

KARTOGRAFIJA I GIS

Sažetak: Ovdje su opisani rezultati istraživanja provedenih u sklopu znanstvenoga projekta Kartografija i geoinformacijski sustavi. Opisana su istraživanja o kartografskim projekcijama, određivanju površine Hrvatske, starim koordinatnim sustavima na području Hrvatske, transformaciji sadržaja karte u teorijske dimenzije te o perspektivnim prikazima reljefa.

Abstract: Some results of the research carried out within the scope of the scientific project Cartography and GIS are presented. The project has been worked on in the period from 1991 till 1996 at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb. The theory of map projections on the basis of analytical geometry, linear algebra and differential geometry has been developed and directed to the immediate application of computer. The modification of Gilbert's projection has been suggested. The methodic of determining the areas of Croatia on the basis of digitized points from the map at the scale 1:1 000 000 has been presented. For the affine transformation of coordinates between the old coordinates systems at the territory of Croatia and the systems of Gauss-Krüger projection, a computer program STASUH has been designed. For the purpose of eliminating the distortions, i.e. of transforming the contents of a map into its theoretical dimensions, the system KARTOMATIKA has been developed. The method of producing landscape perspective presentations by means of SURFER and AutoCAD has been also offered for consideration.

6

Temeljne postavke

U Barceloni su 1995. održane 17. međunarodna kartografska konferencija (17th International Cartographic Conference) i 10. generalna skupština Međunarodnog kartografskog društva (10th General Assembly of the International Cartographic Association). Generalna skupština objelodanila je nekoliko rezolucija, od kojih prva glasi: 10. generalna skupština Međunarodnog kartografskog društva s obzirom na promjene u tehnici i korištenju kartografije i karata te diskusija Radne grupe o kartografskim definicijama prihvaća sljedeće definicije:

- *Karta* je kodirana slika geografske stvarnosti, koja prikazuje odabране objekte ili svojstva, nastaje stvaralačkim autorskim odabirom, a upotrebljava se onda kad su prostorni odnosi od prvorazredne važnosti.
- *Kartografija* je disciplina koja se bavi zasnivanjem, izradbom, promicanjem i proučavanjem karata.
- *Kartograf* je osoba koja se bavi kartografijom.

Definirati kartu, kartografiju i kartografa nije nimalo lako. Gornje definicije rezultat su dugogodišnjeg rada Radne grupe za kartografske definicije Međunarodnog kartografskog društva. Donošenjem navedene rezolucije, odnosno prihvaćanjem definicija, rad na njihovom poboljšavanju nije prestao. Već je u Barceloni 1995. uočeno da radom treba nastaviti te je stoga bivša *Radna grupa za definiranje osnovnih teorijskih postavki kartografije* (Working Group to Define the Main Theoretical Issues in Cartography) prerasla u *Povjerenstvo za teorijska pitanja i definicije u kartografiji* (Commission on Theoretical Fields and Definitions in Cartography).

Gotovo dva tisućljeća kartografija se razvijala u sklopu geografije kao njezin sastavni dio. Koncepcija kartografije kao znanosti bila je prvi put izložena pod nazivom *geografija* u drugom stoljeću naše ere u poznatom Ptolomejevu djelu *Uvod u geografiju*. U srednjem vijeku je regionalni smjer u geografiji, koji se izgradivao na Ptolomejevim idejama, našao svoj izraz u najvažnijim geografskim djelima epoha, i to u velikim atlasima 16. i 17. stoljeća, koji su bili zbirke karata i opsežnih tekstova. Ondašnja geografija sa svojim opisnim karakterom, koja je istraživala gdje se što nalazi, nije mogla unijeti u kartografiju nove ideje niti postupke za obradu kartografskog materijala. Mnogo više poticaja dolazilo je sa strane matematike, koja je kartografiranje obogatila analitičkim metodama za razvitak kartografskih mreža, kao i matematičkim osnovama za topografsku izmjерu. Istodobno je izmjera Zemljine površine postala predmetom geodezije kao primjenjene matematičke discipline. Jedna od geodetskih disciplina, niža geodezija ili topografija, razvila je metode izmjere za izradbu podrobnih topografskih karata. Time se kartografiranje svelo na geometrijsko registriranje pojava. Rezultat toga bili su državni kartografski radovi usmjereni prije svega na opskrbu vojske topografskim kartama. Time je došlo do slabljenja veza između kartografije i geografije, ali su one s vremenom bile obnovljene na novoj osnovi. Došlo je do razvijanja tematske kartografije koja je nastala na određenom stupnju razvoja geografije, kao

i niza drugih prirodnih i društvenih znanosti kojima je postavljen zadatak istraživanja prostornih zakonitosti podjele i uzajamne povezanosti pojava.

Primjena računala u kartografiji svakim je danom sve veća. Rezultat toga je da mnoge države imaju svoje kartografske podatke u digitalnom obliku. Stoga je normizacija prijenosa prostornih baza podataka jedan od najznačajnijih zadataka za kartografiju kao struku. Da bi se u cijelosti razumio proces takvog prijenosa, od osnovne je važnosti jasno razumjeti temelje kartografske teorije na kojoj se on osniva. Tu spadaju pojmovi: *realne i virtualne karte, dubinske i plošne kartografske strukture, te slojevi kartografskih podataka* (Moellering 1991a). Ti pojmovi proizlaze iz razvijta analitičke kartografije, područja koje je glavni pokretač razvoja teorijskih i matematičkih osnova kartografije. Sažet prikaz analitičke kartografije dao je Moellering (1991b).

Prva dva osnovna pojma na tom području su pojmovi o realnim i virtualnim kartama. U 70-im godinama pojavilo se mnogo kartografskih proizvoda kao što su slike na zaslonima monitora i digitalni modeli terena, koji su izašli izvan uobičajenih definicija karte kao trajnog produkta na papiru. U vodećem članku prvog broja časopisa *American Cartographer* kojeg je napisao Morrison (1974.), autor uočava taj novi problem i poziva na proširenu definiciju karte. Moellering se suočio s istim problemom i preuzeo izazov koji je postavio Morrison. Nakon nekoliko godina istraživanja predložena je definicija realnih i virtualnih karata (Moellering 1980.).

Postoje dvije odlučujuće karakteristike koje razlikuju uobičajene karte u realnom obliku vidljive kopije (hard copy) od virtualnih karata. Realna karta je proizvod koji može biti izravno viđen kao kartografska slika. I uobičajene karte na papiru i slike na zaslonu monitora mogu se vidjeti na taj način, ali na primjer datoteke kartografskih podataka ne mogu. One se najprije moraju transformirati u stanje izravne vidljivosti. Drugo odlučujuće svojstvo je može li se proizvod opipati. Klase realnih i virtualnih karata, koje su dobivene odgovorima da/ne u odnosu na gornja dva svojstva su realne karte i virtualne karte prve, druge, odnosno treće vrste (Moellering 1980.).

Uobičajeni kartografski proizvodi kao što su listovi karata, atlasi i globusi koji imaju čvrstu opipljivu realnost i izravno su vidljivi kao kartografske slike nazivaju se *realnim kartama*. Ostale tri klase kojima nedostaje jedno ili oba svojstva nazivaju se *virtualnim kartama*. Te tri klase omogućavaju proširenje definicije karte koje odražava razvoj suvremene kartografije. Odatle proizlazi da virtualne karte mogu sadržavati iste informacije kao

realne karte, a u slučaju kartografskih baza podataka, vjerojatno i više. Moellering uočava da i kartografske baze podataka treba smatrati kartama jer one mogu sadržavati informacije realnih karata, a mogu se također transformirati u njih ako je potrebno.

Članovi Zavoda za kartografiju Geodetskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, uz nekoliko vanjskih suradnika, radili su od 1991. do 1996. godine na znanstvenom projektu *Kartografija i geoinformacijski sustavi*, što ga je financiralo Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Rezultati provedenih istraživanja objavljeni su u većem broju radova. Neke od tih rezultata iznosimo u ovom radu.

Kartografske projekcije i geoinformacijski sustavi

Geoinformacijski sustavi (GIS) omogućuju da neke zadatke koje smo do sada gotovo isključivo rješavali na geografskim kartama (razni kartometrijski zadaci) danas rješavamo izravno iz baza podataka. Na temelju te činjenice moglo bi se zaključiti da geoinformacijski sustavi umanjuju važnost geografskih karata. Ako to promatramo s navedenog stajališta, onda i jeste točno, no s druge strane geografske su karte vrlo važne za svaki GIS. One imaju vrlo važnu ulogu pri stvaranju baza podataka, ali i kao jedan od oblika prezentacije izlaznih podataka (Sijmons 1992.).

Budući da se svaka geografska karta izrađuje u određenoj kartografskoj projekciji, može se zaključiti da su kartografske projekcije posebno važne pri stvaranju geoinformacijskih sustava. Pri stvaranju nacionalnih digitalnih baza topografsko-kartografskih podataka, koje moraju biti temelj svakog GIS-a koji se radi za područje čitave države, još je uvjek važna metoda digitalizacije postojećih karata (Teng 1991., Sowton 1991.). Zbog toga većina GIS-softvera sadrži i modul za digitalizaciju. U primjeni tog modula nužno je poznavati kartografsku projekciju izvornika i konstante projekcije (npr. geografsku duljinu srednjeg meridijana ili širinu standardne paralele i linearne mjerila uzduž njih).

Ti su podaci nužni da bi se koordinate iz lokalnog sustava digitalizatora transformirale u sustav kartografske projekcije izvornika i potom pomoći inverznih jednadžbi kartografske projekcije u sustav geografskih koordinata. Time je omogućeno da GIS-softver kao jedan od oblika prezentacije izlaznih podataka nudi geografsku kartu u nekoj od većeg

broja najvažnijih kartografskih projekcija. Da bi se takva karta nacrtala, nužno je iz geografskih koordinata izračunati pravokutne koordinate x , y u odabранoj kartografskoj projekciji.

Pri izradbi softvera za bilo koji GIS potrebno je, prema tome, poznavati osnovne i inverzne jednadžbe za veći broj kartografskih projekcija. Dakle, računalno podržane metode u izradbi karata i naročito geoinformacijski sustavi, ne da su umanjili, nego su povećali važnost kartografskih projekcija. Da je ta tvrdnja točna svjedoči preko 1000 radova o kartografskim projekcijama objavljenih nakon 1960. godine, a registriranih u bibliografiji J. P. Snydera i H. Stewarda (1988.). To je razlog da smo u sklopu projekta *Kartografija i geoinformacijski sustavi* posebnu važnost posvetili kartografskim projekcijama.

Suvremeni pristup kartografskim projekcijama

U Lapaineovu magisterskom radu (1991.) razvijena je teorija kartografskih projekcija na temeljima analitičke geometrije, linearne algebre i diferencijalne geometrije. Predloženi pristup dovoljno je općenit tako da obuhvaća sve zakonitosti klasične teorije. Da bi odgovorio zahtjevima vremena u kojem živimo, usmjeren je na neposrednu primjenu računala.

Pri istraživanjima deformacija koje se pojavljuju kod pojedinih kartografskih projekcija od posebnog su interesa deformacije duljina, kutova i površina. Autor je izveo nekoliko osnovnih relacija iz kojih zatim lako proizlaze sve poznate klasične formule matematičke kartografije koje se odnose na ispitivanje lokalnih deformacija pojedine kartografske projekcije.

Lapaine zatim razmatra raspodjelu lokalnih deformacija, pri čemu najprije istražuje pojedine točke i krivulje duž kojih nema deformacija duljina, azimuta, kutova ili površina. Zatim prelazi na linije konstantnih deformacija ili ekvideformate. Konačno, istražuje smjerove ekstremnih deformacija, te izvodi odgovarajuće diferencijalne jednadžbe.

Modificirana Gilbertova projekcija

Gilbertova perspektivna projekcija Dva svijeta, iako nedovoljno poznata, zaista ima posebna vizualna svojstva koja je čine vrlo zanimljivom i mogućom zamjenom trodimenzionalnog globusa.

Slika 1:

Modificirana
Gilbertova
projekcija



U radu Lapainea i Frančule (1992.) predložena je jedna preinaka Gilbertove projekcije s ciljem oblikovanja karte svijeta koja bi mogla poslužiti kao osnova za izradbu raznih tematskih karata. Preinaka se sastoji u drugačijem odabiru kartografskog pola. Na taj se način postiže da projekcija Hrvatske leži uz središnji meridijan. Osim toga smanjuje se prikazani dio površine

Antarktike koji je u originalnoj projekciji očigledno prevelik. Konačno, umjesto ortografske projekcije primjenjena je opća perspektivna projekcija (slika 1), a time se otvaraju nove mogućnosti njene primjene. Istraživanja o toj projekciji se nastavljaju (Lapaine i Frančula 1993., Lapaine, Sudeta i dr. 1994., 1995.).

ODREĐIVANJE POVRŠINE HRVATSKE

Površina lika proizvoljnog oblika čije su granice definirane koordinatama prijelomnih točaka može se odrediti na temelju različitih formula. Za računanje u Gauß-Krügerovoј projekciji pogodan je izraz:

$$P = 0,5 \sum (y_{i+1} - y_i)(x_i + x_{i+1}) / p_i, \quad i = 1, \dots, n$$

gdje je p_i lokalno mjerilo površina.

Nakon priznanja Hrvatske kao neovisne države površina kopnenog dijela bila je poznata, ali ne i površina hrvatskog obalnog mora.

6

Tablica 1.

Površina hrvatskoga kopna i mora

Republika Hrvatska	Površina km ²	Srednja pogreška km ²
Kopno	56488	20
Obalno more (bez otoka)	31479	38
Unutrašnje more (bez otoka)	12498	25
Epikontinentalni pojas	23870	40

Površina države obično se određuje mjerenjem s karata krupnog mjerila, npr. 1:25 000. To je, međutim, zbog velikog broja listova dugotrajan i skup posao. Istraživanja koja smo proveli (Frančula i dr. 1993., Lapaine, Frančula i dr. 1993., 1994., 1995.) pokazala su da se takva mjerenja mogu s visokom

točnošću izvršiti i na kartama sitnijih mjerila. Mi smo granice Hrvatske digitalizirali s karte mjerila 1:1 000 000 izrađene u Gauß-Krügerovoj projekciji sa srednjim meridijanom $16^{\circ}30'$. Linearno mjerilo na srednjem meridijanu iznosi $m=0,9997$.

Površine hrvatskog kopna i mora dobivene našim određivanjem dane su u tablici 1. Za površinu kopnenog dijela Hrvatske dobili smo $56\ 488\ km^2$ što se od službenog podatka $56\ 538\ km^2$ razlikuje za $50\ km^2$, tj. 0,1%. Krivičić (1993.) iznosi podatke mjerjenja površina otoka Cresa i Krka s karata krupnih mjerila. Površine tih dvaju otoka koje smo mi dobili s karte mjerila 1:1 000 000 (Lapaine, Frančula i dr. 1994.) izvrsno se slažu s njegovim podacima. Usporedba površina pokazuje da Cres najvjerojatnije nije manji od Krka, iako je u svim udžbenicima i statističkim godišnjacima do sada pisalo da je Krk najveći otok u Jadranu.

Računanja u zrakoplovstvu

U zrakoplovstvu je potrebno obaviti mnoga preračunavanja i rješavanja zadataka koji istodobno pripadaju geodeziji, matematičkoj kartografiji i navigaciji. Ponajprije tu su transformacije pojedinih točaka između različitih koordinatnih sustava. Pri tome razlikujemo sustave geografskih koordinata na različitim elipsoidima, a pri tome su za nas značajni Besselov elipsoid i elipsoid sustava WGS 84. Dvije geografske koordinate nisu dovoljne za jednoznačno definiranje položaja točke u prostoru. Zato je potrebna i treća koordinata, najčešće visina točke nad elipsoidom. Na taj način imamo prostorni elipsoidni koordinatni sustav. Vrlo često se umjesto prostornih elipsoidnih koordinata j , l i h upotrebljavaju prostorne pravokutne koordinate x , y i z . Stoga će nam trebati i odgovarajući algoritmi za preračunavanje prostornih elipsoidnih koordinata u prostorne pravokutne i obratno.

Među računanjima na elipsoidu najčešći su izravni i obrnuti geodetski zadaci. Izravni geodetski zadatak sastoji se u računanju krajnjeg položaja iz početnog položaja, udaljenosti i azimuta, dok se rješavanjem obrnutog geodetskog zadatka računaju udaljenosti i azimuti na temelju poznavanja dviju krajnjih točaka. Računanja se mogu provesti uzduž geodetske linije na elipsoidu, odnosno njenog analogona, velike kružnice na sferi, a ovisno o traženoj točnosti. Za navigaciju je od posebnog značenja loksodroma, krivulja koja sa svim meridijanima zatvara konstantni kut. Dakle, osnovne geodetske zadatke dobro je znati rješavati i uzduž loksodrome.

Nadalje, računanja u zrakoplovstvu obuhvaćaju također određivanje presjeka geodetske krivulje s meridijanima, paralelama, drugim geodetskim krivuljama te računanje udaljenosti geodetske linije od neke točke.

Ukoliko se radi u nekoj od kartografskih projekcija, tada je dobro imati rješeno pitanje računanja konvergencije meridijana i linearнog mjerila. Za naše prilike, trebalo bi raspolažati mogućnošću računanja barem u sljedećim kartografskim projekcijama: Gauß-Krügerovoј, UTM, Lambertovoј konformnoj konusnoj i polarnoj stereografskoj.

Presjeci zrakoplovnih koridora s državnim granicama

Lovrić i dr. (1992.) opisali su određivanje točaka presjeka zrakoplovnih koridora s državnim granicama Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine, te određivanje udaljenosti od pojedinih radionavigacijskih sredstava do odgovarajuće granične točke. Geografske koordinate radionavigacijskih sredstava dobivene su od Uprave kontrole letenja Zagreb.

Da bi se koordinate mogle očitati što točnije, od tadašnje Uprave za geodetske i katastarske poslove Republike Hrvatske zatraženo je korištenje odgovarajućih topografskih karata u Gauß-Krügerovoј projekciji u mjerilu 1:25 000. S njih su se mogle očitati samo koordinate točaka na hrvatskoj kopnenoj granici. Kontrola očitanih koordinata izvršena je pomoću političko-administrativne karte u mjerilu 1:300 000 u Gauß-Krügerovoј projekciji koju je izradio Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Koordinate točke na hrvatskoj morskoj granici očitane su s pomorske karte br.154 Ploče-Bar u mjerilu 1:200 000 u Mercatorovoј projekciji na kojoj je Hidrografski institut iz Splita ucrtao tu granicu. Koordinate točaka na istočnoj bosansko-hercegovačkoj granici očitane su s Pregledno-topografske karte 1:500 000 (PTK 500, listovi 45 i 55) koju je u Lambertovoј konformnoj konusnoj projekciji izradio Vojnogeografski institut.

Pri određivanju presjeka zračnog puta i državne granice pretpostavljeno je da je projekcija zračnog puta na Zemljin elipsoid geodetska linija, tj. najkraća spojnica točaka u kojima se nalaze radionavigacijska sredstva. Da bi se s odabrane karte mogao odrediti presjek geodetske linije i državne granice trebalo je izračunati koordinate presjeka svake geodetske linije s meridijanima, odnosno paralelama koje čine rub karte. Osim toga izračunate su i koordinate nekoliko međutočaka jer projekcija geodetske linije nije

sasvim pravocrtna. Pri tome su korišteni vlastiti programi za računalo, koji se temelje na Gaušovoj metodi srednjih argumenata.

Provedeno ispitivanje pokazalo je da je prosječna razlika između očitanih geografskih koordinata s topografske karte u mjerilu 1 : 25 000 i preglednotopografske karte u mjerilu 1:500 000 jednaka 17". Razlika između očitanih koordinata nastaje zbog nužne generalizacije linija na kartama sitnijih mjerila.

Da bi se olakšao rad, izrađeno je nekoliko kartografskih prikaza pomoću računala u mjerilu 1:2 500 000 u Gauš-Krügerovoј projekciji sa srednjim meridijanom 16°30' i mjerilom na srednjem meridijanu $m=0.9997$.

U radu (Lapaine, Frančula, Lovrić 1993.) objašnjena je moguća automatizacija određivanja presjeka zrakoplovnih koridora s državnim granicama koja je i primijenjena na računanje presjeka s granicama Slovenije, Bosne i Hercegovine i SRJ.

U radu (Lapaine, Frančula 1994.) usporedena su i analizirana odstupanja u određivanju presjeka zračnih koridora s državnom granicom između Hrvatske i Slovenije.

U radu (Lapaine, Frančula 1995.) izvršeno je novo određivanje presjeka zrakoplovnih koridora s državnom granicom između Hrvatske i Slovenije da bi se mogla napraviti odgovarajuća usporedba s podacima koje su dobili kolege iz Slovenije. Da bismo razriješili problem uočenih razlika, obavili smo uvid u službenu geodetsko-kartografsku dokumentaciju čitave slovensko-hrvatske granice. Pri tome smo uočili da na pojedinim dijelovima granice postoje neslaganja između granice koju prihvata Slovenia od one koju ima Hrvatska. Ta su neslaganja ponegdje reda veličine 300-500 metara. Na kraju je zaključeno da će se preostala neslaganja moći otkloniti tek onda kad granica između dviju država bude obostrano službeno potvrđena.

Transformacije i geoinformacijski sustavi

Burni razvoj osobnih računala tijekom posljednjih nekoliko godina uzrokovao je stalno padanje njihovih cijena. Ono što je prije desetak godina izgledalo gotovo nezamislivo postalo je stvarnost. Danas i najskromnija osobna računala omogućuju automatizaciju mnogih izračunavanja u

geodetskoj djelatnosti, koja su se još nedavno provodila mukotrpno ručno, eventualno uz uporabu džepnih kalkulatora.

U okviru znanstvenog projekta *Kartografija i geoinformacijski sustavi* posebno poglavlje predstavlja radovi o osnovnim algoritmima u geodetskim računanjima, afinoj transformaciji između starih sustava i sustava Gauß-Krügerove projekcije, transformacijama u svezi s Gauß-Krügerovom projekcijom, te o novom rješenju problema transformacije iz prostornog pravokutnog sustava u sustav elipsoidnih koordinata.

Stari koordinatni sustavi na području Hrvatske

Osnovni podaci o starih sustavima mogu se naći u našoj geodetskoj literaturi (Ungarov 1934., 1949., 1950., Kamilo 1935., Čubranić 1947., Borčić 1954., Macarol 1977.). Katastarski operati starih izmjera sadrže golemo bogatstvo informacija, koje mogu poslužiti kao osnova za raznovrsna znanstvena istraživanja. Istodobno, oni čine temelj za razne povjesnotopografske prikaze i povjesno-geografske strukturne analize, za analize prostiranja poljoprivrednog zemljišta različitih kultura, za analize razvoja naselja i slično. Danas, u vrijeme sve veće primjene računalne kartografije znatno su povećane mogućnosti prenošenja podataka s katastarskih planova starih izmjera na planove i karte različitih mjerila i projekcija.

Kako su katastarski planovi starih sustava još i danas u uporabi, često je potrebno obaviti transformacije između sustava Gauß-Krügerove projekcije i tih starih sustava (Voith 1960., Borčić i Frančula 1969., Biach 1970., Höllrigel 1971.). Za odabir načina transformacije postoji velik broj mogućnosti. Jedna od najjednostavnijih je svakako afina transformacija. Osim toga afina transformacija može se doživjeti i kao aproksimacija proizvoljne transformacije, a bit će to bolja što je obuhvaćeno područje za transformaciju manje. To je svakako opravданje da se pri transformaciji većih područja ona dijele na manje dijelove (polja) i na svakom od njih zasebno određuju parametri afine transformacije.

STASUH (Frančula i dr. 1992.) je računalni program za afinu transformaciju koordinata točaka između starih sustava i sustava Gauß-Krügerove projekcije na području Hrvatske. Program se može upotrebljavati na osobnim računalima koja rade pod operacijskim sustavom MS DOS. Ne postavljaju se nikakvi posebni zahtjevi što se tiče tipa računala, raspoložive memorije ili grafičke kartice. Za potrebe izvođenja programa oblikovano je

14 datoteka pridruženih točaka u starim sustavima i sustavima Gauß-Krügerove projekcije, te jedna datoteka koeficijenata transformacije. Program omogućuje rješavanje dva zadatka: transformacija iz starih sustava u Gauß-Krügerovu projekciju i obratno.

Kartomatika

Osnovne informacije koje se koriste u svim tipovima današnjih geoinformacijskih sustava najčešće dolaze iz tradicionalnih izvora: karata i planova. Te informacije ulaze u bazu podataka postupkom koji započinje digitalizacijom karata. Obično zbog nedostatka odgovarajućeg načina pohranjivanja, upotrebljavanja i starenja sadržaj karte nije više u onoj projekciji u kojoj je bio u trenutku izradbe, nego je deformiran. Promjena nositelja kartografskog crteža pod utjecajem temperature, vlage i starenja zove se usuh ili kartografska deformacija.

Svatko tko je ikada pokušao konstruirati mozaik iz nekoliko susjednih listova susreo se s problemom slaganja susjednih vrhova. "Najbolja prilagodba" često ostavlja male izreske bez sadržaja ili pak dolazi do prekrivanja pojedinosti. Alternativni pristup tretiranja svakog lista kao jedinice za sebe pri digitalizaciji i slaganje rezultata digitalizacije uz pomoć matematike premješta problem vizualne pogreške u područje transformacija i prilagođavanja.

Kartografska deformacija može se pokušati ukloniti i s pomoću posebnih uređaja kao što su npr. reproduksijska kamera ili kartist (Lovrić 1980.).

Računalni sustav za uklanjanje deformacija, odnosno transformiranje sadržaja karte u teorijske dimenzije razvija Lapaine na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Naziv tog sustava je KARTOMATIKA.

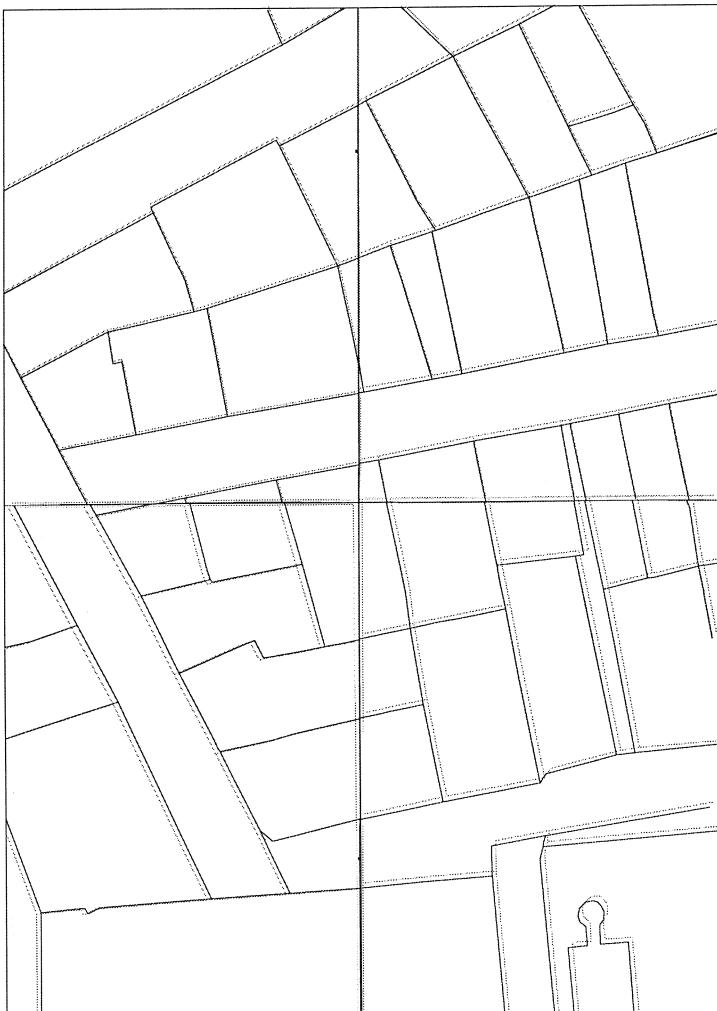
S obzirom da se uklanjanje deformacija obavlja uz pomoć matematike, to znači da će kartu trebati pretvoriti u digitalni oblik. Digitalizaciju karte može izvršiti kartomatičar ili sam korisnik. Za daljnju obradu najbolje je prirediti crtež u obliku AutoCAD-ove.DWG ili.DXF datoteke.

Osim same karte još je potreban popis točaka i njihovih teorijskih koordinata i to za one točke koje nakon kartomatizacije moraju imati ispravljene, tj. tražene, zadane ili teorijske koordinate. Za te točke dobro je priložiti najobičniju skicu na papiru, a ukoliko se radi.DWG ili.DXF datoteka, tada je dobro da su te točke izdvojene na posebnom sloju (layeru).

Hoće li one biti prikazane točkama, križićima, kružićima, trokutićima ili nekim drugim znakovima, sasvim je nebitno.

Slika 2:

Primjer
učinkovitosti
Kartomatike



6

Rezultat kartomatizacije je karta oslobođena deformacija na disketu u.DWG,.DXF ili nekom drugom zapisu po vlastitom izboru. Isječci s četiri plana koji imaju jedan zajednički vrh prikazani su prije i nakon kartomatizacije na slici 2.

Povećanje kvalitete katastarskih planova - jedna od mogućih primjena Kartomatike

U tijeku je transformacija geodetsko-prostornog sustava Republike Hrvatske. Pri tome su uočene slabosti geodetske infrastrukture pod kojom se podrazumijeva mreža geodetskih točaka (Kalpić 1994.). Nadalje, grafičke informacijske podloge, odnosno katastarski planovi često nisu zadovoljavajuće kvalitete (Berlengi 1992.). Primjerice, postojeći planovi grada Zagreba koji nisu reproducirani jedini su izvorni grafički podatak na kojem su vidljive sve promjene. U kvalitativnom pogledu uglavnom su oštećeni - deformirani. Točnost reproduciranih planova ovisna je o metodi reprodukcije i materijalu koji se koristi kao nositelj informacije (Šurina i dr. 1993.).

Poznato je, međutim, da niti najsavršenija računalna tehnologija ne može sama po sebi osigurati potrebne točne podatke ako oni nisu dostupni ili jednoznačno izvedivi iz podataka na nekom od klasičnih medija. Osnovna postavka koju treba uvažiti i imati na umu je činjenica da ni jedan informatički sustav nije dobar ukoliko ne koristi točne podatke (Lipovšćak i dr. 1993.).

Može se očekivati da će postupak digitalizacije katastarskih planova u Hrvatskoj biti dug i skup. Treba uočiti da, kad se postigne određena razina kvalitete digitalnog plana, svako novo mjerjenje omogućuje daljnje poboljšanje (Benning 1992., 1994.) i tako se postupno prelazi na međni katalog u kojem je točnost podataka zajamčena.

Korištenje današnjih katastarskih planova za informacijske sustave podržane računalom iziskuje osim same digitalizacije informacija s karte jedno potpuno geometrijsko poboljšanje položajnih podataka. Pri tome se moraju na najbolji mogući način ukloniti nehomogenosti između pojedinih listova karte, odnosno između grafički dobivenih koordinata i točnijih koordinata određenih mjernjima i računanjima. O homogenizaciji, odnosno podizanju kvalitete planova ili karata nije kod nas objavljeno gotovo ništa, ali su zato bogata inozemna iskustva o čemu su pisali primjerice Haag i Köhler (1986.), Sprinsky (1987.), Morgenstern i dr. (1988.), Krummer (1989.), Mittelstraß (1989.), Benning i Scholz (1990a,b), Kromke (1992.), Benning i Vogel-Stirnberg (1993.).

Osim njihove izvorne zadaće, kao crtanog dijela katastra nekretnina, katastarske karte sačinjavaju, kao opsežno kartografsko djelo u krupnom mjerilu, temelj za brojne zadatke u svezi s prostorom. Ali tek računalima

podržani informacijski sustavi pružaju mogućnost povezati te podatke kroz odgovarajuća obilježja i kombinirajući ih organizirati i koristiti zahvaćajući različita područja. Prepostavka za izgradnju takvih integriranih informacijskih sustava je da raspolažemo katastarskim kartama u digitalnom obliku koje pokrivaju odgovarajuće područje.

Ovdje treba pripomenuti da je sadašnje kartografsko djelo u različitim pogledima heterogeno (Morgenstern i dr. 1988.). Uzroci za to leže u procesu nastajanja, koji se proteže kroz posljednja tri stoljeća od poreznog kataстра, preko vlasničkog katastra do modernog višenamjenskog katastra. Heterogenost postojećeg stanja posebno je karakterizirana razlikom u:

- vremensko prostornom nastajanju
- geodetskom referentnom sustavu
- metodama izmjere
- vrsti okvira karte (karte s okvirom ili bez njega), kao i
- mjerilu (od 1:250 do 1:5 000).

Za informacijski sustav koji pokriva područje bez podjele na listove bit će prema tome potreban homogeni skup podataka uz jedinstveni referentni sustav. Zbog toga uz digitalizaciju treba poduzeti mјere koje vode prije svega jednom pravom obnavljanju karte, tj. geometrijskom poboljšanju, među ostalim korištenjem postojećih, iz mјerenja i računanja određenih točnijih koordinata točaka.

6

Programske komponente koje omogućuju digitalizaciju karata sadržane su u univerzalnim grafičko-interaktivnim sustavima (npr. ALK-GIAP, GEOLIS, GRADIS 3000, INTERGRAPH, SICAD, SYSTEM9). Tim je komponentama zajedničko da podržavaju rad kroz dijalog, uz pomoćne funkcije, kao i opsežne interaktivne mogućnosti korigiranja. Međutim, one sadrže samo rudimentarne oblike mogućnosti geometrijskog poboljšanja položajnih podataka. U biti one su ograničene na:

- prilagođavanje s pomoću afine ili polinomne transformacije za područje jednog lista
- zamjenu koordinata bez otklanjanja odstupanja u okolini tih točaka
- realiziranje geometrijskih uvjeta samo neposredno pri digitalizaciji.
- Te funkcije ipak ne odgovaraju zahtjevima koji se postavljaju s obzirom na potpuno geometrijsko poboljšanje (Morgenstern i dr. 1988.):

- Pri prilagođavanju u državni sustav trebaju se koristiti informacije svih točno poznatih točaka. Tek nakon potpunog digitaliziranja treba odlučiti uz potporu statističkih testova koje se točke eventualno neće koristiti kao pridružene točke pri homogenizaciji.
- Kod karata bez ruba treba također minimizirati odstupanja na rubovima karte. Ta odstupanja moraju se dakle uzeti u obzir pri prilagođavanju u državni sustav.
- Preostala odstupanja na svim točnim točkama i točkama na rubu karte treba odstraniti lokalno vjerno, s time da točnije koordinate pridonose uspješnom poboljšanju svih preostalih točaka.
- Geometrijski uvjeti su u postupku digitalizacije preuzeti i memorirani. Njihova realizacija ostvaruje se kao posljednji korak geometrijskog poboljšanja u homogenizirani skup podataka s pomoću odgovarajućeg izjednačenja.

Uklanjanje nehomogenosti kod poznatih točaka, kao i na rubovima karte mora se napraviti s digitaliziranim točkama s pomoću posebnih algoritama za homogenizaciju. Takvim postupcima treba poboljšati ukupnu geometriju karte. Na kraju mogu se realizirati i pojedini geometrijski uvjeti postavljeni na geometriju karte (npr. pravocrtnost, okomitost, paralelnost, udaljenost) s pomoću odgovarajućih postupaka izjednačenja.

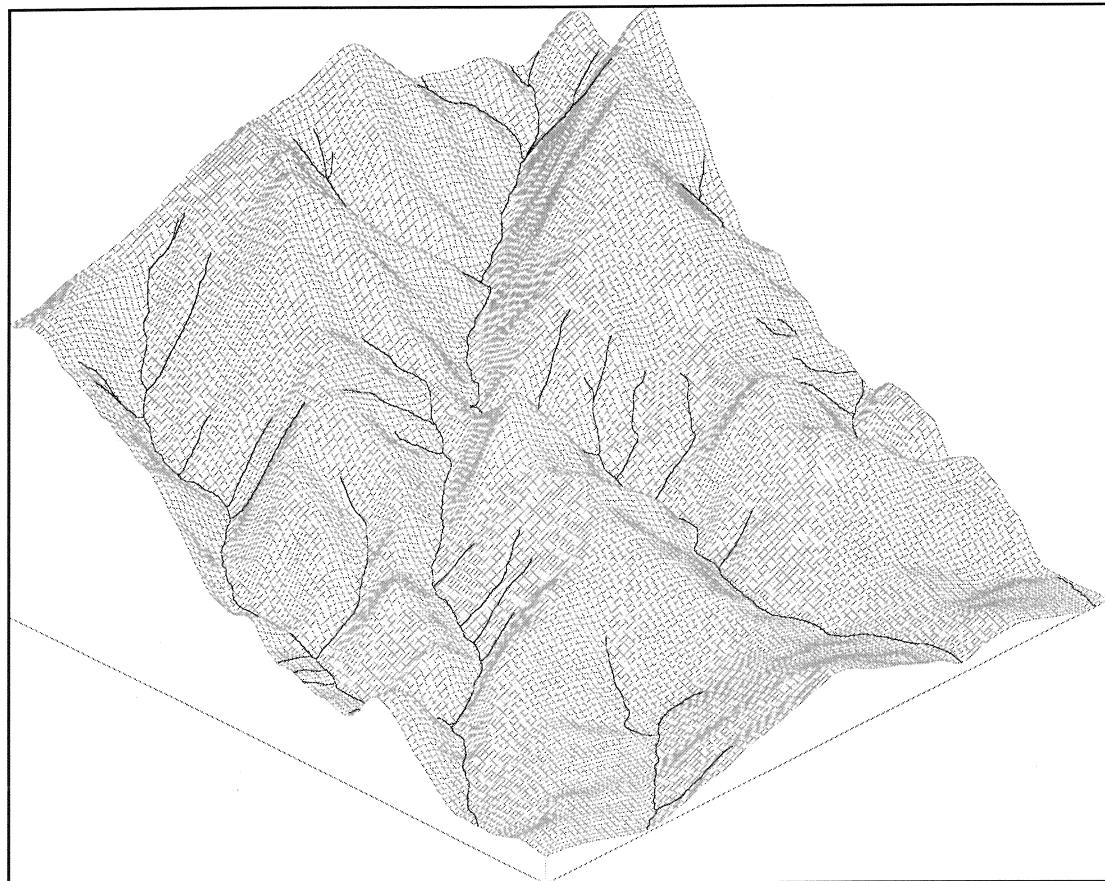
Od navedenih karakteristika sustav Kartomatika za sada uključuje algoritam za uklanjanje nehomogenosti na temelju poznatih točaka. Nadogradnja tog sustava očekuje se u budućnosti.

Perspektivni prikazi krajolika

Panorame su kartama srodnii prikazi koji obično prikazuju krajolik. Gledajući panoramu, svatko može na prvi pogled uočiti oblike reljefa i karakteristike zemljишta (Stummvoll 1986.). To je svojstvo jedna od glavnih razlika između karte i panorame. Sve do nedavno, panorame su uglavnom izrađivane ručno, primjenom različitih perspektiva u kombinaciji s umjetničkim i slikarskim elementima (Imhof 1986.). Ponekad, da bi se postigao bolji vizualni učinak, izvjesni dijelovi prikaza su namjerno deformirani (Wood 1986.). Treba imati u vidu da za ručnu izradbu panorame treba utrošiti vrlo mnogo vremena. Na primjer, za takvu izradbu panorame Austrije utrošeno je 11 000 radnih sati kroz tri godine (Stummvoll 1986.).

Slika 3.

Perspektivni prikaz dijela Medvednice pomoću x- i y-linija s ucrtanim vodotocima



6

Današnje mogućnosti automatizacije u kartografiji omogućavaju izradbu perspektivnih prikaza pomoću računala. Jedan sustav za automatizirano konstruiranje panoramskih prikaza na temelju digitalnih modela opisali su Weibel i Herzog (1988.). Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu do sada je izrađeno nekoliko računalnih perspektivnih prikaza kao što su npr. prikazi otoka Šolte (Lapaine 1990.), zagrebačkog Gornjeg grada i Kaptola (Lapaine i Lovrić 1992.), te dijela Medvednice (Lapaine, Sudeta i dr. 1992., Sudeta i dr. 1992.).

S obzirom da program SURFER, kojim se služimo za dobivanje perspektivnih prikaza, može prihvati ograničen broj točaka potrebno je izvršiti odgovarajuću generalizaciju digitaliziranih podataka postupkom filtriranja.

Program SURFER služi za grafičko prikazivanje izohipsa i perspektiva 3-dimenzionalnih ploha na osnovi proizvoljno raspoređenih točaka pomoću osobnih računala. Sve bitne karakteristike tog programa opisane su u časopisu *The American Cartographer* (Hodler 1989.), sa zaključkom da bi ga svi kartografi trebali imati instaliranog na svojim računalima. U priručnicima su opisane sve mogućnosti koje taj program pruža korisniku, kao i ograničenja, odnosno nedostaci (također Lapaine 1990.). U načelu, najprije je pomoću potprograma GRID potrebno na temelju ulaznih podataka, a to su nepravilno raspoređene točke uzduž digitaliziranih izohipsa i drugih karakterističnih linija, konstruirati pravilnu mrežu točaka. Na osnovi tako nastale pravilne mreže potprogram SURF omogućava dobivanje aksonometrijskih ili perspektivnih prikaza reljefa. Moguće je dobiti prikaze pomoću x-, y-linija i/ili z-linija. Nadalje, moguće je dobiti i prikaze reljefa u klasičnom obliku pomoću izohipsa u tlocrtu. Usporedba originalnog prikaza i računalnog prikaza omogućava procjenu kvalitete modela reljefa, odnosno zemljišta dobivenog digitalizacijom, filtriranjem i primjenom računalnog programa. Odstupanja zadanih točaka od plohe modela, te njihovu srednju vrijednost i standardnu devijaciju, moguće je dobiti primjenom opcije *Residuals* potprograma UTIL. Time se dolazi do kvantitativnih pokazatelja o prilagođavanju modela polaznim točkama.

Najosjetljiviji dio čitavog postupka je, zbog ponekad vrlo dugog trajanja, transformiranje nepravilno raspoređenih ulaznih podataka u pravilnu mrežu. Verzija 4 programa SURFER predviđa tri različite metode: Sheppardovu *Inverse Distance Weighted Method*, Matheronovu metodu *Kriging* i *Minimum Curvature Method*. Svaka od navedenih metoda ima izvjesne prednosti, ali i nedostatke. Höpfner (1990.) ponovno potvrđuje staru geodetsku spoznaju da na točnost interpolacije u prvome redu utječe razmak među čvorovima i karakter reljefa, a ne primjenjena metoda.

Primjenom opcije *XYLine* potprograma SURF moguće je iscrtati linije koje leže ispod, iznad ili na samoj plohi. Granične linije (boundary lines) mogu se primjeniti npr. za prikazivanje putova ili vodotoka (slika 3). S obzirom da program SURF ne rješava problem skrivenih linija za granične linije, taj se problem može riješiti naknadnim uređivanjem u AutoCAD-u prethodnim prijenosom crteža u DXF formatu.

LITERATURA

Benning, W. (1992):

- Über die digitale Karte zur dynamischen Koordinate - und was dann? Zeitschrift für Vermessungswesen 1992, Heft 5, 255-265.

Benning, W. (1994):

- The Continuing Problem in Digital Maps. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1994, 2, 64-70.

Benning, W., Scholz, Th. (1990a):

- Modell und Realisierung der Kartenhomogenisierung mit Hilfe strenger Ausgleichungstechniken. Zeitschrift für Vermessungswesen 1990, Heft 2, 45-55.

Benning, W., Scholz, Th. (1990b):

- Homogenisierung digitalisierter Katasterkarten mit dem Programmsystem FLASH. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1990, 6, 210-219.

Benning, W., Vogel-Stirnberg, E. (1993):

- Die Realisierung der Fortführung der automatisierten Liegenschaftskarte im ALK-GIAP. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1993, 2, 45-50.

Berlengi, G. (1992):

- Planiranje i upravljanje prostorom i GIS. CAD Forum '92, Zagreb 1992, Zbornik radova, 99-104.

Biach, H. (1970):

- Zur elektronischen Berechnung von ähnlichen Transformationen. ÖZfV 58, 4, 111-119.

Borčić, B. (1954):

- Kloštar-Ivanički sistem. Geodetski list 8, 1-4, 41-48.

Borčić, B., Frančula, N. (1969):

- Stari koordinatni sustavi na području SR Hrvatske i njihova transformacija u sustave Gauß-Krügerove projekcije. Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Čubranić, N. (1947):

- Projekcioni sistemi u Hrvatskoj. Geodetski list (Glasilo geodetske sekcije DIT-a za Hrvatsku) 1, 1-2, 3-19.

Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1992):

- STASUH, program za afinu transformaciju koordinata točaka između starih sustava i sustava Gauß-Krügerove projekcije na području Republike Hrvatske. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1993):

- Površina Republike Hrvatske na temelju digitaliziranih granica općina, 38th International Annual Conference KoREMA, Zagreb, Proceedings Part 1, 372-375.

Haag, K., Köhler, G. (1986):

- Realisierung geometrischer Bedingungen bei der Digitalisierung von Katasterkarten. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1986, 5, 190-202.

Hermann, Ch., Kern, H. (1986):

- Kartenverwandte Darstellungen, Werkstattberichte, Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe A, Band 4.

Hodler, T. W. (1989):

- Surfer, The American Cartographer 16, 3, 215-218.

Höllrigl, F. (1971):

- Die Umbildung der Österreichischen Katastralmapen mit EDV. Vermessungsmagazin 1971, 2, 23-28.

Imhof, E. (1986):

- Zeichnerische Landschaftspanoramen. U: Hermann, Ch. i H. Kern, 13-55.

Kalpić, D. (1994):

- Model informatičke infrastrukture katastarsko-zemljivojnog sustava Hrvatske. 39. međunarodni godišnji skup KoREMA, Zagreb, Zbornik radova, 487-490.

Kamilo, I. (1935):

- Osvrt na razvitak katastra u Jugoslaviji. Geometarski i geodetski glasnik 1935, 2, 61-78 i 3, 173-191.

Krivičić, I. (1993):

- O površinama otoka Cresa i Krka, Geodetski list 47, 4, 370-372.

Kromke, E. (1992):

- Die Digitale Stadtgrundkarte in Hamburg aus der Sicht eines

Kataster- und Vermessungssamtes. Zeitschrift für Vermessungswesen 1992, Heft 8/9, 572-585.

Kummer, K. (1989):

- Das Zahlen- und Kartenwerk im Liegenschaftskataster - Aspekte digitaler Führung. Zeitschrift für Vermessungswesen 1989, Heft 10, 502-513.

Lapaine, M. (1990):

- Perspektivni prikaz otoka Šolte. Seminarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Lapaine, M. (1991):

- Suvremeni pristup kartografskim projekcijama. Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1991.

Lapaine, M. (1994a):

- KARTOMATIKA - kompjutorski sistem za uklanjanje deformacija sa crteža, planova ili karata. 5. međunarodni skup o razvoju i primjeni kompjutorskih sustava - arhitektura, GIS, mediji, dizajn, CAD FORUM '94, Zagreb, Zbornik radova, HR-GIS 14-19.

Lapaine, M. (1994b):

- KARTOMATIKA - računalniški sistem za odstranjevanje deformacij risb, načrtov ali kart. Referat: Geodezija in prostor, 27. geodetski dan Zveze geodetov Slovenije. Radenci 13. - 15. 10. 1994. Objavljeno u: Geodetski vestnik 38, 3, 210-215.

Lapaine, M., Frančula, N. (1992):

- Modificirana Gilbertova projekcija. Kompjutor u obnovi Hrvatske, CAD Forum '92, CAD Sekcija Saveza društava arhitekata Hrvatske, Zagreb, Zbornik radova, 159-164.

Lapaine, M., Frančula, N. (1993):

- Gilbert Two-World Projection. Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Cologne/Köln, 3-9 May 1993, Vol.1, Bielefeld 1993, 66-82.

Lapaine, M., Frančula, N. (1994):

- Analiza i usporedba određivanja presjeka zrakoplovnih koridora s državnom granicom između Republike Slovenije i Republike Hrvatske. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 3+20.

Lapaine, M., Frančula, N. (1995):

- Novo određivanje presjeka zrakoplovnih koridora s državnom granicom između Republike Slovenije i Republike Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2+16.

Lapaine, M., Frančula, N., Lovrić, P. (1993):

- Presjeci zrakoplovnih koridora s državnim granicama. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-15.

Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1993):

- Površina hrvatskog mora i otoka, CAD Forum '93, Zbornik radova, Zagreb, 47-52.

Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1994):

- Procjena točnosti površina određenih na temelju digitaliziranih granica, 39. godišnji skup KoREMA, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova, 246-249.

Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1995):

- Area of the Republic of Croatia. Poster na 17th International Cartographic Conference, Barcelona. Objavljeno u: Proceedings 2, 1731-1735.

Lapaine, M., Lovrić, P. (1992):

- Perspektivni prikazi reljefa zagrebačkog Gornjeg grada i Kaptola, 37. godišnji skup KoREMA, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova, 278-282.

Lapaine, M., Sudeta, N., Frančula, N. (1994):

- Gilbert's Globe. 6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Tokyo. Proceedings, Vol.1, 154-158.

Lapaine, M., Sudeta, N., Frančula, N., Vdović, R. (1995):

- Gilbert Projection and Gilbert Globe. Poster na 9th International Symposium on Computer Science for Environment Protection, Berlin. Objavljeno u: Kremers, H., Pillmann, W. (Eds.): Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen, Space and Time in Environmental Information Systems, Metroplois-Verlag, Marburg 1995, Teil II/Part II, 870-871.

Lapaine, Milj., Sudeta, N., Lovrić, P., Lapaine, Mir. (1992):

- Zorni prikaz krajolika. Kompjutor u obnovi Hrvatske, CAD Forum '92, Zagreb, Zbornik radova, 153-158.

- Lipovšćak, B., Bušelić, V., Jurica, D. (1993):
- Geografski informacijski sustavi. CAD Forum '93, Zagreb,
Zbornik radova, 11-17.
- Lovrić, P. (1980):
- Uklanjanje kartografskih deformacija kartistom. Geodetski list
1980, 7-9, 149-161.
- Lovrić, P., Frančula, N., Lapaine, M. i Babić, B. (1992):
- Određivanje točaka presjeka zrakoplovnih koridora s državnim
granicama Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine.
Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-18.
- Macarol, S. (1977):
- Praktična geodezija. Tehnička knjiga, Zagreb.
- Mittelstraß, G. (1989):
- Anforderungen an graphisches Arbeiten aus der Sicht der ALK.
Zeitschrift für Vermessungswesen 1989, Heft 4, 176-189.
- Moellering, H. (1980):
- Strategies of Real-Time Cartography, Cartographic Journal, 17 (1),
12-15.
- Moellering, H. (urednik, 1991a):
- Spatial Database Transfer Standards: Current International
Status, ICA, Elsevier Applied Science, London, New York.
- Moellering, H. (1991b):
- Whither Analytical Cartography, Cartography and Geographic
Information Systems, Vol.18, No.1, 7-9.
- Morgenstern, D., Prell, K.-M., Riemer, H.-G. (1988):
- Digitalisierung, Aufbereitung und Verbesserung inhomogener
Katasterkarten. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1988, 8-9,
314-324.
- Morrison, J. L. (1974):
- Changing Philosophical-Technical Aspects of Thematic
Cartography, American Cartographer, 1 (1), 5-14.
- Sijmons, K. (1992):
- Cartographic representation and production of GIS data,
Proceedings of the First International Conference on Surveying
and Mapping, Tehran, Vol.2., 117-125.

Snyder, J. P., Steward, H. (1988):

- Bibliography of map projections, U.S. Geological Survey Bulletin 1856.

Sowton, M. (1991):

- Development of GIS-related activities at the Ordnance Survey. U: D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind (Eds.): Geographical Information Systems, Vol. 2 - Application, Longman, London, 23-38.

Sprinsky, W. H. (1987):

- Transformation of Positional Geographic Data from Paper-Based Map Products. The American Cartographer, 1987, Vol. 14, No. 4, 359-366.

Stummvoll, F. (1986):

- Die Entstehung moderner Panoramen. U: Herrmann, Ch. i Kern, H., 99-104.

Sudeta, N., Lovrić, P., Lapaine, M. (1992):

- 3-D Symbols and Perspective Representations. Proceedings of the 5th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Melbourne, 17-21 August 1992, Vol. 1, 45-49.

Šurina, Z., Hamp, V., Mioč, D. i dr. (1993):

- Digitalni model katastra GIS grada Zagreba. CAD Forum '93, Zagreb, Zbornik radova, 67-72.

Teng, A. T. (1991):

- Building geographic data bases with input from federal digital data files, Technical Papers of 1991 ACSM-ASPRS annual convention, Baltimore 1991, Vol.4 GIS, 208-216.

Ungarov, B. (1934):

- Katastar u ranijoj pokrajini Dalmaciji. Geometarski i geodetski glasnik 1934, 3, 151-160 i 4, 232-245.

Ungarov, B. (1949):

- Mjerilo sjevero-dalmatinskih planova. Geodetski list 1949, 8-12, 296-300.

Ungarov, B. (1950):

- Prilog povijesnom proučavanju katastarskih radova u Dalmaciji. Geodetski list 1950, 10-12, 286-298.

Voith, F. (1960):

- Einpassung der Gauß-Krüger Hektarnetze in die Meßtischaufnahme 1:2880 und der Vergleich der Sektionsecken. Mitteilungsblat des Österreichischen Verein für Vermessungswesen und der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie 1960, 2, 9-12.

Weibel, R., Herzog, A. (1988):

- Automatische Konstruktion panoramischer Ansichten aus digitalen Geländemodellen, Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen Reihe I, Heft 100, 49-84.

Wood, M. (1986):

- Some New Panoramas of Scotland. U: Hermann, Ch. i Kern, H., 113-121.