

Acta Geographica Croatica	Volumen 37 (2005.–2009.)	103–118	Zagreb, 2010.
---------------------------	--------------------------	---------	---------------

UDK 528.235:51
528.94(262.3)
912.43(262.3)

Prethodno priopćenje
Preliminary communication

NEKI MATEMATIČKI MODELI U KARTOGRAFSKOJ GENERALIZACIJI

ZLATIMIR BIČANIĆ, RADOVAN SOLARIĆ I TONKO BAKOVIĆ

Izvadak:

Teškoće u provedbi postupaka kartografske generalizacije podataka su i danas aktualne zbog različitih načina u pristupu njihovog rješavanja. Podijeljena su stajališta o dostatnosti subjektivnog elementa ili uvođenja automatizacije kao općeg modela. Uporabom najpoznatijeg matematičkog modela, prema F. Töpferu, ustanovljena su vrlo mala odstupanja u usporedbi s provedbom generalizacije klasičnim načinom. Stoga, zauzet je stav o opravdanosti prihvaćanja matematičkih modela za obavljanje složenih procesa generalizacije u području pomorske kartografije te istaknuta nakana daljnjih znanstvenih istraživanja temeljem praktične primjene.

Ključne riječi:

kartografska generalizacija, matematička kartografija, pomorska kartografija

SOME MATHEMATICAL MODELS IN CARTOGRAPHIC GENERALIZATION

Abstract:

Difficulties encountered in the process of cartographic data generalization are actual because of different approaches used. Standpoints about the sufficiency of subjective element, or introduction of automatization as a general model vary greatly. Exploring the best known mathematical model, according to F. Töpfer, very few deviations regarding the classical generalization processes have been stated. Therefore it was considered justified to accept mathematical models for sophisticated generalization processes in the field of marine cartography and to point out the intention of further scientific research by means of practical applications.

Key words:

cartographic generalization, mathematical cartography, marine cartography

UVOD

Cjelinu kartografskog prikaza nekog područja prikazuje sadržaj s brojnim detaljima. U uobičajenom korištenju karte, detalji se ne zapažaju, osim u iznimnim situacijama kad to zahtjeva potreba. Stoga se u procesu sastavljanja sadržaja karte, odnosno u postupku kartografske generalizacije, neki detalji potiskuju. Svrha je dobiti što više tematski neophodnih podataka i izbjeći zabune zbog njihovog prevelikog broja. Koje podatke valja isključiti, a kojima pristupiti s umjerenim zanimanjem ili ih pak naglasiti, ovisi o pristupu kartografskoj generalizaciji i opredjeljenosti za pojedina opća/*specijalistička* načela. Pojedini kartografi u ovim postupcima dozvoljavaju *individualni* učinak, ili mu čak daju prednost, dakle, na neki način podržavaju osobnost, dok se drugi zalažu za više/manje shematizirani pristup. Autori ovog članka skloniji su stavovima potonjih.

Dakle, kartografska je generalizacija skup procesa kojima se mijenja sadržaj kartografskih izvornika u sadržaj izvedenog kartografskog prikaza, na način da se, uz potrebitu čitljivost, međusobno podudara u opažajno, ali i sa stvarnošću. Mjerilo i namjena karte, geografska razvedenost, simbolizacija i drugi čimbenici određuju postupke i načine pomoću kojih se izvodi kartografska generalizacija. Između autora postoje razlike u razdiobi i izboru redosljeda postupaka, ali se redovito koriste ovi: uopćavanje, pojednostavljenje, smanjivanje, zamjenjivanje, ograničenje, objedinjavanje, izbor, tipiziranje, naglašavanje, pomicanje, sažimanje, isticanje, isključivanje, potiskivanje, zamjena itd. (SOLARIĆ, 1997.).

Prema nekim autorima, najveći utjecaj na generalizaciju sadržaja ima mjerilo karte (TJABIN, 1949., HEISLER, 1970. i drugi)

Međutim, s pozicije matematičke kartografije, utjecaj mjerila ne može se točno odrediti. Općenito, utjecaj mjerila određuje se definicijom mjerila i njegovim matematičkim preciziranjem. Drugi pak najznačajnijim drže temu (namjenu) karte itd.

Potreba uvođenja automatske obrade kartografskih izvornika je višestruka. Trebala bi vremenski skratiti proces izrade navigacijske/geografske karte pa bi karte postale jeftinije i dostupnije, a istovremeno bi se znatno povećao stupanj sigurnosti plovidbe (korištenje novih izdanja, sa suvremenim prikazom kartografskih podataka). Sljedeća prednost je u tomu što bi se skratilo vrijeme potrebito za dovođenje u ispravno stanje (*ažuriranje*) karata i time pojednostavila njihova uporaba. Objektivnost i kvaliteta kartografskog prikaza više ne bi ovisila isključivo o znanju, iskustvu i savjesnosti pojedinca, već bi se sve mjere koje se provode u kartografskoj generalizaciji ujednačeno provodile za svaki pojedini list od kojih se karta ili serija karata sastoji.

Proizvodnja i uvođenje u operativnost računalne opreme i oduševljenje koje je ona izazvala šezdesetih godina 20. stoljeća, nije mimoišla ni kartografiju. Na žalost, iz tog su doba ostala samo optimistična predviđanja glede svladavanja teškoća u procesu automatske izrade karata, odnosno automatiziranja postupaka kartografske generalizacije. Nakon prvotne euforije, ustanovilo se da je problem puno složeniji već što je izgledalo u početku (NEUMANN, 1986.). Danas međutim, veliki proizvođači *softvera* u svoje proizvode već ugrađuju prva predmetna (*konkretna*) rješenja (LEE, 1995.).

Sušтина problema je u nemogućnosti određenja (*definiranja*) matematičkog modela kartografske generalizacije. Kartografska generalizacija pripada iskustvenim

znanostima, pa osim poznavanja geodezije, kartografije, geografije, geomorfologije i postavljenog zadatka (teme i namjene), u praktičnom djelovanju valja imati i stanovi- to iskustvo. Na današnjem stupnju razvoja kartografije, neodvojiv dio svakog kartograf- skog prikaza je kartografska generalizacija. Unatoč tomu, provođenju ovog procesa na znanstvenoj razini pristupilo se tek u novije vrijeme. Brojni kartografi (DEETZ, 1943., TJABIN, 1949., PAVIŠIĆ, 1963., TÖPFER, 1962., 1974., HEISLER, 1970., HAJEK, 1971., STEWARD, 1974., SALIŠČEV, 1976., LOVRIĆ, 1976., 1980., FRANČULA i dr., 1981., HEUPEL, 1982., KNÖPFLI, 1982., BUTTENFIELD., MCMA- STER, 1991., LEE, 1995. i drugi) proučavali su probleme kartografske generalizacije i nastojali uočiti, otkriti i odrediti njezine za- konitosti. Rezultate istraživanja predstavili su u brojnim znanstvenim i stručnim radovima (knjigama i člancima), koji sadrže brojne primjere i načelne upute, a zaključci se svode na potrebu temeljitog razmatranja svakog problema odvojeno i pri tomu se valja strogo čuvati mogućnosti njegovog ukalupljenog (*šablonskog*) rješavanja. Egzaktnih pravila još nema.

Nemogućnost rješavanja problema kar- tografske generalizacije na željeni način, polazeći od dosadašnjih iskustvenih spo- znaja, potaklo je kartografe u istraživanju nepredajnih (*netradicionalnih*) pristupa kartografiji. Takove pristupe omogućio je i razvoj drugih znanstvenih grana i disciplina, na primjer, kibernetike, računalne tehnike, teorije informacija i osobito matematike. Do danas se nisu postavila egzaktna i sveobu- hvatna pravila, temeljem kojih bi se moglo izgraditi matematički model kartografske generalizacije. Postoje tek uopćena teoretska stajališta, koja se u izradi karata praktič- no još ne mogu primjenjivati, ali su neka

pojedinačna predmetna rješenja već vrlo uspješna (WANG, MÜLLER, 1993.).

Budući da se količina informacija na izvedenoj karti smanjuje razmjerno njezi- nom geometrijskom smanjivanju, nastalu manjkavost može se ublažiti korištenjem odgovarajućeg načina i izvedbenog stup- nja kartografske generalizacije. Primjenu tog načela predstavio je A. Penck (TÖPFER, PILLENIZER, 1966.) još krajem 19. stoljeća. Uspoređivao je duljinu istarske obalne crte na kartama različitog mjerila i ustanovio da duljinu obalne crte i mjerila u kojemu je karta, povezuje kvadratna funkcija.

Istraživanja se dalje nastavljaju s vjerom u uspješno rješenje ovog velikog problema (uvođenje elemenata automatizacije i ra- čunalne obrade) ili pak pronalaženje nepo- bitnih, egzaktnih dokaza kako nije moguće stvoriti program koji bi mogao uspješno zamijeniti dosadašnji način rada.

MOGUĆA MATEMATIČKA RJEŠENJA PROBLEMA KARTO- GRAFSKE GENERALIZACIJE PREMA F. TÖPFERU

U području znanstvenog djelovanja na rješavanju temeljnih teškoća koje se javljaju u postupcima i ukupnom procesu provode- nja kartografske generalizacije, svakako je najistaknutiji i rezultatski je vjerojatno naj- dalje došao kartograf F. Töpfer. Rezultate višegodišnjih eksperimentalnih istraživanja (TÖPFER, 1962., 1963., 1968.) skupio je u svojem najznačajnijem djelu o kartografskoj generalizaciji *Kartographische Generalisie- rung* (1974.). Töpfer zaključuje da je načelo izbora primarni i najvažniji postupak za provođenje praktične generalizacije. U skla- du s tim, navodi i redosljed u pristupanju (*metoda*) postupku generalizacije:

- izbor,
- pojednostavnjenje oblika,

- preoblikovanje kvaliteta i
- potiskivanje.

Opće je načelo kartografske generalizacije za pojedine dijelove terena prikazati karakteristične i najvažnije detalje iz cjelokupnosti sadržaja koji obilježavaju cijelu površinu. Dva su temeljna pitanja pri izboru načina u pristupu:

- koliko objekata valja izabrati (kvantitativni izbor) i
- koji su reprezentativni objekti, odnosno, koje objekte valja izabrati (kvalitativni izbor).

Ovo su ključna pitanja i za uporabnu vrijednost karte. Neodgovarajući kvalitativni i kvantitativni izbor rezultira nedostatno dobrim kartografskim prikazom. Njegova je *interpretacija* izobličena slika geografske realnosti.

O načinu prikaza geografskih objekata (prirodnih i umjetnih) ovisi i konačni izgled karte. Lošim izborom ili nedotjeranošću kartografskih znakova kvari se konačni izgled i smanjuje uporabna vrijednost čak i dobro organizirane karte.

Töpfer (1974.) daje upute za kvantitativni i donekle za kvalitativni izbor te za određivanje veličina kartografskih znakova. Broj elemenata na izvedenoj karti, ako se znade broj elemenata na izvornoj, može se izračunati prema Töpferovom zakonu korijena:

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (1)$$

gdje je

n - broj objekata na površini karte,

M - nazivnik mjerila karte,

indeks F označuje izvedenu, a indeks A izvornu kartu.

Zakon korijena Töpfer je proširio uvođenjem koeficijentata kojima se uzima u obzir važnost elementa (podatka; C_B) i vrijednost elementa (podatka; C_Z) glede veličine znaka

u kartografskim ključevima, odnosno površine koju pojedini znak pokriva. Proširena koeficijentima C_B i C_Z formula (1) glasi:

$$n_F = n_A C_B C_Z \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (2)$$

Glede važnosti elemenata, koeficijent C_B može imati vrijednosti:

$$C_{B1} = 1 \quad (\text{osrednje značenje objekta}),$$

$$C_{B2} = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (\text{osobito značenje objekta}) \text{ i}$$

$$C_{B3} = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (\text{smanjeno značenje objekta}).$$

Konstanta C_Z (vrijednost elementa) može imati vrijednosti:

$$C_{Z1} = 1$$

pri uporabi znakova koje se prilagodilo, temeljem zakona korijena, za izvedenu kartu iz izvorne, ali koji bitno ne mijenjaju svoju konfiguraciju,

$$C_{Z2} = \frac{S_A}{S_F} \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}$$

za linearne objekte (ceste, rijeke) kod kojih je za generalizaciju bitna širina elementa (S) i

$$C_{Z3} = \frac{f_A}{f_F} \sqrt{\left(\frac{M_A}{M_F}\right)^2}$$

za površinske objekte (jezera, naselja) kod kojih je bitna površina (f).

Temeljem formule (2) i određivanjem koeficijentata C_B i C_Z , može se izračunati broj elemenata na izvedenoj karti.

Na primjer, pri određivanju gustoće oznaka za dubinu morske vode (osobito važnih na pomorskim kartama), broj oznaka na određenoj površini karte predstavlja kvantitativni izbor. Formula (2) (određuje brojčani odnos podataka na izvedenoj karti glede izvornika) može se primijeniti u uvjetima u

kojima su elementi ravnomjerno raspoređeni na površini koja je predmet prikaza na karti. Dubine na nerazvedenom reljefu morskog dna ravnomjerno su raspoređene. Sve dubine koje označuju takovo područje imaju istu važnost. Izvedena karta ima iste karakteristike kao i izvorna, a znaci koji se koriste za dubine (znamenke), na izvedenoj su karti isti kao i na izvornoj. U skladu s tim je:

$$C_{B1} = 1$$

Koeficijent C_{Z3} određuje se:

$$C_{Z3} = \frac{f_A}{f_F} \frac{M_A}{M_F}$$

gdje je f površina koju zauzima znak. Znaci za dubine na svim pomorskim navigacijskim kartama su isti, pa je

$$\frac{f_A}{f_F} = 1$$

a koeficijent

$$C_{Z3} = \frac{M_A}{M_F}$$

Kad se na ovaj način određeni koeficijenti C_B i C_Z uvrste u formulu (2), dobije se krajnja formula za računanje broja oznaka dubina na izvedenoj karti:

$$n_F = n_A \sqrt[3]{\frac{M_A}{M_F}} \quad (3)$$

Primjena Töpferovih formula i koeficijentata može biti vrlo korisna pri izradi novih izvedenih karata, jer je unaprijed moguće odrediti broj znakova na određenoj površini. Jedino manjka *egzaktni* kvalitativni izbor, za

čije je dobro rješenje potrebno kartografsko iskustvo, geografsko znanje te poznavanje određene tematike i korištenja karte. Osim opterećenja karte brojem podataka, Töpfer (1974.) nudi formule i za druga opterećenja na karti: grafičko, opterećenje crnom bojom, radno opterećenje itd.

Ispitivanje gustoće oznaka za dubine prema jednadžbi (3) provelo se na izvedenoj karti broj INT 3410, *RIJEKA - VENEZIA*, u mjerilu 1 : 250 000 (HRVATSKI HIDROGRAFSKI INSTITUT, 1987., slika 1) i izvedenoj karti broj 300 - 31, *VENEZIA - ZADAR*, u mjerilu 1:300 000 (HHI, 1996., slika 2).

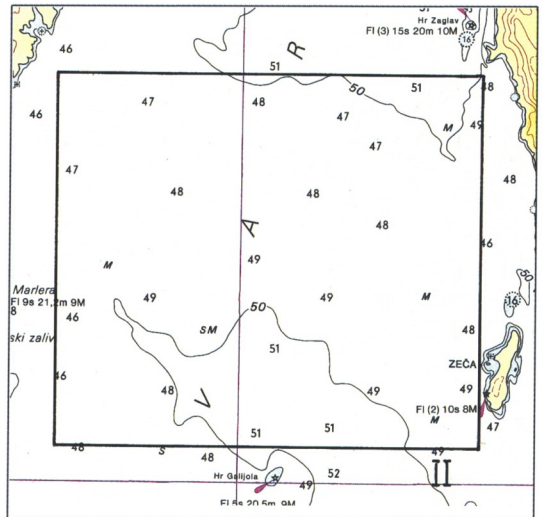
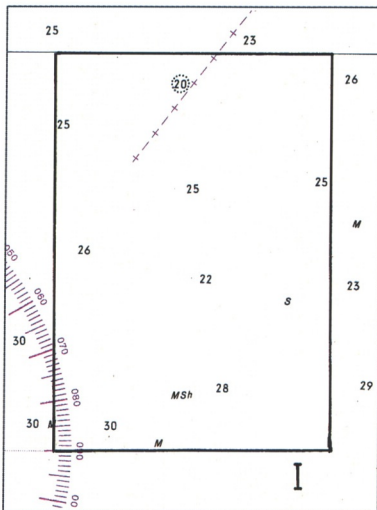
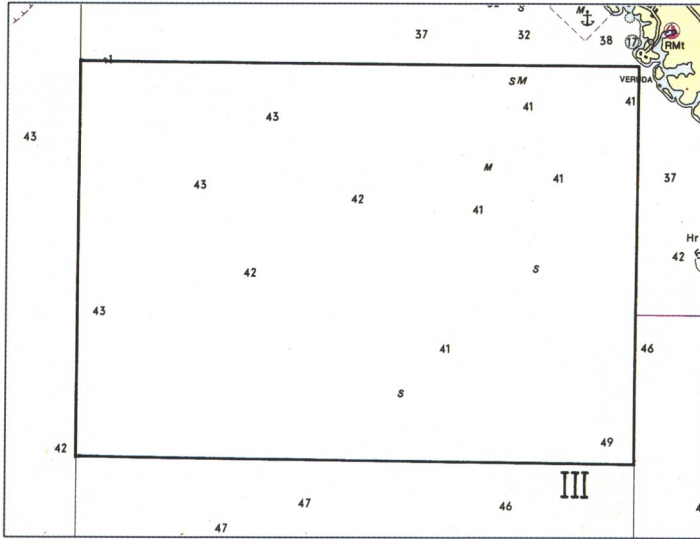
Ove dvije karte izvedene su iz izvornih karata broj 100 - 15 (*GRADO - ROVINJ*, HHI, 1970.) i 100 - 16 (*PULA - KVARNER*, HHI, 1973.), obje u mjerilu 1:100 000 (sl. 3, 4 i 5).

U primjeru za tumačenje, izabralo se morsko dno s nerazvedenom konfiguracijom, jer su takova dna najpogodnija za provođenje preporuka u primjeni izvedenih jednadžbi.

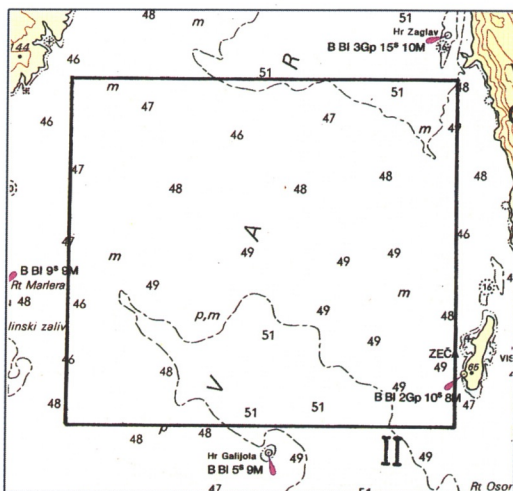
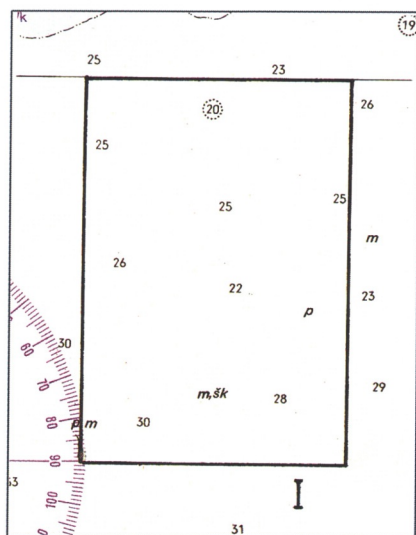
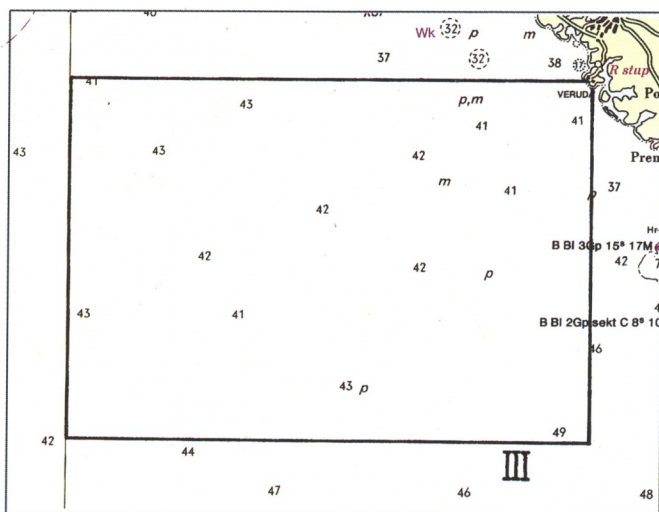
U tablici 1 prikazuju se brojčani podaci o gustoći dubina. Dobilo ih se brojanjem na izvornim kartama (mjerilo 1:100 000; sl. 3, 4 i 5), te izvedenim kartama u mjerilu 1:250 000 i 1:300 000 (sl. 1 i 2). Također ih se i izračunalo prema jednadžbi (3) za izvedene karte. Usporedbom rezultata gustoće dubina koje se dobilo brojanjem i računanjem, vidi se da je zakon korijenja pogodan i prihvatljiv za praktično korištenje (tablica 1).

Tab. 1: Pregled rezultata o gustoći dubina
Tab. 1: Depth soundings density results

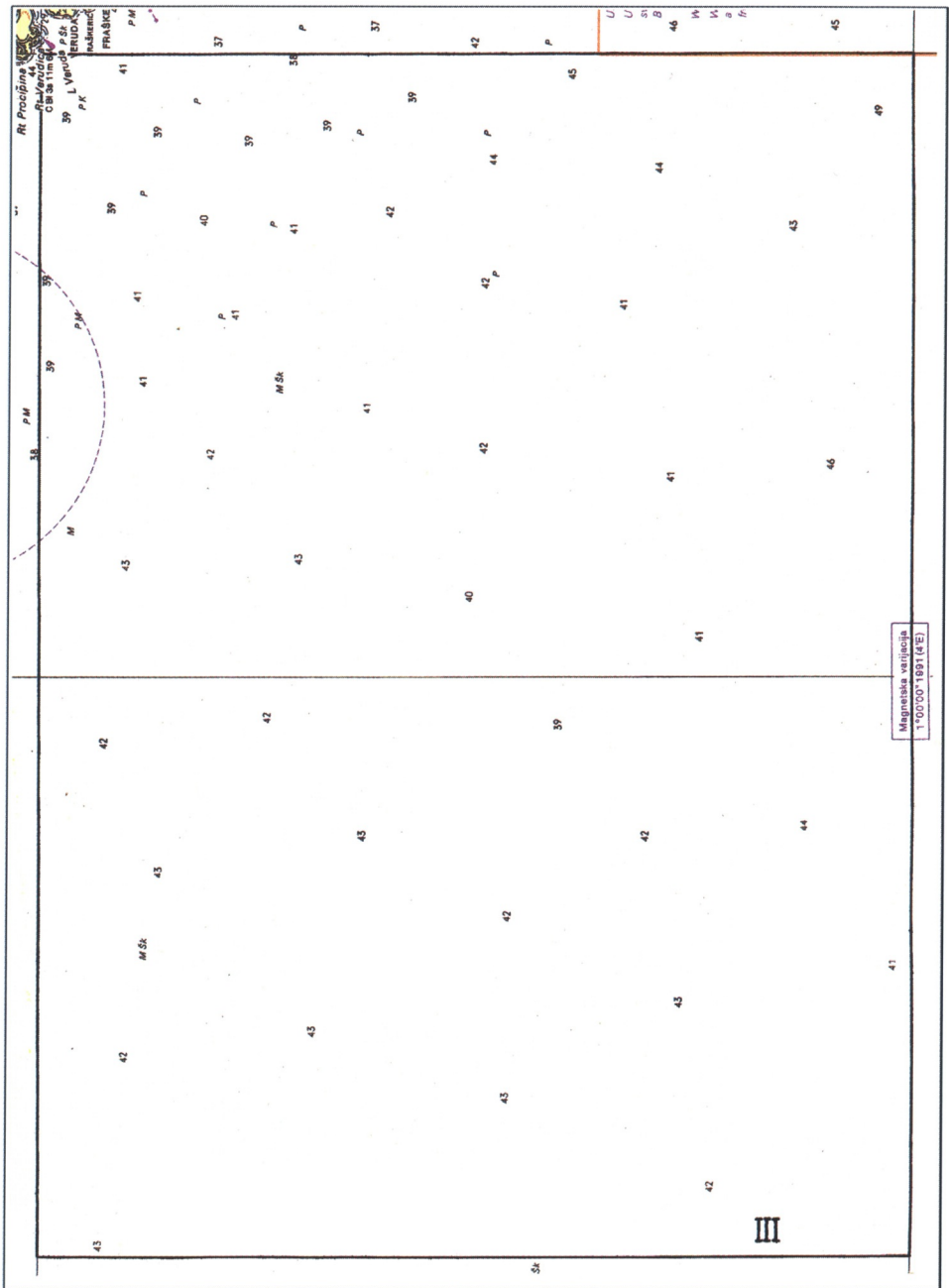
Akvatorij	Rezultati brojanjem			Rezultati računanjem	
	1:100000	1:2500001	1:300000	1:250000	1:300000
I	45	8	8	11	9
II	48	11	13	12	9
III	93	23	21	24	18



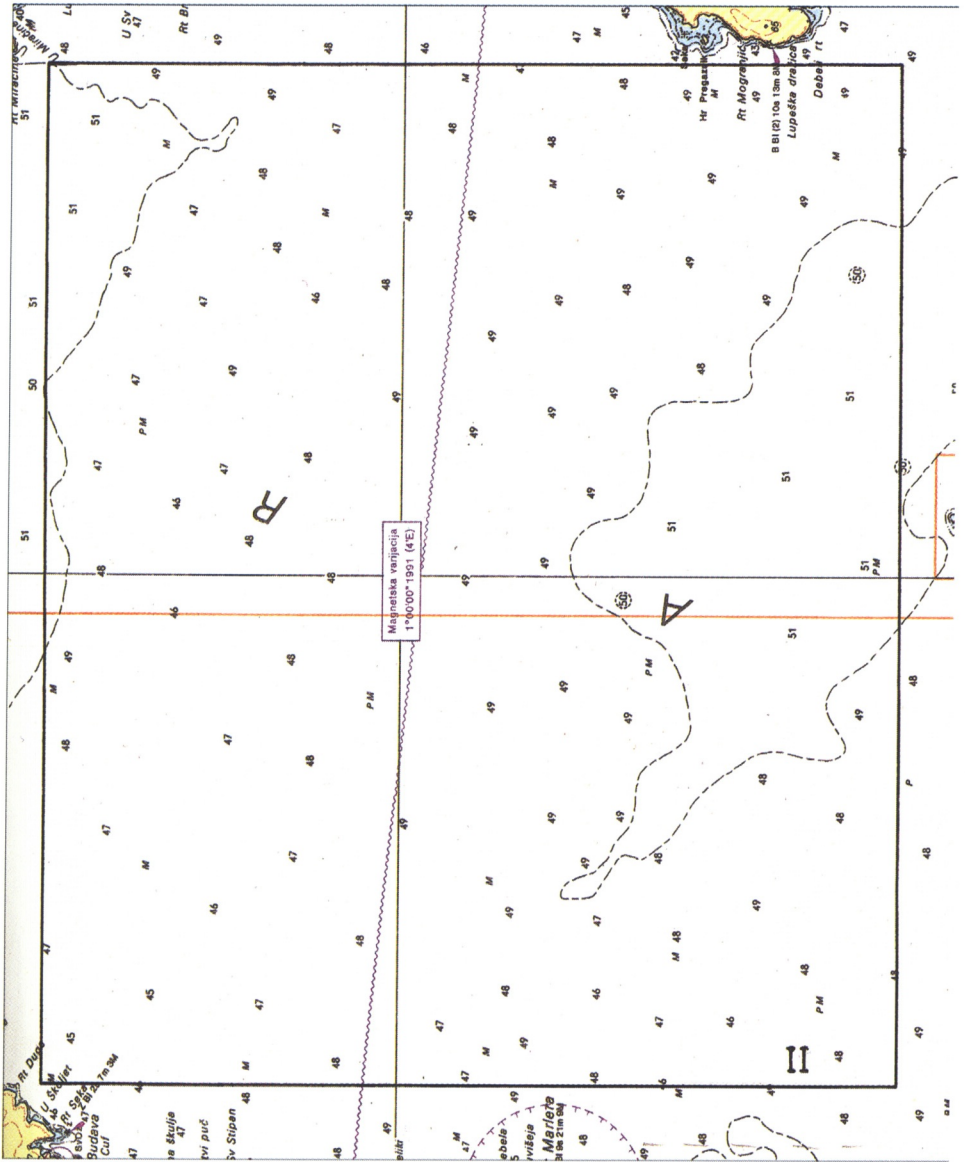
Sl. 1: Dijelovi karte INT 3410, RIJEKA-VENEZIA
 Fig. 1: The parts of the chart INT 3410, RIJEKA-VENEZIA



Sl. 2: Dijelovi karte 300-31, VENEZIA-ZADAR
 Fig. 2: The parts of the chart 300-31, VENEZIA-ZADAR



Sl. 4: Dio karte 100-16 PULA - KVARNER
 Fig. 4: The part of the chart 100-16 PULA - KVARNER



Sl. 5: Dio karte 100-16 PULA - KVARNER

Fig. 5: The part of the chart 100-16 PULA - KVARNER

Za egzaktnu kvantitativnu procjenu rezultata koje se dobilo temeljem formula F. Töpfera, valja odrediti koeficijent korelacije (η) između podataka koje se dobiva brojanjem dubina (x_i) i broja dubina koji se dobiva računanjem (y_i). Izabralo se šest pokusnih područja (I, II i II; slike 1 i 2).

Tab. 2: Pregled podataka dobivenih brojanjem i računanjem

Tab. 2: Survey of the data obtained by counting and calculations

Oznaka test polja	x_i	y_i
1 (I; sl. 1)	8	11
2 (I; sl. 2)	8	9
3 (II; sl. 1)	21	18
4 (II; sl. 2)	23	24
5 (III; sl. 1)	11	12
6 (III; sl. 2)	13	9

Koeficijent međuodnosa (*korelacije*) uzoraka definira se formulom

$$\eta = \frac{\delta_{xy}}{\delta_x \delta_y}$$

Aritmetičke sredine uzoraka su

$$\bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i = 14$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 y_i = 13,83$$

a varijance uzoraka

$$\delta_y^2 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (y_i - \bar{y})^2 = 29,805$$

$$\delta_x^2 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2 = 35,3$$

i kovarijanca uzoraka

$$\delta_{xy} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 29,5$$

pa je koeficijent korelacije uzoraka:

$$\eta = 0,909036$$

Vrijednost koeficijenta korelacije uzoraka pokazuje da među promatranim obilježjima stvarno postoji neka veza, odnosno korelacija, jer je vrijednost η gotovo maksimalna (≈ 1). Provedeni statistički test pouzdanosti ove procjene koeficijenta korelacije također pokazuje da postoji korelacija iako je broj uzoraka (brojanja i računanja) mali.

Postoje i druge slične metode (na primjer, prema Becku) za izračunavanje gustoće oznaka za dubine na izvedenim kartama (kvantitativno mjerilo). Sva do danas poznata kvantitativna mjerila imaju manje ili veće manjkavosti. Nije moguće naći izraz koji bi bio prilagodljiv za sva mjerila i za sve objekte (LOVRIĆ, 1988.).

Zbog svojih specifičnosti, označavanje dubina na tematskim kartama, nikako se ne može provesti u skladu s kvantitativnim mjerilima. Ipak, u takovom bi pokušaju valjalo mijenjati kvantitativna mjerila, odvojeno za svaku vrstu karata, odnosno tema koje karte sadrže.

NEKI MATEMATIČKI MODELI U KARTOGRAFSKOJ GENERALIZACIJI

G. W. Wolf (1984.) razrađuje jedan način (*Pfaltzova metoda*) koji omogućuje pojednostavnjenje topografskih oblika uklanjanjem nevažnih vrhova i udubina iz prikaza. Koristeći se Pfaltzovim pristupom u prikazu površine, tzv. *površinom posebnih točaka*, Wolf zauzima stajalište prema kojemu se na ovakav način ne mogu generalizirati sve površine.

Više je autora proučavalo primjenu teorije informacija na definiranje kartografije i generalizaciju sadržaja za karte (KNÖPFLI, 1982., SALIŠČEV, 1980., SUHOV, 1970. i drugi).

K. A. Sališček (1980.) drži da se proces kartografske generalizacije ne može automatizirati, i da teorija informacija nije pogodna i dostatna za elaboriranje kartografskih teorija. Sališček drži da se metodama automatske obrade ne može sagledati i analizirati jedna cjelina (zahvat karte) koja daje osnovu i određuje postupke generalizacije za tu cjelinu. Metode automatskog rješavanja odvojeno obrađuju dijelove te se na taj način gubi mjerilo cjeline. Tvrdi da *koncentriranje ili (što je još gore) ograničavanje kartografskih zadataka na elaboriranje i usavršavanje tehnike i tehnoloških procesa pripremanja karata, prenose težište kartografije u sferu tehničkih znanosti*. Kartografija se kao prirodna znanost oslanja na brojne druge znanosti i znanstvene discipline. Proučava brojne pojave koji pripadaju područjima drugih znanosti, ali u istraživanju i izražavanju primijenjuje svoje metode - kartografsko modeliranje (SALIŠČEV, 1980.).

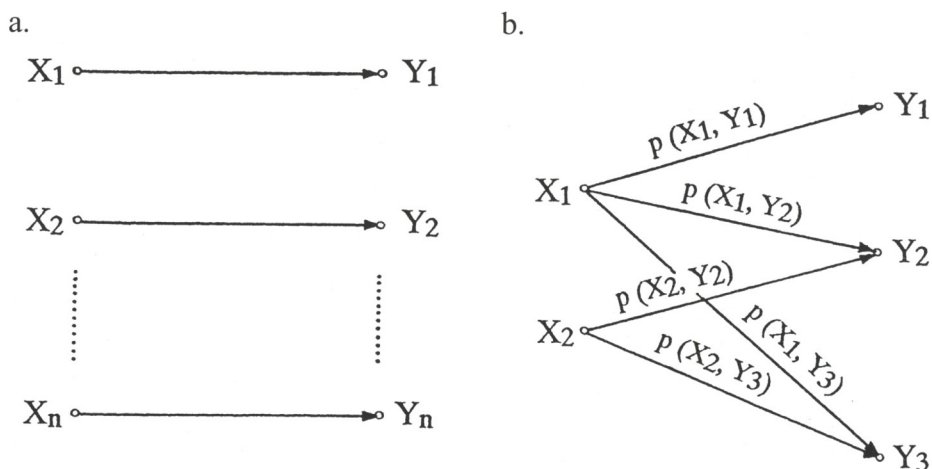
Pri izradi karata, autor (osoba) se koristi geometrijskom intuitivnošću koju računalo nema. Posredstvom matematičkih teorija u stanovitost se mjeri može oponašati ljudsko shvaćanje, a računalne programske sustave može se organizirati temeljem *formalnih* teorija. Formalnost računalnog sustava najočitija je u *relacijskoj* bazi podataka.

Postoje brojne teškoće u računalno podržanoj kartografiji. Automatizacija zahtijeva dublje poznavanje prirode prostora. Topološka teorija poznaje samo graničnu crtu i područje unutar nje. Tomu se dodaje mjerni opis (koordinate) točaka, crta (*linija*), regiona, likova i površinskih oblika, što omogućuje potpunu geometrijsku prezentaciju na karti. Formalna teorija jasno pokazuje međuodnos ovih pet parametara. M. White (1984.) opisuje nekoliko najčešćih poteškoća i navodi nekoliko matematičkih teorija koje bi mogle omogućiti rješavanje

poteškoća koje su navedene, otkloniti pogreške koje se javljaju u tim postupcima te na taj način omogućiti automatsku obradu kartografskih podataka.

R. Knöpfl (1982.) Shannonovu (1948.) matematičku teoriju komunikacije ocjenjuje potpuno prihvatljivom i pogodnom za primjenu u kartografiji, budući da je kartografija klasična grana komunikacije. Informacije se prenose porukama i procjenjuju se količinom nesigurnosti koja smanjuje informacije. Nesigurnost nastaje kad postoji više mogućnosti. Iz iskustva je poznato da je općenito najveći broj mogućnosti najveća nesigurnost, da je za određeni broj mogućnosti nesigurnost najveća te da su sve mogućnosti jednako vjerojatne. Karta je za korisnika izvor informacija, odnosno prijenosni kanal u komunikacijskom sustavu. Prema Shannonovoj teoriji, temeljna je teškoća komunikacije u reproduciranju iz jedne u drugu točku točne ili približne poruke. U komunikaciji se razlikuju kanali bez smetnji (bešumni) i kanali sa smetnjama (šumovima). Primatelj nije siguran koja je poruka stvarno poslana i ta se nesigurnost naziva *neodređenost*. Ne stižu sve informacije do primatelja, već samo razlike između poslanih i neodređenih informacija, a prenesene informacije nazivaju se uzajamnima. Značenje Shannonove matematičke teorije komunikacije je u dokazu da se odgovarajućim kodiranjem može prenijeti poruku kroz kanal sa smetnjama, odnosno prenijeti pouzdanu poruku kroz nepouzdan kanal. Upravo je to rješenje za brojne teškoće u postupcima kartografske generalizacije.

Na slici 6 (a) shematski se prikazuje kanale za protok informacija bez smetnji. Uočava se jednoznačna obostrana korespondentnost. Na istoj se slici prikazuju i kanali sa smetnjama (šumovima). Funkcije p nisu



Sl. 6: Prijenos informacija kanalima bez smetnja (a) i kanalima u kojima ima smetnja (b)
 Fig. 6: Transmission of information by means of channels without interferences (a) and channels with interferences (b)

jednoznačno *korespondentne* (KNÖPFLI, 1982.).

Karta nije samo tiskovni oblik, već je i vrlo moćan prijenosnik informacija. Ta vrijedna značajka karte tvori podlogu za primjenu teorije informacija u kartografiji općenito, a osobito kartografskoj generalizaciji. Prihvatanjem karte kao nositelja informacija, može se planirati raspodjela njezinog sadržaja koji je izveden generaliziranjem sadržaja temeljnih karata, *entropijom* i količinom sadržaja koji može poslužiti kao moguće mjerilo za tu svrhu. Gubitak informacija izražava se kroz relativnu entropiju, a pripisuje se postupku generaliziranja sadržaja temeljnih karata te vanjskim i unutarnjim smetnjama.

Pri generalizaciji sadržaja karte dolazi do sažimanja, a istodobno se pojavljuje velika količina informacija (s obzirom na zauzeti prostor). Generalizacija, ako ju se kvalitetno i ispravno provede, rezultira odmjerenim gubitkom informacija. Drugim riječima, neophodna informacija zadržana je na karti, a beskorisna, pod određenim uvjetima,

isključena. Stupanj gubitka (informacija) pri izradi karte određuje razlika u stupnjevima entropije temeljne i izvedene karte.

Ispitivanja su generalizaciju ocijenila vrlo djelotvornom, iako joj je izvornost u iskustvu i ne provodi se prema točno određenim pravilima. Rezultati provedenih istraživanja pokazuju, kao što se i očekivalo, da je karta najviše popunjena podacima reljefa, a redom slijede hidrografski podaci, komunikacije i naselja. Metode primijenjene teorije informacija, prema preporuci autora (KNÖPFLI, 1982.), mogu se koristiti za rješavanje stanovitog broja problema u kartografiji:

- analiziranje karata temeljem teorije informacija, proračun njihove entropije, snabdijevanje informacijama, uspoređivanje sadržaja,
- projektiranje karata i atlasa, razvijanje i oblikovanje tipova karata i atlasa, izrada projekta i proračun mreže i mjerila, razvijanje novih serija karata prema informacijskom kapacitetu,
- izrada uzoraka i sažimanje sadržaja, razvijanje novih metoda generalizacije, ras-

poređivanje punjenja sadržajem u kartama i atlasima,

– razvijanje karata za strojno traženje informacija (ISS - *information search system*),

– *matematiziranje* i modeliranje sadržaja karata i

– automatizacija i mehanizacija kartografskih procesa.

Ima i drugačijih stavova o primjeni teorije komunikacija u kartografiji. Na primjer, M. Zdenković (1985.) drži da praktična primjena teorije komunikacija nije dala očekivane rezultate.

ZAKLJUČAK

U procesu sastavljanja sadržaja karte, odnosno u postupku kartografske generalizacije, neki se detalji potiskuju. Svrha je dobiti što više tematski neophodnih podataka i izbjeći pomutnju zbog njihovog prevelikog broja. Kartografska je generalizacija skup procesa kojima se mijenja sadržaj kartografskih izvornika u sadržaj izvedenog kartografskog prikaza. Najveći utjecaj na generalizaciju sadržaja imaju mjerilo i tema (namjena) karte.

Uvođenjem automatske obrade kartografskih izvornika, skratio bi se proces u izradi navigacijske/geografske karte i istovremeno povećao stupanj sigurnosti plovidbe. Također bi se znatno skratilo vrijeme potrebno za dovođenje karata u ispravno stanje. Objektivnost i kvaliteta kartografskog prikaza više ne bi ovisila isključivo o znanju, iskustvu i savjesnosti pojedinca, već

bi se sve mjere koje se provode u kartografskoj generalizaciji ujednačeno provodile za svaki pojedini list od kojih se karta ili serija karata sastoji.

Sušтина je problema u nemogućnosti određenja (definiranja) matematičkog modela kartografske generalizacije. Primjena Töpferovih formula i koeficijenata može biti vrlo korisna pri izradi novih izvedenih karata, jer je unaprijed moguće odrediti broj znakova na određenoj površini. Jedino manjka egzaktan kvalitativni izbor, za čije je dobro rješenje potrebno kartografsko iskustvo, geografsko znanje te poznavanje određene tematike i korištenja karte.

Postoje brojne teškoće u računalno podržanoj kartografiji. Automatizacija zahtijeva dublje poznavanje prirode prostora. Stupanj gubitka (informacija) pri izradi karte određuje razlika u stupnjevima entropije temeljne i izvedene karte.

Ispitivanja su generalizaciju ocijenila vrlo djelotvornom, iako joj je izvornost u iskustvu i ne provodi se prema točno određenim pravilima. Rezultati provedenih istraživanja pokazuju, kao što se i očekivalo, da je karta najviše popunjena podacima reljefa, a redom slijede hidrografski podaci, komunikacije i naselja.

Rezultati istraživanja i provjeravanje djelotvornosti matematičkog modeliranja nekih postupaka, potvrđuju opravdanosti prihvaćanja matematičkih modela za obavljanje složenih procesa generalizacije u području pomorske kartografije.

LITERATURA

- Knöpfli, R. (1982.): Generalization – a means to transmit reliable messages through unreliable channels, Internationales Jahrbuch für Kartographie, Vol. XXII, 83-91.
- Lee, D. (1995.): Achievement and issues on the design of digital map generalization operators, 17th International cartographic conference, Proceedings 2, Barcelona, 2348-2352.
- Lovrić, P. (1988.): Opća kartografija, SNL, Zagreb.
- Neumann, J. (1986.): Stanje istraživanja kartografske generalizacije u Saveznoj Republici Njemačkoj, Zbornik radova, Niz C-prijevod, sv.5, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Sališček, K. A. (1980.): The thesis *Maps is a communication* means not forming sufficient basis for elaborating theoretical cartography, The 10th International Cartographic Conference, Tokyo.
- Solarić, R. (1997.): Izbor dubina u izradi pomorskih navigacijskih karata, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, 2-3.
- Suhov, V. I. (1970.): Application of information theory in generalisation of map contents, Internationales Jahrbuch für Kartographie, Vol. 10, 41-47.
- Töpfer, F. (1962.): Das Wurzelgesetz und seine Anwendung bei der Reliefgeneralisierung, Vermessungstechnik. Vol. 10, 2, 37-42.
- Töpfer, F. (1963.): Untersuchungen zum Anwendungsbereich des Wurzelgesetzes bei kartographischen Generalisierungen, Vermessungstechnik, Vol. 11, 5, 179-186.
- Töpfer, F. (1968.): Bestimmung landschaftsgebundener Mindestlangen für die kartographische Darstellung der Flüsse, Vermessungstechnik, Vol. 15, 2, 59-65.
- Töpfer, F. (1974.): Kartographische Generalisierung, VEB, Hermann Haack, Leipzig.
- Töpfer, F. & W. Pillenizer (1966.): The principles of selection, The geographical Journal, 10-16.
- Wang, Z. & Müller, J. C. (1993.): Complex coastline generalization, Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 20, 96-106.
- White, M. (1984.): Tribulations of automated cartography and how mathematics helps, Cartographica, Vol. 21, 2-3, 148-159.
- Wolf, G. W. (1984.): A mathematical model of cartographic generalization, Geo-Processing, Vol. 2, 3, 271-286.
- Zdenković, M. (1985.): Entropija prikaza reljefa izohipsama na nizu naših topografskih karata, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

IZVORI

Pomorska karta 100 - 15, *GRADO - ROVINJ*, mjerilo 1:100 000, Hrvatski hidrografski institut, Split, (1970.); Pomorska karta 100 - 16, *PULA - KVARNER*, mjerilo 1:100 000, Hrvatski hidrografski institut, Split, (1973.); Pomorska karta INT 3410, *RJEKA - VENEZIA*, mjerilo 1:250 000, Hrvatski hidrografski institut, Split, (1987); Pomorska karta 300 - 31, *VENEZIA - ZADAR*, mjerilo 1:300 000, Hrvatski hidrografski institut, Split, (1996.).

Summary

SOME MATHEMATICAL MODELS IN CARTOGRAPHIC GENERALIZATION

by ZLATIMIR BIČANIĆ, RADOVAN SOLARIĆ and TONKO BAKOVIĆ

In normal usage of charts details are not observed, except in particular situations when it is specifically required. Therefore in the process of determination of contents of a chart, namely in the process of cartographic generalization, some details are restrained. The intention is to achieve as many as possible indispensable data and to avoid the confusion created by excessively large number of data. Therefore, cartographic generalization is a group of procedures by which contents of cartographic original sources are changed into contents of derived cartographic surveys.

The necessity to introduce automatic elaboration of cartographic original sources is multiple. It should shorten the duration of processes of making nautical/geographical charts. However, the main problem in the system of cartographic generalization is that it is not possible to define a mathematical model.

Application of Töpfer's formulas and coefficients can be very useful in making of new charts, because it is possible to determine in advance the number of marks in a certain area. The only thing that is missing is an exact qualitative choice. To solve this cartographic experience, geographic knowledge and familiarity with respective matter and chart usage is required.

There are also some other similar methods for calculation of density of depths soundings on derived charts (quantitative criteria) All quantitative criteria used until now have

smaller or bigger defects. It is not possible to find an expression which could be adaptable to all criteria and matters.

Because of its specific properties, sounding marks on specific charts cannot be made according to quantitative criteria. However, in such a case quantitative criteria should be changed, separately for each type of chart, namely separately for each thematic usage of respective charts.

Many authors have been examining the application of information theory on defining the cartography and generalization of chart contents. K.A. Sališček is of the opinion that the process of cartographic generalization cannot be automated and that the theory of information is not appropriate and sufficient for carrying out of cartographic theories. Sališček considers that with methods of automated elaboration it is impossible to contemplate and analyze something as a whole, because in making of charts authors use geometrical intuition which computers lack. However, by means of mathematical theories it is possible to imitate to a certain degree human reasoning and computer programming systems can be organized by means of formal theories. Formality of computer systems is most obvious in relation data basis.

Research have proven the generalization to be very efficient, although it is based on experience and cannot be carried out according to precisely determined rules.

Primljeno (Received): rujan 2002.

Prihvaćeno (Accepted): listopad 2002.

Dr. sc. Zlatimir Bičanić, izv.prof., Visoka pomorska škola, Zrinsko Frankopanska 38, 2100 Split, Hrvatska

Mr. sc. Radovan Solarić, Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 38, 2100 Split, Hrvatska

Mr. sc. Tonko Baković, Visoka pomorska škola, Zrinsko Frankopanska 38, 2100 Split, Hrvatska