

KARTOGRAFSKO MODELIRANJE JUČER I DANAS UZ OSVRT NA AUTOMATIZIRANU KARTOGRAFSKU GENERALIZACIJU

Mirjanka LECHTHALER – Beč*

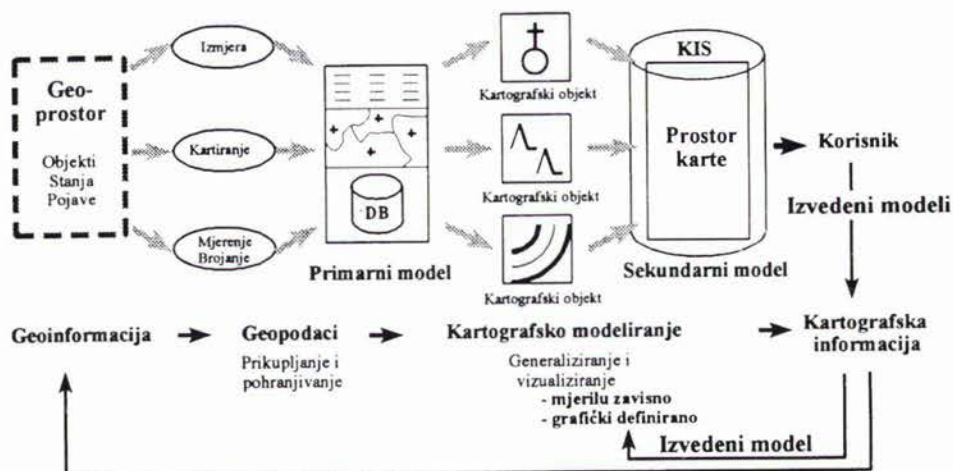
“Wer die Vergangenheit nicht kennt,
wird die Zukunft nicht in den Griff bekommen” G. Mann

SAŽETAK: Poimanje prostornih struktura, statičkih stanja i fenomena, dinamičkih pojava i procesa nezamislivo je bez kartografskih modela prostora. Posebnu komunikacijsku širinu omogućuju interaktivni kartografski informacijski sustavi (KIS-i), čiju osnovu čine mjerilima određeni i grafičkim izrazom definirani kartografski modeli. Stvaranje pojedinačnih modela zasada se ne može izbjeći, jer KIS-i ne posjeduju module za potpuno automatizirano provođenje kartografske generalizacije, koji bi posezali za jednom bazom prostornih podataka multifunkcionalnog karaktera. U članku će se dati iskustveni osvrt na rezultate “automatizirane” kartografske generalizacije provedene modulom MGMG tvrtke INTERGRAPH i ukazati na opseg i kompleksnost rada kartografa pri kartografskom modeliranju prostora.

1. UVOD

Različiti statički i dinamički modeli omogućuju spoznaju prostora, njegovih dimenzija, sadržaja, stanja i pojava. U tu se svrhu najčešće koriste kartografske informacije. One su sastavni dio kartografskih modela prostora, nastalih u procesu kartografske obrade podataka uz pomoć različitih funkcija i pomagala ugrađenih u KIS-e (slika 1). Osnovna zadaća tih sustava je konstrukcija apstraktnog, umanjenog i grafičkim sredstvom vizualiziranog modela prostora. Parametri konstrukcije i prevođenja prostorne informacije u kartografsku informaciju vezani su uz metode kartografske generalizacije i primijenjeni sustav kartografskih znakova, odnosno primijenjenu kartografiku, određenu namjenom i perceptivnim sposobnostima korisnika. Kartografski model bit će stoga geometrijski više ili manje sličan i sadržajno više ili manje cjelovit u odnosu na prirodni prostor. Iako te specifične karakteristike ukazuju na ograničeni kapacitet modela, kartografskoj se informaciji bez sumnje može pripisati vodeća uloga u prijenosu informacija o prostoru.

* Dr. Dipl. Ing. Mirjanka LECHTHALER, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, TU Wien, A-1040 Wien, Karlsgrasse 11, e-mail: lechthal@ckrms1.tuwien.ac.at



Slika 1. Podrijetlo kartografske informacije.

Iz toga je lako zaključiti da je kartografsko modeliranje, koje u užem smislu obuhvaća kartografsku generalizaciju i kartografsku vizualizaciju. Taj zaista odgovoran zadatak kartografske obrade podataka zahtijeva, uz kartografsko znanje i razumijevanje prostornih struktura, veliko iskustvo i intuitivni rad kartografa.

Automatizacija procesa kartografskog modeliranja topografskih objekata (oro-hidrografije, prometne mreže, naselja, administrativnih granica, biljnog pokrova) i s njima povezane tematike pri prijelazu u sitnija mjerila nije do današnjeg dana u potpunosti riješena! Vrlo je teško zamisliti proces kartografskog modeliranja bez računala kao izvanrednog tehničkog pomagala. No, jednako je tako teško zamisliti da bi se taj inteligentni i kompleksni proces mogao odvijati bez interakcije kartografa. Na tržištu se pojavljuju proizvodi koji imaju implementirane algoritme "automatske" kartografske generalizacije. Iskustveni i kritički osvrti njihove primjene rijetko se nalaze u literaturi. Za ocjenu i usporedbu rezultata automatske obrade služe prvenstveno kartografski prikazi nastali konvencionalnim putem. Kolika je informacijska vrijednost i kulturno blago pohranjeno u "starim" kartografskim prikazima! Hoće li nove tehnologije na području digitalne kartografije moći zadržati nama poznatu kvalitetu grafičkog izraza?

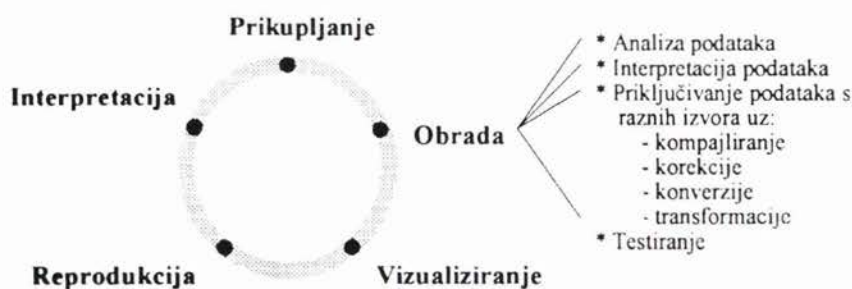
2. ULOGA KARTOGRAFA U KARTOGRAFskom KOMUNIKACIJSKOM PROCESU

Mislim da se kartografi nalaze u vrlo turbulentnom i za njih odlučujućem vremenu. U vremenu, kada se kartografskom teorijom i praksom "služi" mnogo više nekartografa u svom svakidašnjem radu, posežući za ponuđenim kartama i kartama sličnim proizvodima (zračnim i satelitskim snimkama, modelima reljefa), u kojima su vizualizirane velike količine prostornih podataka iz nehomogenih izvora, različitih formata i struktura; u vremenu kada se softverskim algoritmima prostornih informacijskih sustava definiranim najčešće od nekartografa daju korisnicima mogućnosti generiranja novih prostornih informacija i konstrukcije novih prostornih modela; u vremenu hipermobilnosti banaka podataka putem međusobno povezanih komunikacijskih mreža kao interaktivnih i dinamičkih medija komunikacije.

Korisnik, zadivljen brzinom i širinom ponuđenih akcija sustava, pristupa podacima, njihovoj obradi, spoznaje njihovu korisnost i uključuje ih u rješavanje interdisciplinarnih zadataka s područja uprave, planiranja prostora, privrede, zaštite okoliša i dr.. Korisnik preuzima često nekritički novodobivene informacije, ne poznavajući detalje o njihovoj kvaliteti (Morrison 1995). Kada se govori o kvaliteti podataka odnosno informacija, tada se detaljnije misli na izvor podataka, na njihovu položajnu točnost, na pouzdanost atributa, na konzistenciju, tj. logičku postojanost, na semantičku točnost i na njihovu starost.

Od vremena grčke civilizacije kartograf je kao stručnjak u prikazu oblika i površine Zemlje koristio svaku tehničku inovaciju kako bi što točnije iz podataka prikupljenih preciznim mjerenjima kartografski modelirao prostor. U tu je svrhu bio neposredno uključen u životni ciklus podataka (slika 2), naime generirao je podatke i istovremeno bio njihov korisnik. Nova tehnologija neminovno mijenja tradicionalnu ulogu kartografa u kartografskom komunikacijskom procesu, a time najvjerojatnije i njegov proizvod – kartografski prikaz. Tiskana karta ustupa danas sve češće svoje mjesto digitalnoj datoteci, koja sadrži geometriju i attribute topografskog i tematskog sadržaja određenog modela prostora pohranjene na različitim medijima za prijenos. Te su datoteke često proizvod slijednog prikupljanja i obrade prostornih podataka više korisnika, te stoga mogu biti inkonzistentne. Zasad ne postoji mogućnost vizualizacije kvalitete njihova sadržaja (Morrison 1995).

Razmišljajući o njihovoj kvaliteti, kartograf veliku pozornost posvećuje metodi kojom su izvorni podaci bili prikupljeni, vrsti i mjerilu modela ukoliko su već bili vizualizirani, podatku o rezoluciji snimaka daljinskog istraživanja ukoliko se radi o izvoru slikovne informacije i njihovoj starosti (Campbell 1991). Kartograf nadalje ispituje što trebaju kartografski objekti iskazati o prostoru, kako ih treba kartografski obraditi da bi određene grupe korisnika mogle iz ponuđene kartografske informacije stvoriti svoje predodžbe o prostornim fenomenima. Cilj je njegovog rada postići besprijeckornu i čitku sliku pojednostavljenog i kroz primijenjenu kartografiku apstraktnog prikaza modela prostora.



Slika 2. Životni ciklus prostornih podataka.

3. INTERAKTIVNI KARTOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV

Uz pojam modela prostora veže se prvenstveno mjerilo smanjenja, a uz pojam grafičkog modela prostora vežu se sredstva modeliranja. Dakle, kartografskom je informacijom dana generalizirana dvodimenzionalna ili trodimenzionalna slika prostora, čiji je stupanj pojednostavljenja i apstrakcije uvjetovan mjerilom smanjenja. Apstraktni prikaz objekata i njihovih svojstava postignut je smisaonom i čitkom kartografskom. Ona sa

svoje strane, kroz generiranje signatura najčešće nezavisno o mjerilu smanjenja, utječe na promjene geometrije položaja objekata. Iste prostorne informacije neće biti uvijek isto kartografski obrađene, što ovisi o krugu korisnika i samoj namjeni kartografskog modela. Sve to ukazuje na nehomogeno modeliranje te vrlo brzo postaje teško i nemoguće povezati jednoznačno kartografske objekte s objektima prostora. Ta činjenica rezultat je iskustva stečenog pri radu s analognim kartografskim modelima, koji svaki za sebe imaju granice besprijekornog prijenosa.

Nema razloga da se kartografsku informaciju pohranjenu na digitalnom mediju smatra točnijom, ako se za njeno kartografsko modeliranje i vizualiziranje koriste visokoprecizna pomagala uključena u KIS-e. Oni također nemaju mehanizam koji bi zaštitio prostorne podatke (geometriju i attribute) od besmislenih i znanstveno neosnovanih manipulacija. Postignuta prostorna i tematska točnost ne ovisi primarno o primijenjenom algoritmu (Lechthaler 1996). Izvorni podaci, koji predstavljaju temeljni i ujedno najvažniji dio svakog KIS-a, potječu najčešće iz postojećih kartografskih modela i posjeduju sve specifičnosti kartografske informacije uvjetovane njihovim modeliranjem. Digitalna kartografska informacija nije ništa točnija od analogne i ne može imati veći informacijski sadržaj!

Informacijski sadržaj modela može se jedino povećati ako se interaktivnim rutinama sustava preko lokalne geometrije kartografskih objekata omogućiti pristup bankama podataka primarnog prostornog modela (slika 1). Tada se radi o interaktivnim KIS-ima (Kelnhofer 1996, Ditz 1997). Korisnik može svoje interakcije u prikupljanju i vizualiziranju, zadatkom uvjetovane obrade podataka, individualno definirati služeći se sustavom raspoloživim manipulacijama nad podacima i ponuđenim grafičkim izrazom. Nažalost korisnik nema mogućnost automatskog prevođenja podataka u kartografske modele različitih mjerila. On se mora poslužiti sustavu svojstvenim, tj. mjerilom i kartografikom unaprijed definiranim sekundarnim, odnosno izvedenim kartografskim modelima (slika 1). Najbolji su primjer za interaktivne KIS-e elektronski atlas (Ormeling 1996). Tijekom vizualnog komunikacijskog procesa korisnik se kreće u različitim informacijskim nivoima topografskog i tematskog sadržaja, često upotpunjenim raznim statističkim, enciklopedijskim, audio- i videoinformacijama i animacijama (Sieber i dr. 1996, Heidemann 1996).

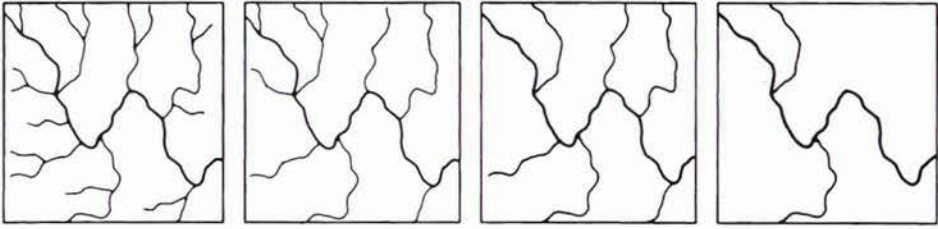
Prvi je korak u formiranju interaktivnog KIS-a konstrukcija niza topografskih modela prostora u određenom slijedu mjerila.

4. AUTOMATIZIRANI KORACI KARTOGRAFSKE GENERALIZACIJE – MOGUĆNOSTI I ISKUSTVA

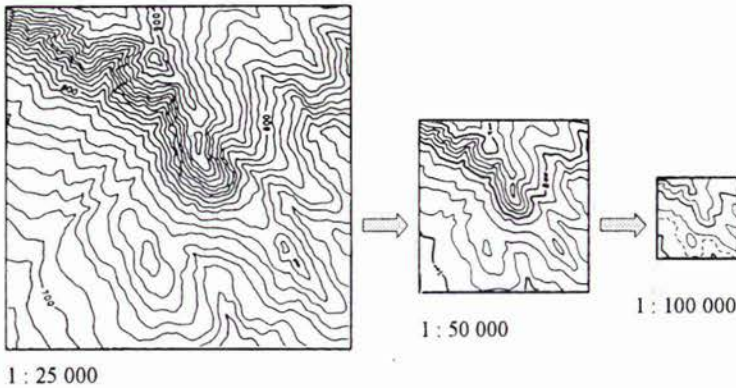
U kartografskoj se literaturi nalaze mnogi opisi i definicije kartografske generalizacije, kao i problemi koji se javljaju u analognim ili digitalnim procesima obrade prostorne informacije pri prijelazu u sitnija mjerila.

Proces kartografskog modeliranja obuhvaća zavisan slijed koraka kartografske generalizacije (geometrijske i pojmovno-geometrijske) i kartografskog signaturiranja, koji se moraju, smislaono i specifično pojedinim prostornim objektima, simultano i koordinirano odvijati. Primjeri kartografske generalizacije dani su na slikama 3, 4, 5 i 6.

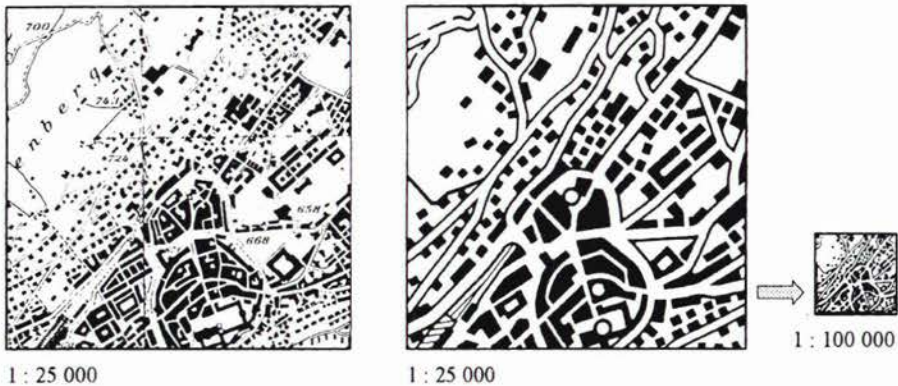
U daljem izlaganju neće biti riječi o generalizaciji u procesu prikupljanja izvornih prostornih podataka (slika 1) metodama izmjere, kartiranja, mjerenja i brojenja u svrhu oblikovanja primarnog modela prostora, čije su modelne koordinate prostorno vjerne. Izostavit će se također i oblikovanje sekundarnog modela prostora, u kojem se modelne koordinate mogu još uvijek smatrati prostorno vjernima. U sekundarnom modelu prostora provedena je prva kartografska vizualizacija (slika 1, 7).



Slika 3. Generalizacija riječne mreže 1 : 200 000. Izborom različitih parametara (Töpfer 1974) varira broj vodotoka u mreži za isto izvedeno mjerilo 1 : 500 000.

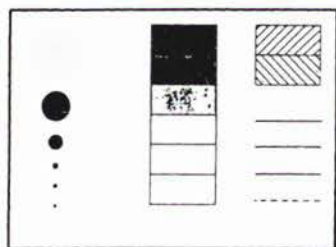
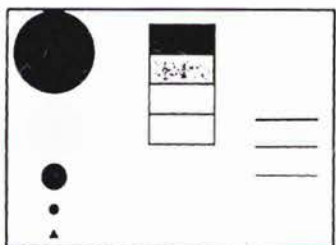
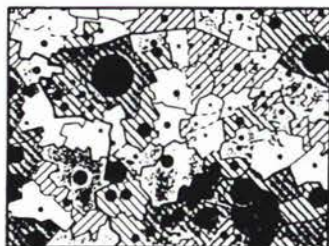
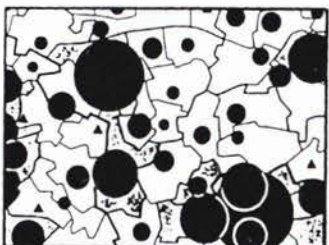


Slika 4. Generalizacija prikaza reljefa izohipsama.

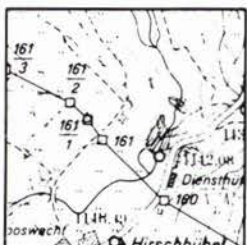


Slika 5. Generalizacija naselja (isječak iz: Spiess 1990).

Izlaganje i primjeri bit će specifični za kartografsku generalizaciju, koju provodi kartograf pri modeliranju izvedenih (tercijarnih) kartografskih modela, konstruirajući geometriju prostornih objekata prostorno sličnim modelnim koordinatama. Ovisno za-datku, na tako dobivenu geometriju vezat će se modelirana semantika objekata, koja je izvorno dana vrijednostima geokodiranih podataka primarnog modela (slika 1).

S_I 1 : 500 000S_I 1 : 500 000S_F 1 : 1 000 000

Slika 6. Generalizacija tematskog prikaza Gustoća stanovništva traži uz pojednostavljenu podlogu i generalizaciju tematskog sadržaja; u ovom primjeru kroz promjenu granica klasa (prerađeno iz: Spiess 1990a).

S_I 1:1 000S_I 1:1 000S_I 1:3 000S_I 1:5 000

Slika 7. Generalizacija tijekom neposrednog prikupljanja podataka o prostoru za prvu kartografsku vizualizaciju (prema slici 1: prijelaz iz primarnog u sekundarni model prostora) (isječci iz raznih izvora).

4.1. Pregledna razmatranja

Digitalnim tehnologijama potpomognuti sustavi za izradu kartografskih modela prostora mogu se podijeliti u tri grupe:

- KIS za izradu karata (Automated Mapping System, Desktop Mapping System), - GIS za obradu prostorne informacije (Geoinformation Systems, Landinformation System, Automated mapping/Facility Management System) i
- KIS za elektronsku vizualizaciju karata i prostornih informacija (Electronic Mapping System) (Christ 1994).

Sustavi prve grupe upotrebljavaju se ponajprije u održavanju karata i izradi kartografskih originala. Konačni proizvod obrade su analogni - tiskani ili printerski kartografski prikazi, digitalni zapisi kartografskih prikaza i digitalne kartografske banke podataka. Ta grupa, dandanas najšira i najzastupanija, koristi hardverske konfiguracije za prikupljanje, obradu i izdavanje kartografske informacije povezane u tzv. Desktop-Mapping sustave. Tu se ubrajaju softverski moduli za automatiziranu kartografsku obradu podataka GIS-a (ARC/INFO, INTERGRAPH MGE, SIEMENS-NIXDÖRF, SICAD/OPEN i dr.), za izradu i održavanje grafički kompleksnih topografskih karata (BARCO MERCATOR, SCITEX RS280, SICAD MAPREVISOR i dr.), za izradu tematskih karata (MAPINFO, PCMAP, POLY PLOT i dr.), za izradu slikovnih karata na osnovi digitalnih podataka fotogrametrije, daljinskog istraživanja i digitalnih kartografskih rasterskih podataka (EUROSENSE, GEOSPACE RSG, INTERGRAPH IMD i dr.), za kartografiku (CAD, AUTOCAD, COREL DRAW, INTERGRAPH MS PC i dr.), za digitalnu obradu snimaka i digitalnu reproduksijsku tehniku (ADOBE PHOTOSHOP i dr.), za laserski osvjetljivač (BARCO MERCATOR, HELL MDP, SCITEX i dr.), za konstrukciju osjenčenja (AUTOCAD AUTOSHADOW i dr.), za računanje kartografskih mreža (TERRA DATA, GEONET i dr.), za kartografsku generalizaciju (MGE MAP GENERALIZER, CHANGE), za skeniranje karata i snimaka te za vektorizaciju rasterskih podataka (CAD IMAGE, LASER-SCAN i dr.).

Drugu grupu čine vektorsko/rasterski - hibridni sustavi s velikim grafičkim ekranima. Oni raspolažu kompleksnim funkcijama za prikupljanje, manipulaciju, analizu, modeliranje, upravljanje bankama podataka te za izdavanje podataka u obliku tabelarnih i ekranskih "view" prezentacija, odnosno njihove kopije u maloj nakladi i vrlo jednostavne grafičke obrade. Ti sustavi mogu biti povezani s dodatnim funkcijama umjetne inteligencije (prepoznavanje uzoraka, ekspertni sustavi, fuzzy logic i neuralne mreže) te daljim funkcijama 3-D vizualizacije i automatizirane izrade kartografskih originala. Tehnološki razvoj najpoznatijih softverskih paketa te grupe ide u tri pravca: za grafičku obradu podataka i CAD, za kartografske namjene, za fotogrametrijske namjene i daljnja istraživanja.

U treću, najmlađu grupu ubrajaju se multimedijски KIS-i, koji služe za izradu, održavanje i statičku/dinamičku prezentaciju elektronskih atlasa, navigacijskih karata cestovnog, vodenog i zračnog prometa, uslužnih djelatnosti, planova gradova i sl. Softver u toj grupi podržava izradu elektronskih kartografskih modela ili služi za korištenje gotovih elektronskih karata pohranjenih na CD-ROM nosiocu.

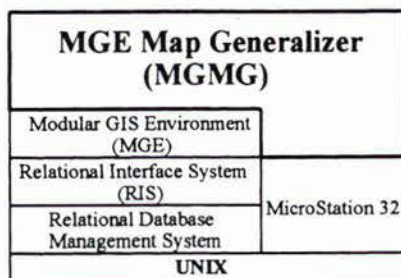
Daljim tehnološkim (hardver/softver) razvojem ta će se podjela sve više gubiti. Kako je iz gornjeg izlaganja vidljivo, softverski proizvodi uključeni u KIS-e najčešće raspolažu svim funkcijama GIS-a, omogućujući prikupljanje i pohranjivanje geometrije i tematskih informacija u vektorskom i rasterskom obliku, analizu, manipulacije i obradu podataka s ciljem vizualizacije modela odgovarajućom kartografikom, te konačno samo izdavanje kartografske informacije o prostoru u analognom/digitalnom obliku preko različitih elektronskih medija i komunikacijskih mreža.

U širokoj prvoj grupi nalaze se softveri i softverski moduli za računalom podržanu kartografsku generalizaciju. To je ujedno i najkompleksnije područje primjene automatizacije u kartografiji, na kojemu se već desetljećima pokušava naći algoritam, koji bi "inteligentno" zamijenio teoretsko i praktično znanje i iskustvo kartografa. Brojni znanstveni radovi, projekti i istraživanja u sveučilišnim i istraživačkim institucijama i soft-

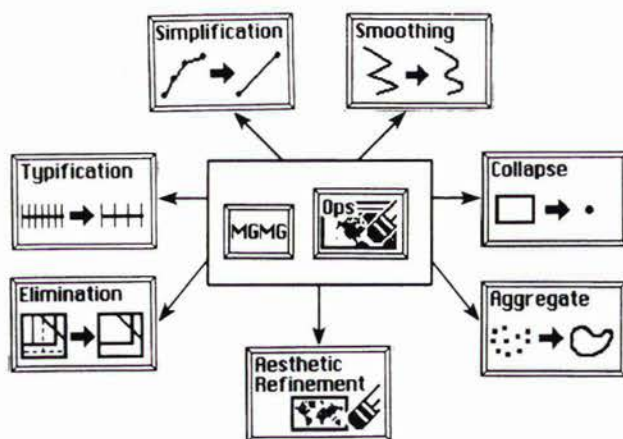
verskim tvrtkama pridonijela su implementiranju parcijalnih rješenja generalizacije za pojedine kartografske objekte. Konstrukcija modelne geometrije izabranih prostornih objekata, koju je u konvencionalnoj obradi autorskog originala kartograf izvodio simultano na svim kartografskim objektima i istodobno editirao, mora se nakon "automatske" obrade u brojnim konfliktnim situacijama interaktivno editirati na ekranu. To zahtijeva ne mali utrošak vremena!

4.2. Iskustveni osvrt na generalizaciju provedenu softverskim modulom MGE Map Generalizer

Institut za kartografiju i reprodukciju tehniku Tehničkog sveučilišta u Beču posjeduje cijeli spektar softverskih modula MGE (Modular GIS Environment) integriranih u korisničkom sustavu tvrtke INTERGRAPH. Analiza, manipulacija, upravljanje i vizualizacija podataka oslanja se na funkcije relacijske banke podataka, objektu orijentiranih tehnika, umjetne inteligencije i grafičke vizualizacije CAD (Reference manual 1995). Zelles (1995) daje opis pojedinih modula i prikaz funkcijskih veza sustava, bez osvrta na rezultate obrade. Sustavu pripada i modul MGE Map Generalizer – MGMG za interaktivnu i djelomice automatsku generalizaciju (slika 8).



Slika 8. Konfiguracija modula MGE Map Generalizer – INTERGRAPH



Slika 9. Algoritmi za provođenje interaktivne i djelomice automatske generalizacije u modulu MGMG: izostavljanje, tipizacija, pojednostavljenje, glačanje, prevođenje u niži grafički oblik, sažimanje i estetsko oplemenjivanje.

Na slici 9 prikazani su svi ponuđeni koraci na koje je moguće utjecati izborom parametara (npr. minimalne dimenzije, pragovi tolerancije i sl.). Dinamički “display” prati izazvane promjene, što olakšava njihov izbor. Na rezultate utječe redosljed koraka, te izbor i redosljed njihovih parametara. U okviru zadatka jednog diplomskog rada (Kasyk 1997) ispitane su mogućnosti spomenutog modula za linijske i površinske kartografske objekte: izohipse, vode i šumski pokrov austrijske topografske karte pri prijelazu iz 1: 50 000 (ÖK 50) u 1: 200 000 (ÖK 200).

Za taj je zadatak stajala na raspolaganju geometrija kartografskih originala ÖK 50: orohidrografije i površina šumskog pokrova, koje su dobivene nakon rastersko-vektorskog prevođenja softverskim modulima INTERGRAPH I/VEC i I/GEOVEC. Prije početka generaliziranja bilo je potrebno vektorsku geometriju dobro “počistiti” i prirediti za dalju obradu.

Pri analizi rezultata rada poslužila je tiskana karta u konačnom mjerilu ÖK 200 list 47/13. Izbor koraka i parametri prolagođeni su za taj isječak.

4.3. Generalizacija orohidrografskih linija

U orohidrografske linije ubrajaju se linije prikaza voda i slojnice. Mjerilom uvjetovana linijska signatura vrlo brzo u svojoj širini premašuje i nekoliko puta tlocrtni prikaz, zahtijevajući ispuštanje linija, njihovo pojednostavljenje i glačanje. Mrežom vodotoka podijeljen je reljef u regije sa zajedničkim karakteristikama, koje ovise o geografskom položaju. Prioritet pri radu daje se vodotocima. Generalizirani vodotoci izazivaju lateralne pomake izohipsi. U generaliziranom prikazu kardinalne točke – presjecišta orohidrografskih linija – moraju zadržati svoj topografski položaj (vodotoci teku u najnižoj točki doline, ne po zidu doline, ne uzbrdo i sl.). Izohipse definirane novom ekvidistancijom nakon obrade formiraju zajednički novu plohu u kojoj moraju biti sadržane izvorne karakteristike reljefa. Pojedinačna izohipsa ne predstavlja ništa!

U spomenutom diplomskom radu ispitani su algoritmi prevođenja površine u liniju, eliminacije, pojednostavljenja, glačanja i “tree leveling”.

Prilikom prevođenja površine u liniju pretvaraju se površine u centralnu liniju (Schoppmeyer i dr. 1995). Pri tome se susjedne linije moraju privesti novonastaloj liniji.

Pri eliminaciji ispuštaju se unaprijed definirane veličine za duljine linija ili površine, koje se zadaju parametrima.

Prilikom pojednostavljenja ispuštaju se nebitne točke linije (poligona). Spojnice točaka su odsječci pravaca. Kod ponuđenih se algoritama radi o: uspoređivanju visine iz jedne točke na tetivu – spojnicu određenih točaka linije (Douglas i dr. 1973, Lang 1969), polaganju tangenata iz točke na kružnicu, koja je u sljedećoj točki poligona, i određivanju azimuta, zadržavanju svake n-te točke ili ispitivanju linije unutar koridora određenog paralelnim linijama kroz dvije točke. Unaprijed zadani parametri tolerancija daju odluku o ispuštanju ili zadržavanju točke, tj. o izgledu linije.

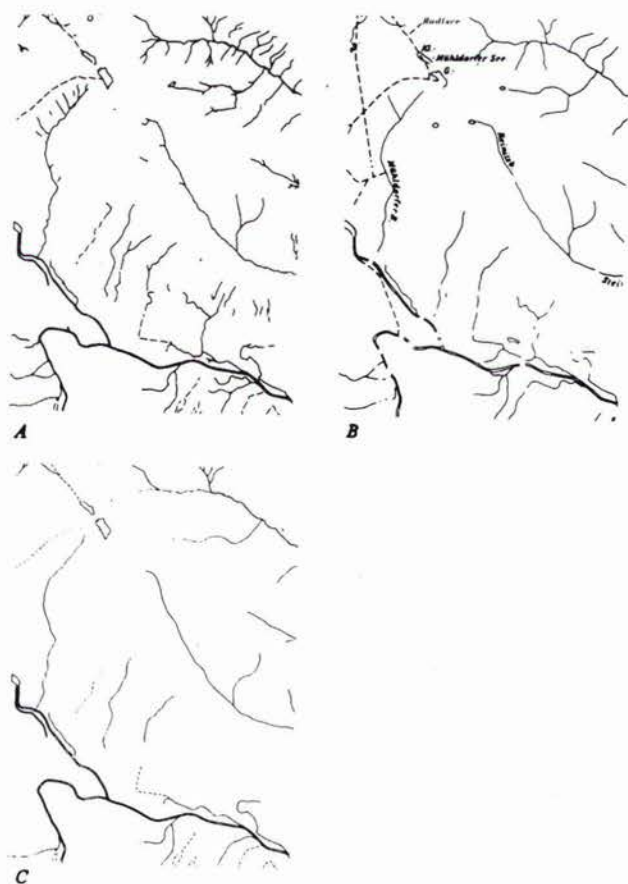
Kod algoritama za glačanje dobivaju se koordinate novih točaka iz zadanih susjednih, čiji se broj ispred i iza promatrane točke zadaje parametrima. Kroz nove ključne točke postavlja se nova izračunana izglačana krivulja.

Algoritam “tree leveling” gradi hijerarhijsku mrežu u kojoj se linije eliminiraju preko hijerarhijskih razina, zadržavajući i kraće spojnice od zadanih minimalnih duljina, ako se one nalaze u razini niže hijerarhije.

Da bi se primjenom algoritama i njihovih parametara dobilo zadovoljavajuće rješenje, potrebno je pri vektoriziranju ili nakon njega tu linijsku mrežu vodotoka, koja se sastoji od tlocrtno vjernog prikaza vodotoka, odnosno tlocrtno sličnog prikaza crtkanom ili punom linijom jednostrukog ili paralelnog slijeda, te koja topografski posjeduje hijerarhiju, pripremiti za određeni algoritam generalizacije.

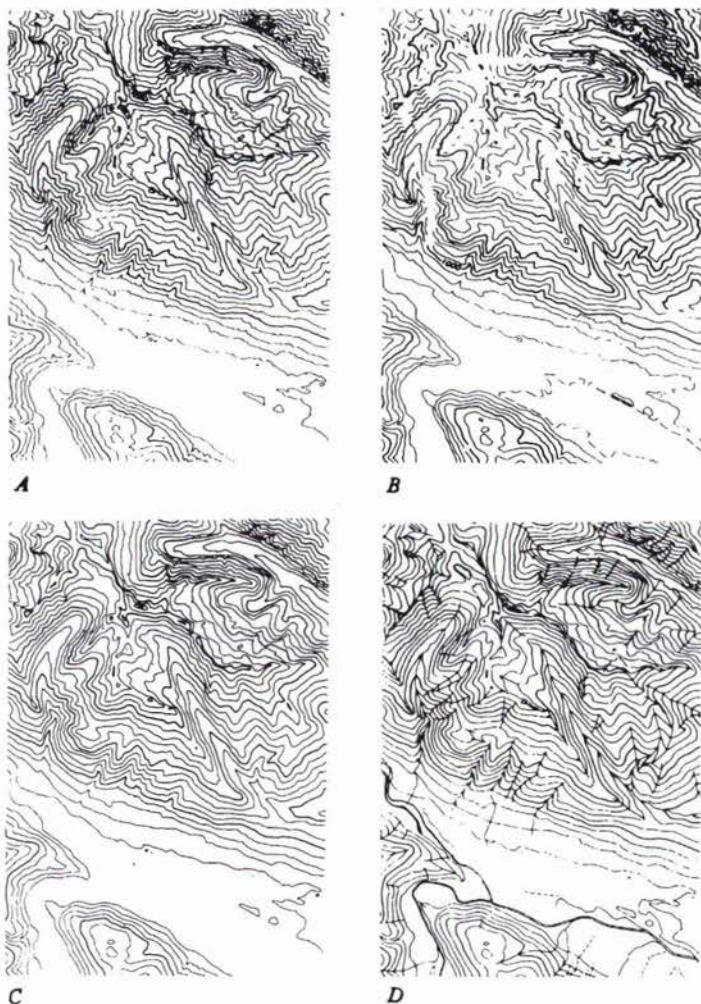
Pri većim formatima to zahtijeva mnogo vremena. Primjerice ako su čvorne točke mreže ujedno i fiksne (splitt point), treba primijeniti metodu pojednostavljenja, tj. glača-

nja. Ako točke nisu fiksne, preporučljivo je uzeti metodu izostavljanja određenih dužina linijskih elemenata. Često je potrebno te metode kombinirati kako bi se zadržale geomorfološke karakteristike u izvedenom modelu (slika 10). To je kartograf u svome manualnom radu uvijek imao u vidu, prateći sintaktički i semantički najbližu okolinu obrađivanog vodotoka, a vrlo često i cijelog lista.



Slika 10. Generalizacija mreže vodotoka; a) izvorno mjerilo ÖK 50 (isječak smanjen u mjerilo 1:200 000); izvedeno mjerilo ÖK 200: b) isječak dobiven konvencionalnim putem, c) isječak dobiven modulom MGMG (Smoothing, Simple Average, LA=20, DT=10).

Reljef ÖK 50 prikazan je izohipsama ekvidistancije 20 m. ÖK 200 zahtijeva ekvidistanciju od 100 m. Ispuštanje pojedinih linija, koje su prije toga atribuirane, ne čini poteškoće. Modul MGMG ne obrađuje plohu prikazanu skupom izohipsa, već obrađuje svaku liniju posebno gore spomenutim algoritmima pojednostavljenja/glačanja, što je za generalizaciju prikaza reljefa vrlo loše. Sažimanje zatvorenih linija koje prikazuju male reljefne oblike nije moguće. Za zadržavanje geomorfološke sličnosti modela sa stvarnim reljefom preporučljivo je presjeći vodotoke i izohipse i tako odrediti geometrijski fiksne točke (slika 11).



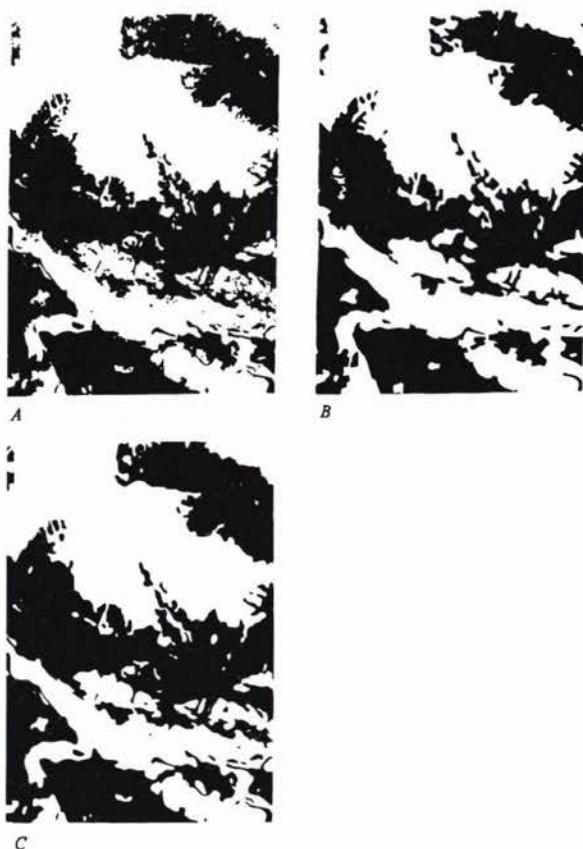
Slika 11. Generalizacija prikaza reljefa izohipsama; a) izvorno mjerilo $\text{ÖK } 50$ (isječak smanjen u mjerilo $1:200\ 000$); izvedeno mjerilo $\text{ÖK } 200$:
 b) isječak dobiven konvencionalnim putem, c) isječak dobiven modulom MGMG (Smoothing, Simple Average, $LA=8$, $DT=15$), d) izohipse presječene vodotocima i konstruiranim padnim linijama reljefa (Smoothing, Simple Average, $LA=20$, $DT=10$).

Potpuno je suvišno napomenuti koliki je utjecaj imalo razumijevanje reljefnih oblika i iskustvo koje je pri konvencionalnom radu kartograf unosio modelirajući plohu reljefa skupom izohipsa, tj. ne radeći isključivo geometrijski.

4.4. Generalizacija površina šumskog pokrova

Za generalizaciju površina šumskog pokrova korišteni su algoritmi izostavljanja, sažimanja te, što se tiče same rubne linije čišćenja od nebitnih i kratkih stranica poligona, očuvanje oblika ispuštanjem pojedinih točaka linije i samo glačanje. Algoritmom

izostavljanja eliminiraju se površine ispod zadane veličine, dok se algoritmom sažimanja na temelju zadane tolerancije povezuju površine. Posljednja se dva koriste u kombinaciji, gdje rezultat ovisi o redosljedu njihova izbora i o veličini površina. Male površine bit će uz iste parametre vrlo malo promijenjene. Veće podliježu znatnim promjenama geometrije. Preporuča se iterativni postupak, pri čemu izbor i vrijednost parametara treba podesiti strukturi površina. Nehomogenosti obrade mogu se ublažiti ako se prvo izvrši ispuštanje, pa tek onda sažimanje (slika 12).



Slika 12. Generalizacija površina šumskog pokrova a) izvorno mjerilo ÖK 50 (isječak smanjen u mjerilo 1:200 000); izvedeno mjerilo ÖK 200; b) isječak dobiven konvencionalnim putem i c) isječak dobiven modulom MGMG (Elimination, $A < 10.00 \text{ m}^2$; Aggregation, $TT=50\text{m}$, $ZT=100\text{m}$, $MHS=10.00 \text{ m}^2$; Smoothing-Weighted Average, $LA=3$, $W=1$, $IDF=50$).

Pri manualnoj generalizaciji kartograf je prateći topografiju, tj. orohidrografsku sliku izabranog isječka takoreći na prvi pogled mogao vidjeti koje će površine izostaviti, a koje povezati i povećati, kako bi i tu bila zadržana tipična struktura rasprostranjenosti šumskoga pokrova.

Slike 10, 11 i 12 uzete su, uz djelomičnu obradu podešenu za ovaj članak, iz Kasyk (1997).

5. ZAKLJUČAK

Usporedno s razvojem digitalne tehnologije i njezine primjene u prikupljanju, obradi i vizualizaciji prostornih, georeferenciranih informacija, traže se mogućnosti automatiziranog prevođenja primarnog i sekundarnog kartografskog modela prostora u slijedne tercijarne modele. U idealnom slučaju bi se posezalo za bazom prostornih podataka multifunkcionalnog (Lechthaler i dr. 1994) karaktera, te u procesu kartografskog modeliranja konstruirali modeli proizvoljnih isječaka, definiranih mjerilom smanjenja i njemu ovisnim grafičkim izrazom.

Euforija neograničenih mogućnosti GIS-a upravo je tu zastala. Uvodi se pojam KIS-a, gdje moduli sustava potpomažu proces kartografskog modeliranja, naime kartografsku generalizaciju i kartografsku vizualizaciju usko vezanu na mjerilo modela. U članku je dan osvrt na rezultate obrade "automatizirane" kartografske generalizacije modulom MGMG tvrtke INTERGRAF. Ispitani su ponuđeni algoritmi uz razne ulazne parametre te, poznavajući geomorfološke datosti prostora, dobiveni donekle zadovoljavajući rezultati. Modul se pokazao kao dobro pomagalo pri djelomice automatiziranoj i interaktivnoj generalizaciji krupnijih mjerila i ne prevelikih skokova. Osvrt na utrošeno vrijeme pri provedenoj analizi pokazuje da se konstrukcija geometrije provodi veoma brzo (nekoliko sekundi!). Priprema izvorne skanirane geometrije, traženje i odluka o izboru parametara koji ovise o prostornim datostima, odluka o redosljedu primjene algoritama te interaktivno čišćenje konflikata određuje dužinu cjelokupne obrade. Vrijeme se može donekle umanjiti učestalom obradom i iskustvom, koje kartograf prilaže tijekom svog rada. Cijeli je proces još vrlo daleko od potpuno automatizirane kartografske generalizacije, što je dandanas nedvojbeno činjenica za sve one koji su upoznati s kompleksnošću te problematike.

Budućnost će pokazati hoće li objektu orijentirane metode, dinamički atributi, interaktivna topologija, nove arhitekture banaka podataka i njihovi upravljački mehanizmi te umjetna inteligencija ugrađena u IS moći algoritmima opisati intelektualni i kreativni rad kartografa u procesu izrade kartografskih originala niza mjerila. Poznavajući teškoće tog, za sada nemogućeg zadatka kartografskog modeliranja, kompromis se nazire u eventualnoj promjeni grafičkog izraza pri kartografskoj vizualizaciji prostora.

LITERATURA

- Campbell, J. (1991): Map use and analysis. WM. C. Brown publishers.
- Christ, F. (1994): Kartographische Systeme für Umweltinstitutionen. Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, 43 Deutscher Kartographentag, Trier, 22-69.
- Ditz, R. (1997): An interactive cartographic information system of Austria – Conceptual design and requirements for visualization on screen. Proceedings 18th ICA/ACI International Cartographic Conference ICC'97, Stockholm, Vol.1, 579-586.
- Douglas, D. H., Peucker, T. K. (1973): Algorithmus for the reduction of the number of points required to represent a digitized linear or its caricature. The Canadian Cartographer, 10(2), 112-122.
- Heidemann, F. (1996): Wissenserverwerb und Wissensveränderung durch hypermediale Kartensysteme in Schule und Hochschule. Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien, Beiträge zum Kartographiekongress, Interlaken/CH, 133-155.
- Kasyk, S. (1997): Digitale Generalisierung versus konventionelle Generalisierung. Diplomski rad, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität Wien.

- Kelnhofer, F. (1996): Geographische und/oder Kartographische Informationssysteme. Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien, Beiträge zum Kartographiekongress, Interlaken/CH, 9-27.
- Lechthaler, M. (1996): Raumbezogene Informationen am Wege der kartographischen Visualisierung. Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien, Beiträge zum Kartographiekongress, Interlaken/CH, 297-307.
- Lechthaler, M., Pammer, A. (1994): Multifunctional Geometry Database for Cartographic Application? U zborniku radova: EUROCATO XII Copenhagen 1994.
- Lang, T. (1969): Rules for robot draughtsmen. Geographic magazine, 42(1), 50-51.
- Morisson, J. L. (1995): Spatial data quality. Elements of spatial data quality. Ed.: S. C. Gupta i J. L. Morrison, ICA publikacija, Pergamon, 1-13.
- Ormeling, F. J. (1994): Neue Formen, Konzepte und Strukturen von Nationalatlanten. Kartographische Nachrichten, 6, 219-226.
- Schoppmeyer J., Heisser, M. (1995): Behandlung von Geometriotypwechsel. Nachrichten aus dem Karten und Vermessungswesen, I/113, 245-256.
- Sieber, R., Bär, H. R. (1996): Das Projekt "Interaktiver multimedia Atlas der Schweiz". Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien, Beiträge zum Kartographiekongress, Interlaken/CH, 211-227.
- Spieß, E. (1990): Siedlungsgeneralisierung. Kartographisches Generalisieren, Kartographische Publikationsreihe 10, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 49-57.
- Spieß, E. (1990a): Generalisierung in thematischen Karten. Kartographisches Generalisieren, Kartographische Publikationsreihe 10, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 63-71.
- Zelles, R. (1995): INTERGRAPH-Lösungen für digitale kartographische Generalisierung. Nachrichten aus dem Karten und Vermessungswesen, I/113, 209-225.

CARTOGRAPHIC MODELLING YESTERDAY AND TODAY WITH REFLECTION ON AUTOMATED CARTOGRAPHIC GENERALIZATION

SUMMARY: Perception of the structures, phenomena, static and dynamic processes of our geospace without cartographic models is hardly imaginable. Unique width of communication is offered by interactive cartographic systems. The basis of those systems are scale-bound and graphically defined cartographic models. The construction of single models cannot be avoided at the present. Access to multifunctional geo space data basis (object geometry and their attributes) cannot substitute data acquisition, because Cartographic Information Systems are not provided with modules to automatically establish cartographic generalization.

The article refers to the responsible and very complex cartographic space modelling. The results of semi automated cartographic generalization by means of MAP GENERALIZER – INTERGRAPH are shown.

Primljeno: 1997-09-10