje ne ravna po Lambertovem zakonu iz fizike, temveč vsebuje v veliki meri tudi psihološke in fiziološke dejavnike. Ti povzročijo precejšnje odklone od matematičnih modelov, ki se trenutno uporabljajo v CAD-sistemih. Razlike so v predvsem naslednje:

- pri kartografskem senčenju je teren (fiktivno) osvetljen s severne nebesne poloble, kar je ravno nasprotno kot v naravi. S tem se izognemo inverznemu efektu – obratnemu vtisu pri percepciji dolin in grebenov;
- prikažejo se le lastne refleksije terena (hriba), ne pa tudi vržene sence;
- tip tal in vegetacije ne vplivata na jakost sence oziroma na refleksijsko vrednost;
- osenčenje se na isti sliki lahko po azimutu in zenitni distanci lokalno prilagaja različnim reliefnim oblikam zaradi čim bolj plastičnega izraza karte;
- celotna slika se osvetljuje ali potemnjuje po potrebi, predvsem pa glede na vrsto nadaljnje reprodukcijske obdelave;
- z večjo nadmorsko višino se večja tudi kontrast med osvetljenimi in neosvetljenimi predeli. S tem doline postanejo zavite v „meglico“, grebeni pa ostri;
- ravni predeli z manjšo nadmorsko višino od okolice morajo biti na karti svetli ali celo beli, čeprav fiktivno sonce nikoli ni v zenitu;
- robovi grebenov in grap se često bolj ostro poudarjajo kot so v naravi, vmesne ploskve pa so ponavadi zelo mehko osenčene.

3. PRAKTIČNA IZVEDBA

Vse te zahteve takoimenovane klasične švicarske šole (Imhof 1965) mora dober model analitičnega kartografskega senčenja tudi matematično ali fizikalno rešiti, lahko tudi s popolnoma empiričnimi sredstvi. Ena od metod, ki rešuje večino zgornjih problemov, je Brasslova analitična izvedba švicarske metode, ki je v bistvu nadgraditev osnovnega Yoelijevega pristopa s korekcijami (Brassel 1974). Na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo (IGF) smo leta 1985 sprogramirali kompletno Brasslovo matematično rešitev, ki pa zaradi različnih pomanjkljivosti tako programov kot tudi opreme ni zaživela v praksi (Rozman, Radovan 1985). V letih 1991 in 1992 smo dela nadaljevali do takšne stopnje, da smo lahko izvršili poizkusni tisk senčenja skupaj z ostalo vsebino za turistično karto občine Ljubljana Šiška v merilu 1:50 000 (IGF) in planinsko karto Julijskih Alp v merilu 1:50 000 za Geodetski zavod Slovenije. Načrtujemo tudi natis analitičnega senčenja nove planinske karte Triglava v merilu 1:25 000 (IGF), za kar smo izvedli že preliminarne teste.

Prvotni računalniški program iz leta 1985 je bil napisan v Fortranu na bivšem univerzitetnem računalniku DEC-10, v letu 1991 pa smo ga prevedli v Turbo Pascal, tako da deluje na vseh PC-jih od modela 286 navzgor. Lastnosti in zmožnosti programa so trenutno naslednje:

- osnovna refleksija oziroma jakost sence se izračuna po enačbi:

$$R = \frac{\text{reflektirana svetloba}}{\text{vpadna svetloba}} = \cos \alpha = \frac{\vec{s} \cdot \vec{n}}{|\vec{s}| \cdot |\vec{n}|}$$

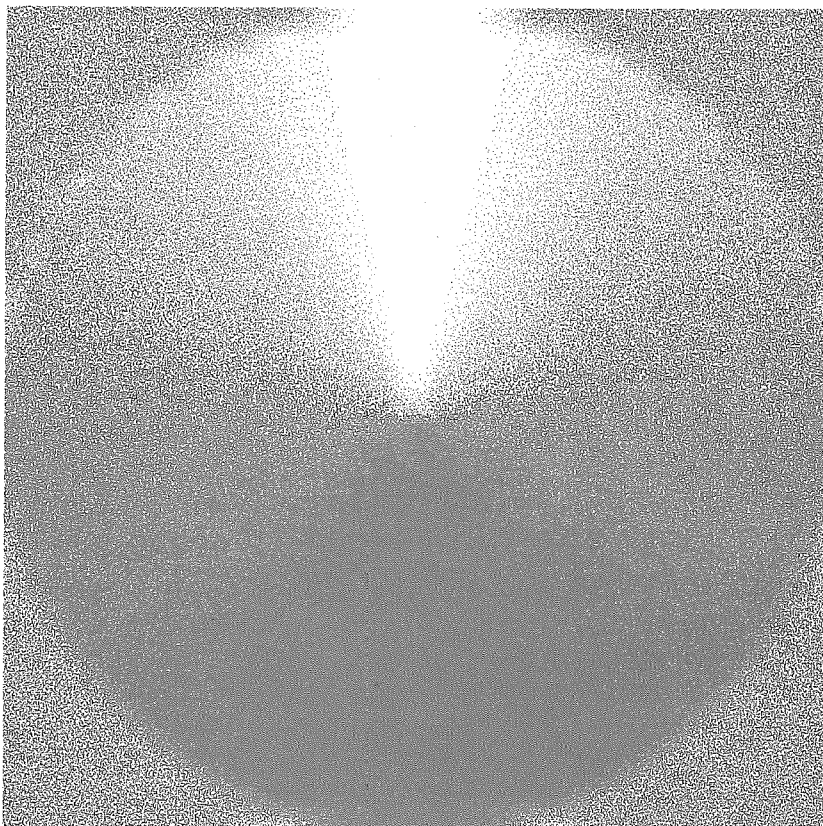
kjer je alfa kot med vektorjem osvetlitve \vec{s} in vektorjem normale \vec{n} na izravnalno ravnino celice DMR. Pri vseh nadaljnjih korekcijah senc se popravlja to vrednost R;

- horizontalni kot (azimut) osvetlitve lahko lokalno prilagajamo reliefnim oblikam tako, da je ne glede na smer generalne osvetlitve vedno ena polovica hriba bolj osvetljena od druge. S tem ohranjamo plastičnost prikaza vseh reliefnih oblik, tudi tistih grebenov in dolin, ki ležijo v smeri vektorja osvetlitve. V ta namen je treba s karte plastnic izbranega območja digitalizirati osi glavnih in stranskih dolin in grebenov;
- vertikalni kot (zenitno distanco) osvetlitve lahko lokalno prilagajamo terenu. S tem odpravimo nelogične razporeditve senc v nekaterih posebnih primerih dolin (U-doline);
- kontrast lahko z enim samim faktorjem spremenimo tako, da so višji predeli bolj plastično izraziti kot nižji, kjer v skrajnem primeru lahko nastopi „meglica“ (prva atmosferska perspektivna korekcija);
- svetlost slike lahko spet z drugim faktorjem uravnavamo za celo sliko naenkrat. Korekcija je odvisna od srednje nadmorske višine terena (druga atmosferska perspektivna korekcija);
- nižinske dele ravnin lahko maskiramo tako, da na karti take ploskve ostanejo bele. Pri tem sta pomembna naklonski in višinski kriterij, saj na visokih, toda ravnih planotah sence ne smejo manjkati;
- kompletno sliko lahko narišemo inverzno, tj. zamenjamo črno z belim in obratno;
- najpomembnejša novost v programu je uporaba psevdoslučajnostnih rastrov (Plumb, Slocum 1986), ki so se do sedaj uporabljali le v tematski kartografiji. S tem si lahko privoščimo 64-tonsko skalo sivih tonov ter oponašamo proces poltonskega rastriranja. Po posebnem postopku se pike rastra naključno razporedijo tako, da se ob tem ne pojavlja grahasta struktura, kot je to primer pri navadnih slučajnostnih rastrih. Proces zahteva krmiljenje risanja pik na risalniku (tiskalniku) z njegovimi internimi ukazi;
- osnovni DMR je stometrski, vendar je zaradi kvalitete slike nujna interpolacija na 50 oziroma 25 metrov. Na različne načine lahko uporabljamo dvojno linearno interpolacijo, ali pa metodo dolžinskih uteži, ki omogoča več vrst glajenja slike (Franke 1982);
- na grebenih, kjer je kontrast med osvetljenimi in neosvetljenimi ploskvami zelo močan, pa kljub interpolaciji pri zelo razgibanem reliefu z velikimi nakloni še vedno lahko pride do stopničastega izgleda sence na grebenu, kar je posledica kvadratnega DMR-ja. To pomanjkljivost, ki predstavlja večno težavo pri senčenju, lahko efektno odpravimo z zelo enostavnima zaporednima konvolucijama slike (digitalno procesiranje slike);
- izris slike je možen na tri različne izhodne naprave. Za testiranje lahko uporabimo ekran z EGA ali VGA kartico (5 različnih variant). Senčenje in podlago je v tem primeru možno izrisati v beli, črni, svetlo ali temno sivi barvi.

Zaslonsko kopijo negativa slike z ekrana lahko izrišemo na Epsonov matrični tiskalnik, in sicer v 480 ali 960-bitni grafiki. Končni izris naredimo na Hewlett-Packardov laserski tiskalnik LaserJet v resoluciji 75, 100, 150 ali 300 pik na inčo.

4. ZAKLJUČEK

Testni odtisi senčenja so obetajoči: čas izdelave za karto formata A1 smo skrajšali s približno dveh mesecev ročnega dela na dva do tri dni računalniškega z digitalizacijo osi dolin in grebenov vred. Ročno popravljanje praktično ni potrebno, vendar pa moramo temeljito poznati ustrezne postopke nadaljnje fotografske in tiskarske reprodukcije. Zaradi relativno majhne resolucije tiskalnika ni priporočljivo povečevanje računalniškega izrisa, kar pa velja tudi za ročni način izrisa. Tiskane sence so po izboru najboljših parametrov programa celo boljše in eksaktnije od ročno izrisanih. Trenutno je večja pomanjkljivost, da moramo večje slike zaradi majhnega formata izrisa (A4) dobiti s spajanjem in delnim prekritjem manjših območij, kar pa je možno rešiti s prilagoditvijo programov še na rastrski risalnik formata A0.



Slika 1: Test 64-tonske skale psevdoslučajnostnih rastrov na stožcu z naklonom 45°; velikost območja 4x4 km, DMR 100 m, dvojna linearna interpolacija na 25 m (160x160 pixlov), azimut osvetlitve 0°, vertikalni kot 45°, brez vseh korekcij.



Slika 2: Del območja (Trenta, Zadnjica) za planinsko karto Triglava (IGF); DMR 100 m, dvojna linearna interpolacija na 25 m (240x360 pixlov), azimut osvetlitve – 45° z lokalnimi korekcijami glede na tri kategorije grebenov in dolin, vertikalni kot 45°, povečan kontrast, srednja osvetlitev slike, maskiranje ravnin z naklonom pod 5° in nadmorsko višino pod 810 m, glajenje stopničč DMR-ja.

Viri:

- Brassel, K., 1974, *A model for automatic hill-shading*, *The American Cartographer*, Vol. 1, No. 1, 15-26.
- Franke, R., 1982, *Scattered data interpolation: tests of some methods*, *Mathematics of Computation*, Vol. 38, No. 157.
- Imhof, E., 1965, *Kartographische Gelandedarstellung*, Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- Plumb, G.A., Slocum, T.A., 1986, *Alternative designs for dot-matrix printer maps*, *The American Cartographer*, Vol. 13, No. 2, 121-134.
- Rozman, J., Radovan, D., 1985, *Uporaba laserske elektrografije pri računalniškem stavljanju tekstov in slik ter pri računalniški kartografiji, raziskovalna naloga PORS*, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Inštitut Jožef Stefan, Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana.
- Yoeli, P., 1965, *Analytical hill shading*, *Surveying and Mapping*, Vol. 25, No. 4, 573-579.

Recenzija: Matjaž Kos
Janko Rozman