

OBDELAVA DIGITALNIH SLIK V RAČUNALNIŠKO PODPRTEM SENČENJU

mag. Mateja Debelak

INGIS, Ljubljana

Prispelo za objavo: 23.8.1993

Izvleček

Številni programski paketi, ki so namenjeni avtomatskemu generiranju senc, temeljijo na algoritmih različnih kvalitet, ki rešujejo matematično formulirane faze dela. Kvalitetne rezultate lahko dobimo le s pomočjo interaktivnega dela, iterativnih postopkov in parametrov, prilagojenih lokalni konfiguraciji reliefa. Pri tem gre najpogosteje za zelo zamudna in v praksi nepriljubljena iskanja in testiranja parametrov. V ta namen vse pogosteje uporabljamo postopke, poznane s področja obdelave digitalnih slik, ki omogočajo hitrejša in kvalitetnejša dela.

Ključne besede: avtomatsko generiranje senc, Bled, digitalne slike, Geodetski dan, računalniška podpora, Slovenija, 1993

UVOD

Človek je že zelo kmalu doumel, da si lahko s pomočjo slikovnih prikazov zemeljske površine poenostavi gibanje in življenje v prostoru. Tako se je pred več tisoč leti iz prvih nerodnih poizkusov risanja okolice počasi razvila kartografija, ki spada danes med najstarejše še živeče znanosti. V nasprotju s številnimi vedami, ki so v dobi računalnikov dosegle vrhunec in začele umirati, doživlja kartografija v tem času pravi preporod. Računalniška tehnologija omogoča kartografom avtomatizacijo posameznih korakov dela in s tem hitrejšo, enostavnejšo in kvalitetnejšo izdelovanje različnih prikazov zemeljskega reliefa, od klasičnih geografskih in tematskih kart do novih prikazov reliefa, ki jih zaradi njihove zapletenosti nekdaj ni bilo mogoče ročno izdelati.

Avtomatizacija v kartografiji je povezana s številnimi, danes še odprtimi vprašanji. Osnova za računalniško podprto izdelavo kart je enolična matematična formulacija reliefa, ki je zaradi nepravilne tridimenzionalne oblike Zemlje, razgibanosti njene površine in merila prikazov (generalizacija) ne moremo zapisati. Umetniški značaj prikazov reliefa in njihov vizualni vpliv na človeka dodatno otežujeta popolno avtomatizacijo vseh korakov dela, česar v bližnji bodočnosti tudi ne moremo pričakovati. Danes so operativno uporabni avtomatski postopki, ki omogočajo reševanje posameznih korakov dela, in zapletenejši iterativni postopki izdelave točno določenega tipa prikazov zemeljskega reliefa, ki so povezani s človekovim vpogledom in posegom v delo. Kljub pomanjkljivostim so prednosti avtomatskega dela številne (hitrejša dela, kvalitetnejši rezultati, izključitev

subjektivnega faktorja pri prinašanju odločitev, nadomestitev operaterjev z avtomatiziranimi postopki pri izvajanju napornih in dolgotrajnih rutinskih opravil), zato jih danes uporabljajo v vsaki sodobni kartografski hiši.

SENČENJE

Prikazovanje plastičnosti oz. tridimenzionalnosti reliefa na ravnino papirja je za kartografe vedno predstavljalo velik izziv. Če sledimo razvoju takšnih tehnik, se najprej srečamo z enostavnimi risbami zvrnjenih „krtin“ in kopastih gričev, in nato preidemo prek raznih črtnih tehnik do izpopolnjenih postopkov, ki so aktualni tudi danes (izohipse, senčenje, uporaba barv ipd.).

Zaradi izrazitega vtisa plastičnosti spada senčenje med pomembnejše in pogosto uporabljane (spremljajoče) načine prikazovanja reliefa na različnih geografskih in tematskih kartah. Sčasoma so bili razviti in izpopolnjeni številni kvalitetni postopki, za katere so v splošnem značilni izrazita plastičnost, nazornost in realnost, pridobljeni na račun matematične polprilnosti prikazane površine. Ker je ročno senčenje povezano z dolgotrajnim delom in posebej izurjenimi in vestnimi operaterji, je bila avtomatizacija tega koraka dela predmet številnih razvojnih in raziskovalnih aktivnosti. Danes lahko uporabljajo kartografi številne v ta namen razvite programske pakete, ki temeljijo na različnih pristopih reševanja tega problema. V splošnem gre za imitacije že uveljavljenih in učinkovitih ročnih postopkov (npr. švicarska šola senčenja), ki temeljijo na izračunu količine osvetlitve zemeljske površine glede na naklon in smer naklona reliefa, obliko, lego in količino osvetlitve ipd. Uporabljeni parametri se razlikujejo med posameznimi procedurami (linijski, ploskovni ali niz točkovnih virov svetlobe, način izračunavanja in upoštevanja difuznih odbojev, realistično senčenje z umetnimi barvnimi lestvicami ipd.). Kompromis med zahtevano plastičnostjo prikazanega reliefa in njegovo realnostjo (ali celo pravilnostjo) lahko vzpostavimo s pravilnim kombiniranjem parametrov različnih vrednosti, prilagojenih lokalnim značilnostim reliefa. Kvaliteta rezultatov je odvisna od kvalitete algoritmov. V splošnem lahko ob razmeroma visoki hitrosti dela izdelamo zelo kvalitetne in homogene prikaze senčenega reliefa. Po drugi strani pa delo upočasnjujejo in otežujejo številne pomanjkljivosti, povezane z zamudnim iskanjem parametrov senčenja, prilagajanje procedure lokalni konfiguraciji terena, neizogibno interaktivno postobdelavo posameznih delov površine itd. Ker gre pri tem za obdelavo izredno velike količine podatkov (dragi računalniki), so te procedure v praksi pogosto le delno uspešne.

Vse to zahteva kontinuirani razvoj obstoječih postopkov in iskanje novih za računalniško generiranje senc. Izpopolnitev računalniške tehnologije, predvsem pocenitev strojne opreme vzporedno z naraščanjem njenih zmogljivosti in dodatni razvoj postopkov obdelave digitalnih slik, računalniškega vida in umetne inteligence so tudi na področju računalniško podprtega senčenja odprli nove možnosti, o čemer bomo govorili v nadaljevanju članka. Ker je razvoj postopkov za obdelavo digitalnih slik domena računalnikarjev, bomo predstavili le nekaj osnovnih procedur, izdelanih v poljubne nekartografske namene, ki jih lahko učinkovito implementiramo tudi v kartografiji. Takšne procedure so sestavni del številnih komercialnih programskih paketov. Za rezultate takšnega načina so značilni visoka kvaliteta, izjemna variabilnost glede njihovega izgleda in možnost dodatnega izvirnotenja reliefa

(npr. določevanje jarkov in grebenov). V ta namen smo razvili postopek, ki temelji na okvirno danih temeljnih parametrih senčenja in uporabi standardnih digitalnih filtrov v sklopu postobdelave prikazov senčenega reliefa. Prilagojen je sposobnostim programske opreme Intergraph/USA, testne prikaze pa smo izdelali z delovno postajo serije InterPro 2000 (MSM – Terrain Modeler, ISI2 – Image Station Imager 2, ModelView, MicroStation32).

POSTOPEK DELA

Uporabljena procedura za računalniško generiranje senc temelji na izračunu količine osvetlitve dovolj majhnih končnih elementov, s katerimi je aproksimiran zemeljski relief. V ta namen smo prek testne površine razvili dovolj gost grid DMR (digitalni model reliefa). Izračun količine osvetlitve je razmeroma enostaven in odvisen od:

- ☐ absolutne lege testne površine v izbrani kartografski projekciji
- ☐ vnaprej definirane perspektivne projekcije
- ☐ naklona in smeri naklona posameznih gridnih celic
- ☐ tipa, smeri in oddaljenosti vira svetlobe
- ☐ jakosti vira svetlobe
- ☐ količine in lastnosti difuznih odbojev, odvisnih od lokalne okolice gridnih celic.

Dobljene vrednosti količine osvetlitve posameznih gridnih celic sistem avtomatsko klasificira glede na dano sivo ali barvno skalo. Ker so kakovostne zahteve pri izdelavi standardnih geografskih kart razmeroma visoke, razgibanost reliefa pa zelo variabilna (kombinacija ravnega in zelo razgibanega terena), s kvaliteto in vizualnim učinkom tako enostavno izdelanih senc (Slika A) ne moremo biti zadovoljni (premajhna plastičnost, neizglednost, neizraziti kontrasti ...). Kvalitetnejše rezultate bi lahko dobili z vključitvijo dodatnih virov osvetlitve (umetne luči), ločeno obdelavo posameznih delov območja ali izpopolnitvijo procedure za generiranje senc (programiranje). Vse to zahteva dolgotrajno delo z nezanesljivimi rezultati, zato sence, generirane z osnovnim postopkom, enostavneje naknadno izboljšamo s postopki obdelave digitalnih slik. Te postopke razdelimo v naslednje osnovne skupine:

- ☐ glajenje (nizkopropustni filtri)
- ☐ filtriranje
- ☐ popolno ali intervalno modificiranje histograma (linearno, parametrično ...)
- ☐ izostrovanje robov (visokopropustni filtri)
- ☐ povečevanje kontrastov
- ☐ razne geometrične transformacije (seštevanje, množenje, deljenje slik ...) ipd.

Večina izmed teh postopkov temelji na obdelavi lokalne okolice (okna) posameznih elementov (gridnih celic), ki jih pred digitalno obdelavo pretvorimo v rastrski format (1 piksel = 1 gridna celica + nivo sive vrednosti). Velikost definirane okna pogojuje kvaliteto rezultatov in hitrost obdelave, pri čemer se pri reševanju praktičnih nalog (velika količina podatkov) glede na izgled digitalne slike senc najpogosteje omejimo na okna velikosti 3 x 3 do 9 x 9 pikselov.

Celoten postopek računalniškega generiranja senc lahko strnemo v zaporeden niz soodvisnih korakov dela:

- kreiranje dovolj gostega grida DMR-ja prek izbranega območja glede na merilo prikaza
- definiranje grobih parametrov senčenja glede na konfiguracijo terena in zahtevani izgled senc (definiranje projekcije, definiranje tipa, oddaljenosti, azimuta in vpadnega kota vira svetlobe, količina osvetlitve, količina delnega odboja, gostota rastra ipd.)
- generiranje senčenega reliefa (rastrski format)
- vizualna kontrola rezultatov in izbira procedur za digitalno obdelavo slike
- digitalna obdelava slike:
 - generiranje in analiziranje histograma
 - povečanje kontrastov in osvetlitve
 - glajenje (nizkopropustni filter z utežmi)
 - binarna segmentacija slike glede na izbrani prag propustnosti
 - geometrična obdelava dobljenih digitalnih slik
 - uravnavanje kontrastov in osvetlitve rezultirajoče slike.

Posamezne filtre in potrebne parametre dela lahko vsak operater, ki ima izkušnje z obdelavo digitalnih slik, definira vnaprej, zato lahko celoten postopek poteka popolnoma avtomatsko. Glede na izgled željenih rezultatov lahko omenjeno proceduro primerno spremenimo, npr.:

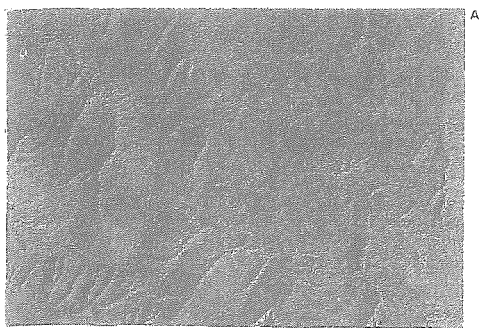
- pri avtomatskem izvedenju značilnih geomorfoloških oblik reliefa lahko uporabimo filtre, ki omogočajo izločevanje robov
- pri zelo kontrastnih slikah si lahko pomagamo s poudarjanjem robov
- za posamezne dele slike definiramo različne procedure (kombinacija hribovitih in ravninskih predelov ipd.).

ZAKLJUČEK

S pravilnim kombiniranjem procedur za digitalno obdelavo slik lahko popolnoma avtomatsko generiramo senčeni relief, ki izpolnjuje tudi najvišje kakovostne kartografske standarde. Celotno proceduro (kombinacija filtrov + specifikacija robnih pogojev) lahko poljubno prilagajamo posebnim zahtevam ali namenu rezultatov (zelo svetlo, zelo močni kontrasti, izgled fotografije ipd.). Hitrost dela je odvisna od:

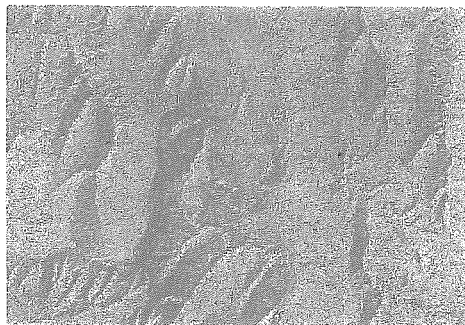
- izurjenosti in izkušnji operaterja (čas, potreben za določanje osnovnih parametrov in enolično definiranje procedure za obdelavo digitalne slike)
- števila gridnih celic oz. pikslov, kar pogojuje hitrost obdelave digitalne slike
- izbrane digitalne procedure in velikosti uporabljenih oken.

Zgolj informativno naj navedemo, da je za obdelavo območja v velikosti 1024x1024 pikslov (če prenesemo v merilo kart gre pri zahtevani natančnosti 0,2 mm v merilu 1:50 000 za območje, večje od 10km x 10km) z delovno postajo InterPro 2000 (majhna zmogljivost) za računalniško generiranje senc (ob znanih rangih osnovnih parametrov) potrebnih le nekaj minut, za nadaljnjo interaktivno nadzorovano digitalno obdelavo slike pa največ 10 minut. Če razpolagamo s kvalitetnimi izhodnimi enotami z možnostjo izrisa neposredno na film, je tako generirani prikaz senc neposredno primeren za tisk.

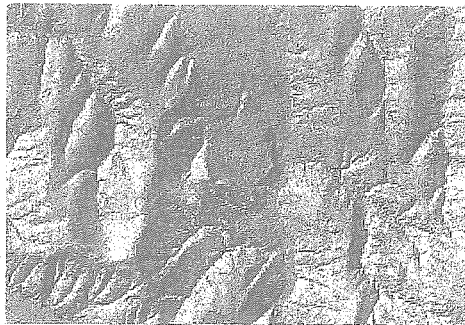


A

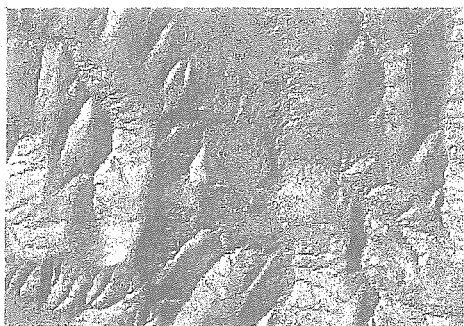
B



D



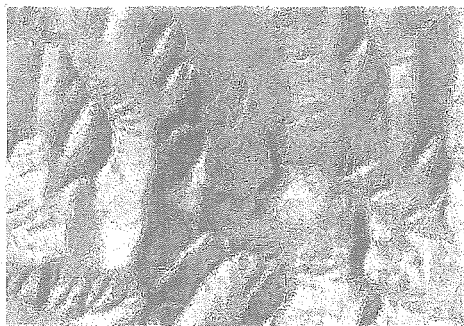
E



G



F



Slika: A-Sence, generirane po osnovnem postopku, B-Visokopropustno filtriranje, C-Nizkopropustno filtriranje, D-30% povečanje kontrastov, E-Rezultat geometrične transformacije, F-Glajenje,

Viri:

Jain, A. K., 1989, Fundamentals of Digital Image Processing, USA, 569 str.

Intergraph, 1992, MicroStation GIS Environment/ISI2, User's Guide, USA.

Intergraph, 1992, MicroStation Terrain Modeler, User's Guide, USA.

Rihtaršič, M., 1989, Glajenje digitalnih slik, Seminarska naloga FAGG, Ljubljana, 38 str.

Recenzija: Matjaž Kos

mag. Dalibor Radovan