

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET

Nedjeljko Frančula

**DIGITALNA
KARTOGRAFIJA**

3. prošireno izdanje



Zagreb, 2004.

PREDGOVOR

U školskoj godini 1974/75. prof. dr. sc. Branko Borčić povjerio mi je, kao svom asistentu, devet sati predavanja o automatizaciji u kartografiji u sklopu predmeta Kartografija I u VII. semestru. Za potrebe tih predavanja sastavio sam, na 22 stranice, tekst *Osnove automatizacije u kartografiji*. U siječnju 1976, tada već kao docent, proširio sam taj rukopis na ukupno 50 stranica i u nekoliko primjeraka stavio studentima na raspolaganje.

Prema nastavnom planu donesenom 1978. kartografija se na Geodetskom fakultetu predaje od petog do osmog semestra u predmetima Kartografija I-IV. U sklopu predmeta Kartografija III (2+2) oko 50% vremena predavao sam automatizaciju u kartografiji. Za potrebe tih predavanja već spomenuti rukopis preradio sam i dopunio krajem 1979. i na ukupno 57 stranica u deset primjeraka predao knjižnici Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta.

U školskoj godini 1992/93. prvi puta u predmetu Kartografija III u VII. semestru predajem isključivo automatizaciju u kartografiji pod nazivom *Kompjutorska kartografija*.

Od ak. god. 1994/95. studenti geodezije slušaju, po novousvojenom nastavnom planu i programu u prve tri godine studija dva kartografska predmeta: Opća kartografija (V. semestar) i Kartografske projekcije (VI. semestar). U VII. semestru na usmjerenju Fotogrametrija i kartografija obavezni predmet je Digitalna kartografija.

Rukopis predavanja za predmet Digitalna kartografija, nastao na osnovi spomenutih rukopisa, svake je godine prerađivan i dopunjavan pa se sada kao interna skripta na 164 stranice pod naslovom *Digitalna kartografija* stavlja studentima na raspolaganje.

U pripremi ovih skriptata tekst je obrađen pomoću računala. Veći dio rukopisa pretipkala je studentica Enija Pandžić, a preostali dio Ivka Tunjić, dipl.ing., koja je, uz pomoć mr. sc. Miljenka Lapinea, rukopis uredila i izradila kazalo. Svima im mnogo zahvaljujem.

Većinu slika izradio sam pomoću programa AutoCAD 12 i laserskog pisača HP 4L.

Sa zahvalnošću ču primiti upozorenja na pogreške u tekstu, bile one tehničke ili stručne naravi.

U Zagrebu, 3. listopada 1996.

Početkom prosinca 1996. Geodetski fakultet je odobrio umnožavanje ovog teksta u još dvadeset primjeraka. Prije umnožavanja ispravljene su uočene pogreške i tekst je proširen za tri stranice.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Pašku Lovriću na mnogim korisnim primjedbama.

U Zagrebu, 3. prosinca 1996.

N. Frančula

PREDGOVOR 2. PROŠIRENOM IZDANJU

Krajem 1998. i početkom 1999. tekst sam dopunio s četiri odjeljka:

- 6.5. Presjek dužine i poligona
 - 9.3. Računalni program "Kartografske projekcije"
 - 14.2. Nova grafika topografskih karata
 - 15.2.1. Encarta 97 World Atlas
- i poglavljem
- 18. TEKST NA KARTI.

U poglavlju 8. GRAFIČKI PROGRAMI izvršena je mala preinaka u klasifikaciji programa. Proširen je i odjeljak 12.2.3. Prikaz reljefa sjenčanjem. U odjeljku 13.6. Najvažniji sateliti i senzori s mogućnošću primjene u kartografiji dodani su podaci o indijskim satelitima IRS-1C i IRS-1D. Time je tekst proširen za približno 26 stranica. Zastarjeli podaci o hardveru i softveru zamijenjeni su u čitavom tekstu novijim podacima.

Student Danijel Markovica prenijeo je većinu slika iz AutoCAD-a 12 pod MS-DOS-om u AutoCAD 14 pod Windowsima i poboljšao kvalitetu crteža i opisa. Također je čitav tekst prenijeo iz Word Perfecta 5.1 u Word 97 i slike iz AutoCAD-a uklopio u tekst. Preostalih šestnaest slika skanirao je i uredio doc. dr. Miljenko Lapaine. I te su slike potom uklopljene u tekst. Obojici im mnogo zahvaljujem.

Veliku zahvalnost dugujem doc. dr. Miljenku Lapaineu koji je detaljno pročitao rukopis i stavio mnoge primjedbe čime su iz teksta uklonjene mnoge nedotjeranosti.

U Zagrebu 1. veljače 1999.

PREDGOVOR 3. PROŠIRENOM IZDANJU

U ljeto 2001. osuvremenjeni su mnogi zastarjeli podaci. Dodano je novo poglavlje:
19. KARTOGRAFIJA, GIS I INTERNET. U tom poglavlju citira se 15 adresa na Internetu. Njihov popis dan je u poglavlju 21. URL-adrese.

U rujnu 2002. izvršene su manje izmjene (u odjeljku 6.4. vraćen algoritam iz prvog izdanja) i dopune (u odjeljku 13.6. dodan SPOT-5 i QuicBird-2).

U 2003. izrađene su nove slike 8.2, 11.2, 11.3, 11.4 i 11.5. U odjeljku 13.7.1. dodani su rezultati istraživanja o primjeni snimaka s IKONOS-a za izradu i obnovu topografskih karata. Osuvremenjeni su i podaci u odjeljku 19.4.

U Zagrebu 8. prosinca 2003.

U svibnju 2004. dodan je RJEČNIK najvažnijih pojmoveva.

U Zagrebu 27. svibnja 2004.

N. Frančula

SADRŽAJ

1. UVOD	9
2. PREDNOSTI I NEDOSTACI DIGITALNE KARTOGRAFIJE.....	12
3. KARTOGRAFSKI PODACI	14
3.1. Osnovni pojmovi iz topologije.....	14
3.2. Vrste kartografskih podataka	16
3.3. Oblik podataka.....	18
3.3.1. Geometrijski podaci.....	18
3.3.2. Grafički podaci	19
3.3.3. Opisni podaci (atributi)	20
4. HARDVER.....	21
4.1. Računala	21
4.1.1. Osobna računala (PC)	21
4.1.2. Radne stanice.....	23
4.1.3. Optički diskovi	24
4.2. Digitalizatori.....	26
4.2.1. Ručni digitalizatori	26
4.2.2. Automatski digitalizatori (skaneri).....	28
4.3. Ploteri	32
4.3.1. Vektorski ploteri	33
4.3.2. Rasterski ploteri.....	35
5. DIGITALIZACIJA	38
5.1. Ručna digitalizacija	38
5.2. Automatska digitalizacija (skaniranje)	41
5.2.1. Priprema skaniranja	42
5.2.2. Jednobojno skaniranje.....	43
5.2.3. Skaniranje u sivoj skali	43
5.2.4. Skaniranje u boji.....	45
5.3. Usporedba ručne i automatske digitalizacije	46
6. OBRADA VEKTORSKIH PODATAKA	47
6.1. Transformacija koordinata iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav kartografske projekcije izvornika.....	47
6.1.1. Helmertova transformacija.....	48
6.1.2. Afina transformacija	49
6.1.3. Projektivna transformacija	49

6.1.4. Mreža meridijana i paralela na izvorniku	50
6.1.5. Izbor transformacije	50
6.2. Transformacija koordinata iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav geografskih koordinata.....	51
6.3. Računanje površine lika na elipsoidu iz digitaliziranih točaka	51
6.3.1. Računanje površine u lokalnom sustavu digitalizatora i njenovođenje na elipsoid.....	52
6.3.2. Računanje površine u koordinatnim sustavu projekcije izvornika i svodenje na elipsoid.....	53
6.3.3. Površina Hrvatske.....	55
6.4. Točka unutar poligona ili izvan njega	57
6.5. Presjek dužine i poligona	59
 7. OBRADA RASTERSKIH PODATAKA	63
7.1. Osnovne operacije s rasterskim podacima.....	63
7.2. Složene operacije o rasterskim podacima.....	65
7.2.1. Zadebljavanje i stanjivanje.....	65
7.2.2. Filtriranje.....	67
7.2.3. Georeferenciranje i georektifikacija.....	68
7.2.4. Vektorizacija.....	69
 8. GRAFIČKI PROGRAMI.....	71
8.1. Programi za crtanje	71
8.1.1. Vektorski programi.....	71
8.1.2. Rasterski programi.....	73
8.2. Programi za obradu slika.....	74
8.2.1. Photoshop	74
8.3. Prezentacijski programi	74
8.3.1. PowerPoint	75
8.4. CAD-programi	75
8.4.1. AutoCAD.....	75
8.4.2. MicroStation	77
 9. PROJEKTIRANJE MATEMATIČKE OSNOVE GEOGRAFSKIH KARATA I ATLASA.....	79
9.1. Projektiranje matematičke osnove geografskih karata sitnih mjerila	79
9.2. Projektiranje matematičke osnove geografskih atlasa	81
9.3. Računalni program "Kartografske projekcije".....	83
 10. KARTOGRAFSKA GENERALIZACIJA.....	86
10.1. Čimbenici koji utječu na generalizaciju.....	86
10.1.1. Mjerilo karte.....	86
10.1.2. Minimalne veličine.....	86

10.1.3. Značajke krajolika	87
10.1.4. Namjena karte	87
10.2. Procesi generalizacije	88
10.2.1. Izbor.....	88
10.2.2. Pojednostavljivanje	91
10.2.3. Sažimanje.....	97
10.2.4. Pomicanje.....	97
10.2.5. Pretvorba metode prikaza	98
10.3. Generalizacija prikaza naselja pomoću programskog paketa PC ARC/INFO..	99
 11. TEMATSKE KARTE	101
11.1. Površinski kartogram.....	101
11.1.1. Određivanje granica klasa	101
11.1.2. Izbor najpovoljnije metode određivanja granica klasa	104
11.1.3. Izrada površinskih kartograma.....	107
11.2. Karte točaka	110
 12. PRIKAZI RELJEFA	112
12.1. Digitalni modeli reljefa	112
12.1.1. DMR Hrvatske	114
12.1.2. DMR bivše Jugoslavije.....	115
12.2. Primjene DMR	116
12.2.1. Određivanje visine bilo koje točke	116
12.2.2. Prikaz reljefa izohipsama.....	117
12.2.3. Prikaz reljefa sjenčanjem.....	117
12.2.4. Perspektivni prikaz reljefa	122
12.2.5. Karte vidljivosti.....	124
 13. PRIMJENA DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA U KARTOGRAFIJI	128
13.1. Uvod	128
13.2. Uređaji za registriranje elektromagnetske energije	128
13.2.1. Višespektralni skaneri	130
13.2.2. Važnije značajke senzora za daljinska istraživanja	130
13.3. Nužnost primjene daljinskih istraživanja u kartografiji.....	131
13.4. Georektifikacija satelitskih snimaka	132
13.5. Kartografski zahtjevi	135
13.6. Najvažniji sateliti i senzori s mogućnošću primjene u kartografiji.....	135
13.7. Inozemna istraživanja o primjeni daljinskih istraživanja u kartografiji	137
13.7.1. Istraživanja o primjeni satelitskih podataka u izradi i obnovi topografskih karata	137
13.7.2. Istraživanja o primjeni satelitskih snimaka u izradi fotokarata.....	139
13.8. Perspektive	140

14. TOPOGRAFSKE KARTE	141
14.1. Osuvremenjivanje topografskih karata	141
14.2. Nova grafika topografskih karata	143
15. DIGITALNI KARTOGRAFSKI SUSTAVI.....	145
15.1. Kartografski informacijski sustavi.....	145
15.1.1. Stolna kartografija	149
15.2. Elektroničke karte i atlasi	150
15.2.1. Encarta 97 World Atlas.....	151
16. KARTOGRAFIJA I GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI.....	154
16.1. Osnovni pojmovi i definicije	154
16.2. Kratak povijesni pregled.....	154
16.3. GIS i ostali informacijski sustavi.....	154
16.4. Elementi GIS-a.....	156
16.5. Analize pomoću GIS-a	157
16.6. Kartografski podsustav u GIS-u.....	158
16.7. Nacionalne topografsko - kartografske baze podataka kao osnova mnogih GIS-ova	158
16.7.1. Sjedinjene Američke Države	159
16.7.2. Velika Britanija	159
16.7.3. Francuska	159
16.7.4. Njemačka	160
16.8. Primjene	160
16.8.1. Zemljšni informacijski sustavi (ZIS)	160
16.8.2. GIS za vodove	160
16.8.3. GIS kao automobilski informacijski sustav (AIS).....	161
16.8.4. GIS za popise stanovništva.....	162
17. BAZE PODATAKA	163
17.1. Uvod	163
17.2. Logički modeli podataka	163
17.2.1. Špageti-model	165
17.2.2. Hjerarhijski model.....	166
17.2.3. Mrežni model	166
17.2.4. Relacijski model.....	167
17.2.5. Objektno orijentirani model.....	168
18. TEKST NA KARTI	170
18.1. Uvod.....	170
18.2. Pismo	170

18.2.1. Značajke pisma	170
18.2.2. Računalno podržano oblikovanje pisma (slova)	173
18.3. Baze podataka geografskih imena	173
18.4. Smještaj imena.....	173
18.4.1. Opće postavke	173
18.4.2. Tri vrste smještaja imena	174
18.4.3. Računalno podržan smještaj naziva	176
 19. KARTOGRAFIJA, GIS I INTERNET	179
19.1. Internet	179
19.1.1. World Wide Web	179
19.2. Kartografija i Internet.....	181
19.2.1. Multimedijkska kartografija.....	182
19.3. GIS i Internet.....	183
19.4. Web-stranice s kartografskim sadržajima	184
 20. RJEČNIK.....	187
 21. LITERATURA	197
 22. URL-adrese	209
 23. KAZALO.....	210

1. UVOD

Pod digitalnom kartografijom podrazumijevamo primjenu kompjutorske tehnologije u kartografiji.

Prvi prijedlog o primjeni kompjutorske tehnologije u kartografiji iznesen je na Kartografskoj konferenciji u Chicagu 1958. I od 1960. nadalje dolazi do postepenog razvoja kompjutorski podržanih metoda u kartografiji. Želja je bila da se izrada karata racionalizira i da se u tu svrhu konvencionalne tehnike zamijene kompjutorski podržanim (Grünreich 1992).

U prvom razdoblju govorilo se o *automatizaciji u kartografiji* (Štefanović 1973) jer se očekivalo da će se razmjerno brzo moći potpuno automatizirati proces izrade karata.

S vremenom se uvidjelo da u procesu izrade karata različitih mjerila ima mnogo procesa (npr. kartografska generalizacija) koje, još dugo, neće biti moguće potpuno automatizirati. Stoga se umjesto termina automatizacija u kartografiji sve više počinje govoriti o *kompjutorski podržanoj kartografiji* (eng. Computer Assisted Cartography-CAC, njem. Rechnergestützte Kartographie) ili kompjutorski podržanim procesima u izradi karata (Aalders 1977).

U posljednje vrijeme sve se više upotrebljava još kraći naziv *kompjutorska kartografija* (eng. Computer cartography) (Clarke 1990).

Pojedini autori upotrebljavaju termin *digitalna kartografija*, iz kojog je uočljivo da se svi procesi odvijaju u digitalnom obliku (Grünreich 1993b).

Clarke (1990) uz termin kompjutorska kartografija upotrebljava i termin *analitička kartografija*. Analitička kartografija obuhvaća teoretske i matematičke osnove te pravila kojima se kartografi služe u izradi karata. Kompjutorska kartografija sadrži skup metoda i tehnika za izradu karata suvremenom kompjutorskom tehnologijom.

Primjena kompjutorske tehnologije u kartografiji usko je povezana s izumom *digitalizatora* i *plotera* početkom 1960-ih. Digitalizator je nužan da se sadržaj karte iz grafičkog oblika pretvori u digitalan, a ploter da se iz digitalnog oblika ponovo prijeđe u grafički oblik. Ploterom se, dakle, automatizira crtanje.

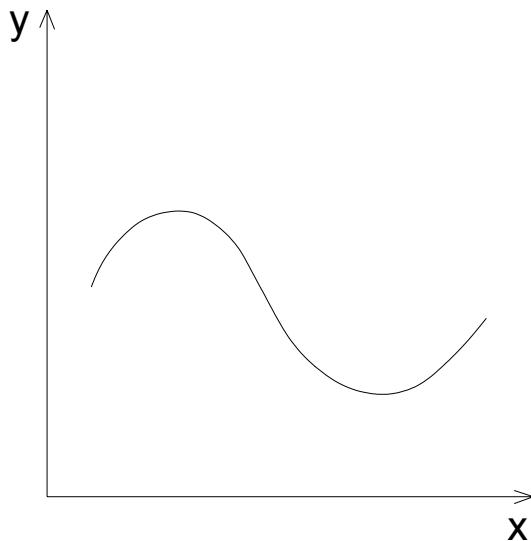
Kompjutorska kartografija je, zapravo, dio *kompjutorske grafike*, tj. primjene kompjutorske tehnologije u izradi raznovrsnih grafičkih prikaza.

Primjena kompjutora u industriji i obrazovanju (1960-1980), a ne samo u istraživačkim laboratorijima značila je glavni poticaj razvoju kompjutorske grafike. Ivan Sutherland je već 1962. teoretski riješio postupak interaktivnog kreiranja i modificiranja crteža (Anand 1991). Sredinom 1970-ih godina mjesto kompjutorske grafike u industriji i obrazovanju učvršćeno je njenom sposobnošću da poboljša produktivnost.

U razdoblju 1980-1990. široko su se počeli upotrebljavati mikroprocesori. *Kompjutorski podržano projektiranje* (eng. Computer Aided Design - CAD) postalo je svakodnevno u industriji i obrazovanju.

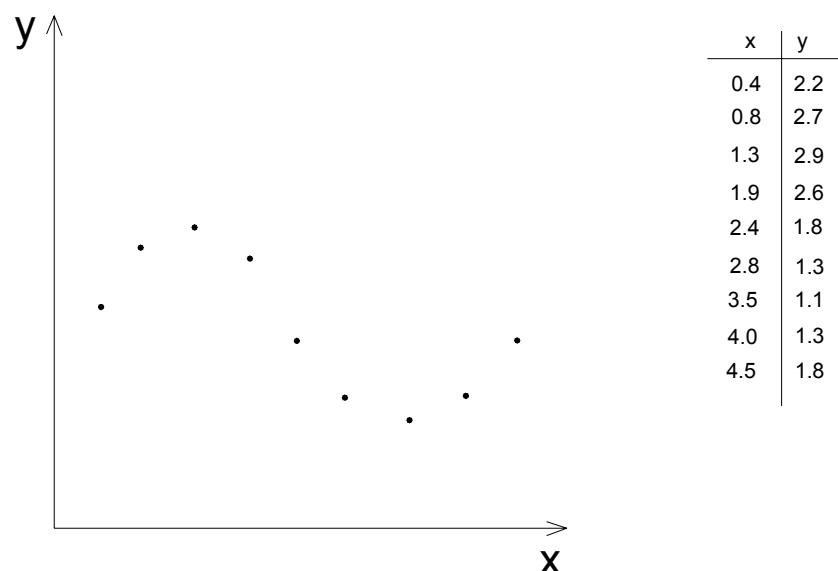
Budući da ćemo se u dalnjem izlaganju često služiti terminima *analogan* i *digitalan*, nužno je da ih definiramo.

Analogan znači neprekidan, neprekinut, kontinuiran, nediskretiziran, suprotan od digitalnog. Pojam koji se upotrebljava za svaki uređaj koji veličine prikazuje neprekinuto promjenljivim fizikalnom svojstvom, primjerice naponom u električnom krugu. Potječe od grčke riječi analogos što znači omjer ili proporcija. Analogni uređaj može prikazati beskonačni broj vrijednosti unutar radnog raspona. U računalstvu pojam analogan rabi se za opisivanje podataka spremljenih ili prikazanih u grafičkom (sl.1.1) ili slikovnom obliku (Lapaine 1999). Jedan od načina da takvu liniju unesemo u suvremeno digitalno računalo jeste da ju aproksimiramo koordinatama točaka (sl. 1.2.)



Sl. 1.1 Lijija na karti u grafičkom (analognom) obliku

Digitalan znači brojčan, pomoću znamenki. Način prikazivanja i obrade podataka pri kojem se oni prikazuju pomoću diskretnih znakova, posebice brojeva; primjerice digitalno zadavanje visina zemljišta kotama. U računalstvu, digitalno je gotovo istoznačnica s binarnim jer računala obrađuju podatke pretvorene u binarni oblik. Vrlo često se podaci u digitalnom obliku registriraju na medije pogodne za daljnju računalnu obradu. Riječ dolazi od latinskog digitus prst. Na engleskom imenica digit ima više značenja, među kojima i bilo koji od arapskih brojeva od 1 do 9 i 0 ili bilo koji od znakova nekog drugog brojevnog sustava, primjerice 0 i 1 u binarnom sustavu. (Lapaine 1999). Ako, dakle, koordinate točaka unesemo u memoriju računala ili na nosioce pogodne za kompjutorsku obradu time ih pretvaramo u digitalan oblik.



Sl. 1.2 Linija aproksimirana koordinatama točaka

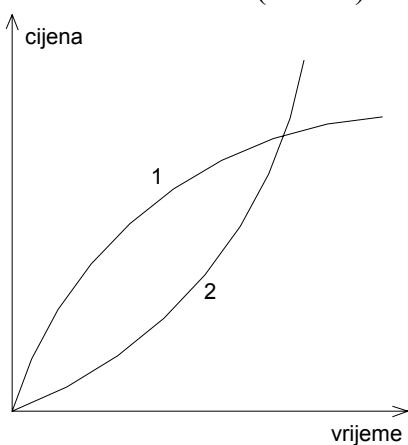
2. PREDNOSTI I NEDOSTACI DIGITALNE KARTOGRAFIJE

Primjena kompjutorske tehnologije u kartografiji naročito je važna, jer je proces izrade karata složen i vrlo dug, pa su mnoge karte u trenutku izlaska iz tiska već zastarjele. Osim toga u današnje vrijeme postoji potreba za sve većim brojem raznovrsnih karata, koje s dosadašnjim metodama izrade karata nije moguće zadovoljiti. Prema tome kompjutorska tehnologija nalazi u kartografiji zahvalno područje, a *prednosti* te nove tehnologije su višestruke.

Na prvom mjestu je *ubrzanje izrade karata*. Teži se tome da se što je moguće više automatizira čitav proces od terenske izmjere do izrade reprodukcijskih orginala. Podaci izmjere na terenu mogu se automatski registrirati i preko posebnih uređaja prenjeti u računalo. I podaci sa stereofotogrametrijskih instrumenata mogu direktno ući u računalo i pomoću odgovarajućeg softvera kartografski obraditi. Oko Zemlje kruže sateliti iz kojih se kamerama snima Zemljina površina ili se višespektralnim skanerima registriraju elektromagnetska zračenja i dobivaju podaci u digitalnom obliku od kojih se neki mogu koristiti i za izradu topografskih karata mjerila 1:25 000 i sitnijih mjerila. Ploteri višestruko ubrzavaju samo crtanje karata.

Karte s vremenom zastarjevaju, jer se grade nove ceste, željezničke pruge, kopaju kanali. Izgradnjom brana stvaraju se umjetna jezera, grade se nova naselja. Sve su to razlozi da karte treba u određenim vremenskim razmacima osuvremenjivati. Klasični postupci dugotrajni su i skupi pa se očekuje da kompjutorske tehnologije *ubrzaju osuvremenjivanje*.

Uvođenje kompjutorske tehnologije trebalo bi s vremenom *smanjiti cijenu izrade karata*. U početku su troškovi kompjutorski podržanih postupaka mnogo veći od klasičnih, jer zahtijevaju velike investicije za nabavku hardvera, softvera, prikupljanje podataka u digitalnom obliku i školovanje kadrova. S vremenom troškovi se smanjuju i u određenom trenutku postaju manji od troškova klasične izrade (sl. 2.1.).



Sl. 2.1. Odnos cijena (1) kompjutorske i (2) klasične izrade karata

Digitalna kartografija treba *poboljšati uvjete rada* u kartografiji. Oslobađajući kartografe dugotrajnog i mukotrpnog crtanja, koje su preuzeli ploteri, stvara im bolje uvjete za kreativni rad.

Poboljšanje kvalitete karata, također, je jedna od prednosti digitalne kartografije. Uzmemmo li u obzir da topografska karta Hrvatske u mjerilu 1:25 000 ima 600 listova a osnovna državna karta 1:5 000 nekoliko tisuća listova, jasno je da je teško uskladiti kvalitetu većeg broja crtača koji na njima rade. Primjenom plotera znatno će se poboljšati kvaliteta crtanja.

Digitalna kartografija omogućuje, nadalje, *rješavanje zadataka, koje do sada uopće nije bilo moguće riješiti* ili je njihovo rješavanje bilo skopčano s velikim teškoćama. To je npr. prenošenje sadržaja karte iz jedne projekcije u drugu ili promjena grafike karte.

Nadalje, *stručnjaci drugih grana* sve više od nas traže podatke u digitalnom obliku. To su šumari, agronomi, ekolozi, urbanisti, geolozi, prometni stručnjaci i mnogi drugi, koji rezultate svojih mjerena i istraživanja žele prostorno definirati.

I na kraju, ne usvoji li kartografska organizacija nove tehnologije, u određenom trenutku *neće više biti konkurentna* na tržištu.

Uvođenje računala u kartografiju ima i neke "negativne" učinke (Clarke 1990, str. 9-10). Količina tehničkih umijeća kojima kartograf mora ovladati u posljednje vrijeme enormno je porasla. Kartograf danas mora biti stručnjak za računalno programiranje, baze podataka, digitalnu obradu slika, daljinska istraživanja, zemljишne i geografske informacijske sustave.

Drugi nedostatak, koji su računala donijela kartografiji je da danas i *kartografski nestručnjaci mogu izrađivati karte*. Gotovo dvadeset godina kompjutorska kartografija je stvarala prilično loša kartografska djela, koja su prihvaćena, jer su bila nova i različita. Danas se pomoću računala mogu izrađivati karte, koje su tako dobre ili čak estetski bolje od onih izrađenih rukom. Sa sve savršenijim softverom, lakim za upotrebu, kartografi gube monopol na izradu karata. Međutim, kartografi se ne moraju bojati za svoju budućnost. Oni imaju i imat će sve više posla, samo trebaju prihvatiči činjenicu da su se definicije karte i kartografije promijenile. Osim karata i atlasa na papiru, sve se više izrađuju i upotrebljavaju karte i atlasi u digitalnom obliku. Stoga treba u izobrazbi kartografa sve više i više biti naglasak na digitalnim metodama vodeći računa da upravljanje, kontrola i eksploatacija kartografskih baza podataka imaju sve veću važnost.

3. KARTOGRAFSKI PODACI

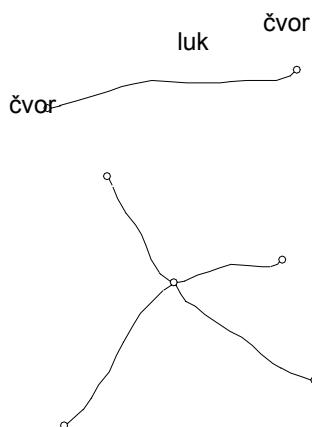
3.1. Osnovni pojmovi iz topologije

U izučavanju prirode kartografskih podataka, i njihovih digitalnih modela veliku pomoć pružaju osnovne spoznaje iz topologije.

Topologija je strogo govoreći dio matematike koji istražuje ona svojstva geometrijskih likova koja su invarijantna na neprekidna preslikavanja. U GIS-u (§ 16), topološki odnosi kao što su povezanost, susjedstvo i relativni položaj obično se izražavaju kao odnosi između čvorova, linija i poligona.

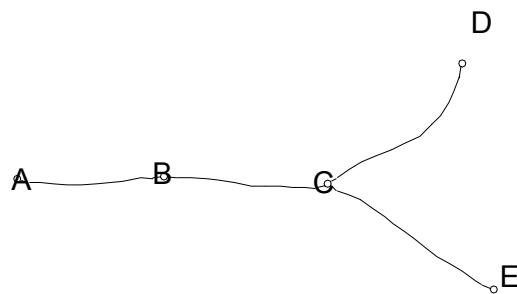
Osnovni pojmovi s kojima se u topologiji susrećemo jesu: linija (luk), čvor, poligon, područje, stablo, topološka transformacija.

Linija (line), također luk (arc) je jednodimenzionalni ili linearni element koji intuitivno zamišljamo kao dužinu ili krivulju. To je osnovni pojam vektorskih modela podataka. Na početku i na kraju linije je čvor (sl. 3.1). Dvije ili više linija mogu biti spojene u čvoru, a više linija može se nadovezati zajedno u petlju koja ako je zatvorena oblikuje područje ili poligon. Linije se upotrebljavaju za prikazivanje rijeka, cesta, granica itd. Čvor (node) je točka u kojoj se dotiču dvije ili više linija (lukova).



Sl. 3.1. Linije (lukovi) i čvorovi

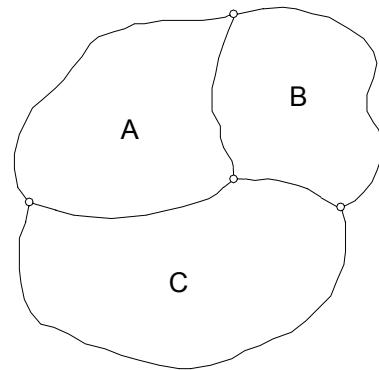
Red čvora predstavlja broj lukova koji se spajaju u tom čvoru (sl. 3.2.). Na toj slici točke A, D i E su čvorovi reda 1, točka B čvor reda 2, a točka C čvor reda 3.



Sl. 3.2. Čvorovi reda 1, 2 i 3

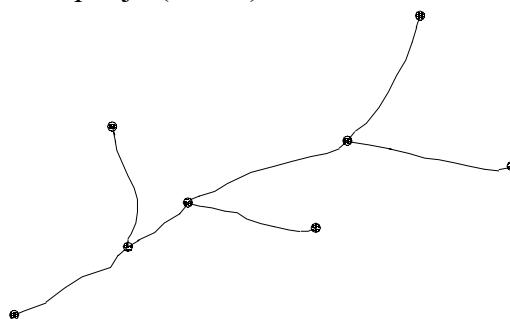
Napomena: obično se zanemaruju čvorovi reda 2. Takvi se čvorovi nazivaju i *pseudočvorovi*. Čvorovi reda 1 nazivaju se i *viseći čvorovi*. *Pravi čvorovi* su stoga čvorovi reda 3.

Poligon (polygon) je područje omeđeno zatvorenom linijom. Upotrebljava se za prikaz prostornih elemenata kao što su kuće, jezera, otoci, administrativne ili političke jedinice itd. Na slici 3.3. su prikazana tri područja: A, B, C.



Sl. 3.3. Područja A, B i C

Stablo u teoriji grafova je graf kod kojeg grane koje izlaze iz središnje točke ili stabljike ne oblikuju zatvorenu petlju (sl. 3.4).

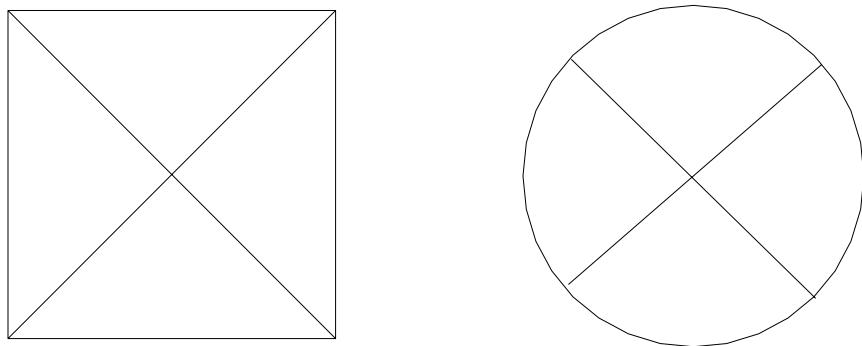


Sl. 3.4. Stablo

Topološka transformacija je transformacija pri kojoj se ne smiju promijeniti ove osobine geometrijskih likova

- a) broj čvorova
- b) red svakog čvora
- c) broj lukova
- d) red točke na svakom od lukova
- e) broj područja

To znači da se lik ne smije prekinuti, niti se njegovi dijelovi smiju spajati. Dozvoljeno je uvijanje i istezanje (u svim pravcima) (sl. 3.5). Za lik i njegovu sliku pri topološkoj transformaciji kaže se da su topološki ekvivalentne.



Sl. 3.5. Dva topološki ekvivalentna lika

3.2. Vrste kartografskih podataka

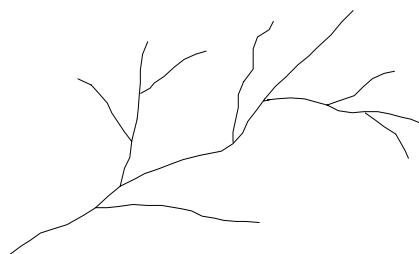
Ima nekoliko vrsta kartografskih podataka. Prvo su *točke*, npr. naselja na kartama sitnih mjerila. Drugo su *linije*.

a) *izolirane linije* (sl. 3.6) međusobno nepovezane (npr. ponornice)



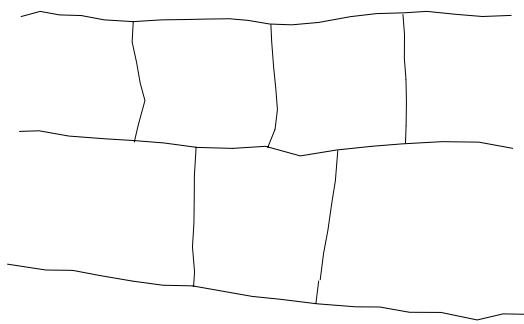
Sl. 3.6. Izolirane linije

b) *linije poput stabla* (sl. 3.7), npr. riječna mreža



Sl. 3.7. Linije poput stabla

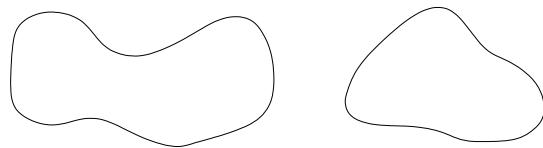
c) *mrežna struktura* (sl. 3.8), npr. cestovna mreža



Sl. 3.8. Mrežna struktura linija

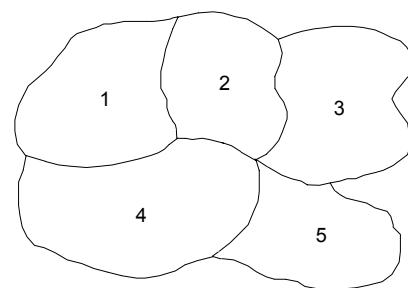
Treći tip su *poligoni*. Upotrebljavaju se za prikaz površina (područja). Postoje ovi tipovi:

- a) *izolirani poligoni* (sl.3.9), koji nemaju nikakvog dodira s drugim poligonima, npr. jezera;



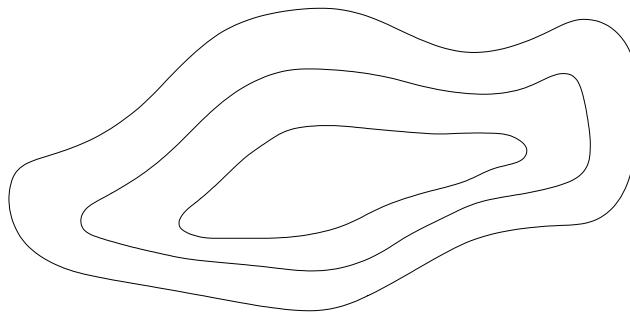
Sl. 3.9. Izolirani poligoni

- b) *susjedni poligoni* (sl. 3.10), gdje neki luk poligona graniči sa susjednim poligonom, npr. granice država;



Sl. 3.10. Susjedni poligoni

c) *ugniježdeni poligoni* (sl. 3.11), gdje jedan ili više poligona leže potpuno unutar drugog poligona, npr. izphipse.



Sl. 3.11. Ugniježdeni poligoni

Četvrti tip je mješavina spomenutih tipova. To mogu biti pomiješane linijске strukture ili linijске s poligonalnim. Npr. na karti granica država riječka kao dio riječne mreže može ujedno biti i granica države.

3.3. Oblik podataka

Podaci se pojavljuju u ova tri oblika:

- geometrijski
- grafički
- opisni

3.3.1. Geometrijski podaci

Geometrijski podaci mogu biti u obliku vektorskih ili rasterskih podataka.

Vektorski podaci

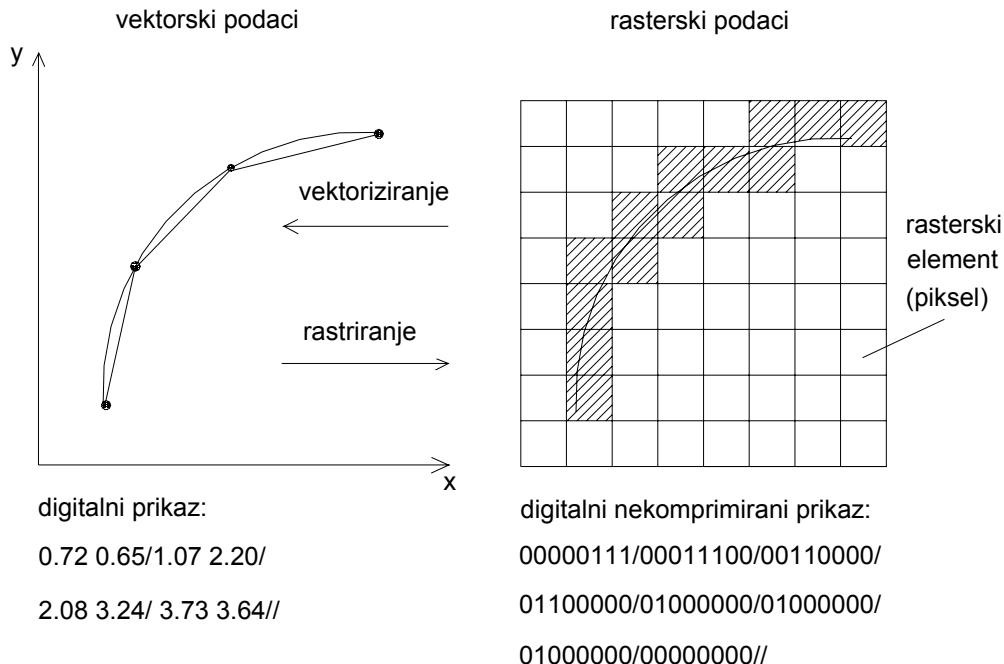
Vektorski podaci su položajni podaci nul-, jedno- ili dvodimenzionalnih objekata u obliku pravokutnih koordinata, npr. x, y koordinata jedne točke, koordinata početne i krajnje točke neke dužine, koordinata uzduž neke krivulje itd. U grafici i kartografiji vektor se može grafički poistovjetiti s jednom točkom ili s usmjerenom dužinom pa odatle i naziv vektorski podaci (Glossar 1993).

Rasterski podaci

Za razliku od vektorskog prikaza, rasterski prikaz zasniva se na površinama a ne na linijama. Osnovni geometrijski element je *piksel* (picture element; pixel; slikovni element).

Položaj piksela određen je redom i kolonom u tzv. slikovnoj matrici. Sadržaj svakog piksela je jednoznačan, npr. kopno ili voda (sl. 3.12).

U rasterskom prikazu ne razlikujemo točke, linije, površine, tj. ne postoji logička veza između slikovnih elemenata, već samo svojstva pojedinog piksela (npr. siva tonska vrijednost).



Sl. 3.12. Prikaz linije u vektorskom i rasterskom obliku (Weber, 1982)

3.3.2. Grafički podaci

Grafički podaci jesu siva tonska vrijednost, boja, šrafura, simbol, linijska signatura itd. Grafički podaci pridružuju se geometrijskim podacima dodavanjem grafičkih elemenata (sl. 3.13).

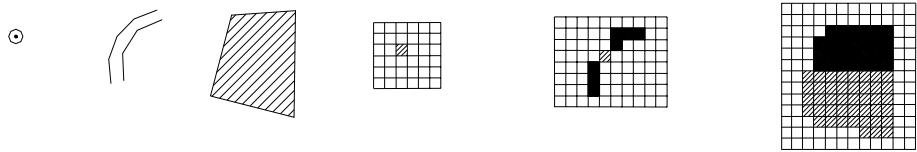
Osnovni geometrijski elementi dopunjeni s grafičkim podacima čine *vektorskiju grafiku*.

Grafičko oblikovanje rasterskih podataka naziva se rasterska grafika.

a) geometrijski podaci

element	vektorski		rasterski	
	digitalni	analogni	digitalni	analogni
točka	koordinate x,y	.	piksel	
linija	niz koordinata x,y		piksel	
površina	zatvoreni niz koordinata x,y		piksel	

b) grafički podaci



9

Sl. 3.13. Geometrijski podaci i njihovo grafičko oblikovanje (Bill, Fritsch 1991, str. 27)

3.3.3. Opisni podaci (atributi)

Opisne podatke nazivamo i tematski podaci ili atributi. To su svi negeometrijski podaci: tekst, brojke, nazivi, svojstva itd. To su npr. kućni brojevi, brojevi parcela, vlasnici. To može biti promjer nekog voda (npr. kanalizacijske cijevi), materijal od kojeg je izrađen. To su nazivi mjesta koje spaja neka cesta.

4. HARDVER

4.1. Računala

Prema njihovim mogućnostima i cijenama računala možemo svrstati u ove grupe:

- osobna računala (PC)
- radne stанице
- mini računala
- velika računala
- super računala

U kartografiji bi mogle naći primjenu sve vrste računala, ali se najčešće primjenjuju osobna računala i radne stанице.

4.1.1. Osobna računala (PC)

Središnja jedinica za obradu (engl. CPU - Central Processing Unit) je "mozak" računala. Glavni dio CPU je mikroprocesor. To je poluvodički element u kojem su na jednoj pločici poluvodiča smješteni svi bitni dijelovi CPU.

Snaga ili moć CPU jedinice ovisi o količini podataka koju može obraditi u jedinici vremena. Na snagu CPU utječe više činilaca.

Prvi od tih činilaca je *frekvencija takta* (engl. Clock) CPU jedinice. CPU jedinica obavlja obradu podataka u koracima ili taktovima. Jednostavnije operacije mogu se obaviti u jednom taktu dok je za složenije (npr. množenje) potrebno više taktova. Što je veća frekvencija to računalo može obaviti više operacija u određenoj vremenskoj jedinici. Računalo s frekvencijom takta od 300 MHz obavlja 300 milijuna taktova u sekundi.

Tablica 4.1. Mikroprocesori osobnih računala

Procesor	takt MHz
Pentium	100, 133, 200, 233
Pentium MMX	166, 200, 233, 266
Pentium II	266, 333, 400, 450
Pentium III	450, 500, 550, 600

Drugi važan činilac koji određuje snagu računala je *količina bitova koju odjednom može obraditi CPU* jedinica. Prvi mikroprocesori upotrijebljeni u osobnim računalima mogli su u jednom koraku obraditi 8 bita pa su nosili naziv osam bitni mikroprocesori.

Suvremena osobna računala posjeduju CPU jedinice koje u jednom koraku mogu obrađivati 16 ili 32 bita. Takve CPU jedinice nazivaju se 16 bitne ili 32 bitne, a često puta se i čitavo računalo naziva 16 bitnim ili 32 bitnim računalom.

Osnovne karakteristike mikroprocesora suvremenih osobnih računala sukladnih s IBM PC računalima dana su u tablici 4.1. Za računala kažemo da su sukladna (rabi se i naziv kompatibilna) ako mogu slobodno komunicirati ili dijeliti podatke bez pomoći hardverskih i/ili softverskih pretvarača (Microsoft Press 1995).

Radna memorija (RAM) osobnih računala kreće se najčešće u granicama od 4 MB do 64 MB.

Za primjenu osobnih računala u kartografiji važna je i kvaliteta slike na zaslonu (ekranu) monitora. Veličina zaslona mjeri se duljinom dijagonale izraženom u palcima odnosno inčima (""). Omjer između horizontalne i vertikalne stranice zaslona je najčešće 4:3. Neke od standardnih dimenzija zaslona su 14, 15, 17, 19 i 21 inča. Monitori većih zaslona su skuplji i upotrebljavaju se uglavnom za grafičke profesionalne primjene visokih zahtjeva. Takve zahtjeve postavlja i kartografija pa se za primjenu u kartografiji preporučuju monitori od 21 inča.

Monitor se povezuje s računalom posredstvom sklopa koji se naziva *grafička kartica* (engl. graphic card). Zadaća je grafičke kartice pretvorba digitalnih signala iz računala u oblik prihvratljiv monitoru. Grafička kartica i monitor moraju biti sukladni što drugim riječima znači da između grafičke kartice i monitora postoji određena veza. Da bismo objasnili prirodu te veze treba definirati rezoluciju monitora i rezoluciju grafičke kartice.

Rezolucija monitora, podatak koji se rijetko navodi u specifikaciji, jest broj točaka koji se u horizontalnom i vertikalnom smjeru mogu fizički smjestiti na zaslon monitora. S druge strane rezolucija grafičke kartice je broj točaka u horizontalnom i vertikalnom smjeru koje ta kartica može iscrtati na zaslonu monitora. Kvaliteta slike iscrtane na zaslonu monitora prvenstveno ovisi o broju točaka (engl. pixel) od kojih je slika sastavljena. Što je više točaka to je slika bolja. Međutim, rezolucija prikaza veća od rezolucije monitora nema mnogo smisla, jer je u tom slučaju piksel manji od točke zaslona. To znači da računalo iscrtava detalje koje ne možemo vidjeti (Šipek 1995a). Iz podataka u tablici 4.2. vidljivo je da zaslonu od 14 inča najbolje odgovara rezolucija grafičke kartice 640×480 , a zaslonu od 17 inča 1024×768 .

Monitori se s obzirom na mogućnost prikaza slike u boji dijele na jednobojne (monokromatske) i višebojne.

Višebojni monitori prikazuju sliku kombinacijom tri osnovne boje: crvene, zelene i plave (engl. Red, Green, Blue) pa se zovu RGB monitori. RGB model je također nazvan aditivni model, jer boje postaju svjetlijе dodavanjem (adicijom) više razine crvene, zelene i plave svjetlosti. Svi monitori, projektori i ostali uređaji koji prenose ili filtriraju svjetlost, uključujući TV-prijemnike počivaju na aditivnom modelu (McClelland 1998). Broj osnovnih i miješanih boja koje mogu prikazati višebojni monitori ovisi o njihovoj građi i grafičkoj kartici, a kreće se od 256 pa do nekoliko milijuna.

Tablica 4.2. Prikaz veličine ekrana u ovisnosti o rezoluciji grafičke kartice (BUG 1998)

	640×480	800×600	1024×768	1280×1024	1600×1200
14 inča	Najbolje	Dobro	Loše	Neupotreb.	Neupotreb.
15 inča	Dobro	Najbolje	Dobro	Loše	Neupotreb.
17 inča	Loše	Dobro	Najbolje	Dobro	Neupotreb.
19 inča	Loše	Loše	Dobro	Najbolje	Dobro
21 (20) inča	Loše	Loše	Dobro	Najbolje	Dobro

U tablici 4.3. dana je veličina memorije potrebna za postizanje određene rezolucije i određeni broj boja. Broj boja označava se kao 8-bitna, 16-bitna itd. Taj podatak označava koliko se bita informacije upotrebljava za pohranu podatka o boji svake točke prikaza. Tako 8-bitne kartice mogu prikazati najviše $2^8=256$ boja, 16-bitne $2^{16}=65536$ boja, a 24 bitne $2^{24}=16\ 777\ 216$ boja. Kada kažemo da je neka kartica 24-bitna, to znači da u nekom od modova prikaza može istovremeno na zaslonu prikazati 16,7 milijuna boja. (Šipek 1995b). Da bi se na zaslonu mogao prikazati određeni broj boja uz određenu rezoluciju, grafička kartica mora raspolagati i određenom memorijom. Npr., za prikaz 256 boja, uz rezoluciju 1024x768 potrebna je memorija od 1 MB, a za 32-bitnu boju 4 MB.

Tablica 4.3. Količina memorije ovisno o rezoluciji i broju boja (BUG 1998)

	640×480	800×600	1024×768	1280×1024	1600×1200
8 bitna boja	512 KB	512 KB	1 MB	1,5 (2) MB	2 MB
16-bit. boja	1 MB	1 MB	1,5 (2) MB	2,5 (4) MB	3,5 (4) MB
24-bit. boja	1 MB	1,5 (2) MB	2,5 (4) MB	4 MB	5,5 (6 ili 8) MB
32-bit. boja	1,5 (2) MB	2 MB	3 (4) MB	5 (6 ili 8) MB	7,5 (8) MB

4.1.2. Radne stanice

Radne stanice (engl. Workstations) su računala namijenjena opsežnoj obradi podataka, a odlikuju se velikom brzinom obrade podataka, znatno većom radnom i ostalom memorijom od mikroračunala te odličnim mogućnostima grafičkog prikaza podataka. Radne stanice se najčešće upotrebljavaju za obradu slikovnih podataka u obliku crteža i karata. Zbog toga se često zovu i grafičke radne stanice ili kraće grafičke stanice.

Kao mjera snage može poslužiti broj naredbi koji CPU može obaviti u određenom vremenu. U tu svrhu obično se rabe dvije jedinice: MIPS i MFLOP. MIPS (Mega Instructions Per Second) je jedinica mjere za brzinu obrade podataka kod računala, izražena kao milijun naredbi u sekundi. MFLOPS (Mega FLOating Points instructions per Second) je jedinica izražena u milijunu naredbi koje obrađuju podatke (brojeve) s pomičnim zarezom u sekundi.

Rezolucije monitora radnih stanica veće su od rezolucije osobnih računala, pa su monitori grafičkih stanica redovito dimenzija 21 inča ili veći. Radne stanice opremljene su

danas i posebnim grafičkim procesorima, koji su u stanju bez zamjetljivog čekanja stvoriti na ekranu složenu sliku u bojama. U kartografiji to znači perspektivni prikaz reljefa s raslinstvom ili s geološkim ili nekim drugim podacima.

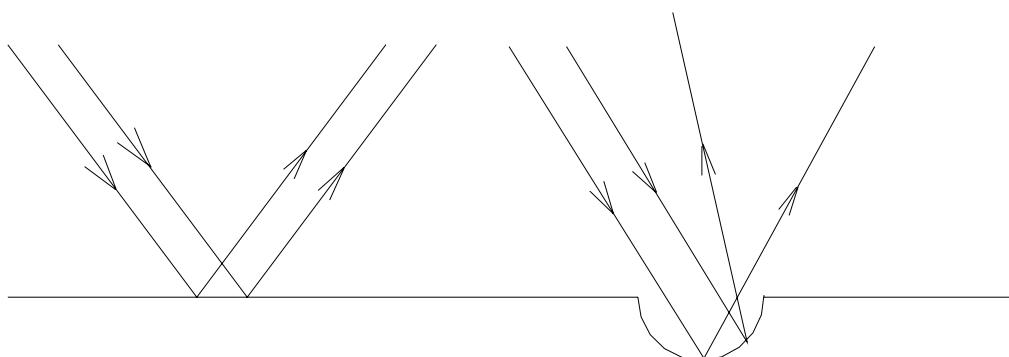
Podjela na osobna računala i radne stanice bila je u prošlosti jasno izražena. Danas ta podjela gotovo da i ne postoji, jer se osobna računala po svojim mogućnostima izjednačavaju s radnim stanicama.

4.1.3. Optički diskovi

Značajka obrade podataka u kartografiji je vrlo velika količina podataka. Zbog toga su optički diskovi, sa svojim velikim kapacitetom, vrlo važan medij za pohranu podataka.

Za upis i čitanje podataka na optički disk koriste se fizikalna svojstva svjetlosti. Kao izvor svjetlosti upotrebljava se laser, koji ima mogućnost stvaranja relativno velike energije na maloj površini. Za upis podataka koristi se velika energija laserske zrake na maloj površini, koja toplinom mijenja svojstva materijala na koji djeluje. Za čitanje se koristi laser male snage.

Osnovno načelo djelovanja optičkih diskova je prikazano na sl. 4.1.



Sl. 4.1. Odbijanja laserske zrake od površine optičkog diska

Ravna površina na kojoj nisu upisani podaci odbija upadne laserske zrake u paralelnom snopu. Površina na kojoj su neravnine uzrokovane upisom podataka, raspršuje upadnu lasersku zraku. Mjeranjem količine odbijenog svjetla, moguće je razlučiti od kakve se površine zraka odbila, te tako očitavati logičke "0" i "1".

Svojstva koja bitno razlikuju optičke diskove od ostalih vrsta diskova jesu:

- gustoća pohrane podataka (kapacitet reda veličine 1 GB, što odgovara količini od oko

- 500 000 stranica teksta formata A4)
- trajnost zapisa podataka (10-20 godina)
- izmjenjivost optičkih diskova.

Optičke diskove možemo podijeliti u nekoliko grupa s obzirom na mogućnost upisa, brisanja i promjene podataka.

CD-ROM su početna slova engleskog naziva Compact Disc Read Only Memory. Isporučuje se s upisanim podacima koje korisnik ne može ni mijenjati ni brisati. Podaci se upisuju ili snimaju kod proizvođača diska i korisnik može samo čitati te podatke. Na CD-ROM-ovima isporučuju se danas mnogi softverski paketi sa svom dokumentacijom, a objavljaju se na njima i raznovrsni atlasi, rječnici i enciklopedije.

Kapacitet CD-ROM diska je 650 MB a promjer mu je 12 cm. Dimenzije i format zapisa su standardizirani te se diskovi mogu upotrebljavati na različitim računalima. Pojavili su se 1985. godine i izravna su posljedica pojave audio CD diskova.

Po brzini čitanja CD-ROM-uredaji prošli su put od jednobrzinskih do 32 brzinskih u vrijeme pisanja ovog rukopisa. Brzina prijenosa podataka kod jednobrzinskih uređaja iznosila je 150 KB/s pa se brzina 32 brzinskih uređaja dobiva množenjem s 32 što daje 4800 KB/s. To je maksimalna brzina i odgovara brzini čitanja na vanjskim trakama (Roje 1998).

Na CD-R (Compact Disk Recordable) korisnik ima mogućnost da jednom upiše nove podatke. Podaci se upisuju laserom velike snage. Nakon upisivanja podaci se više ne mogu brisati ni mijenjati. Zbog ovakvog načina zapisivanja podataka CD-R jedinice su pogodne za zapisivanje podataka koji se nakon stvaranja više ne mijenjaju ili se mijenjaju vrlo rijetko, npr. geografske karte. Najveća prednost CD-R tehnologije je u tome što se medij nastao u toj tehnologiji bez ikakvih problema može čitati u bilo kojem standardnom CD-ROM uređaju.

Većina proizvođača CD i CD-R uređaja nudi danas i CD-RW (Rewriteable) uređaje. To su uređaji kojima se podaci na CD-RW zapisuju ali se mogu i brisati, dakle pisači-brisači. CD-RW uređaji mogu čitati CD-ROM diskove, ali standardni CD-ROM uređaji ne mogu čitati CD-RW diskove.

Diskovi još mnogo većeg kapaciteta pojavili su se 1995. godine pod nazivom DVD (Digital Video Disc). Budući da ti diskovi nemaju samo tu primjenu, ime je promijenjeno u Digital Versatile Disc, a kratica je ostala DVD. Kod DVD-a u usporedbi s CD-om zgušnuta je i stanjena spirala na kojoj se nalaze podaci. Kako bi te tanje staze bile čitljive, stanjena je i laserska zraka koja ih čita.

Novi DVD-ROM uređaji sposobni su čitati sve starije CD medije uključujući CD-R i CD-RW.

Osim klasičnog jednoslojnog diska kapaciteta 4,7 gigabajta, razvijena je i tehnologija dvoslojnog diska kapaciteta 8,5 GB. Moguće je proizvesti i dvostrane dvoslojne diskove kapaciteta 17 GB (Bobinac 1999).

4.2. Digitalizatori

Digitalizator (engl. digitizer) je uređaj za pretvaranje grafičkih izvornika u digitalan oblik. Po načinu rada dijele se u

- ručne i
- automatske.

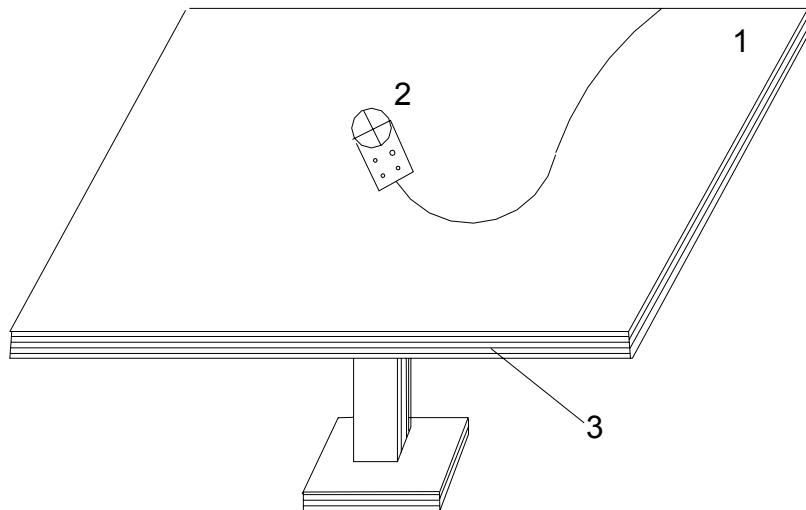
4.2.1. Ručni digitalizatori

Za ovu vrstu digitalizatora upotrebljava se i termin vektorski ili linijski digitalizatori. Glavni dijelovi jesu:

- ploha za digitalizaciju
- pokazivač (kursor)
- sustav za mjerjenje
- sučelje (interface) za povezivanje s računalom

Veličina plohe za digitalizaciju je obično između formata A3 (420×297 mm) do A0 (841×1189 mm) ali i većih formata. Ploha je obično smještena na nosaču koji omogućuje njeno naginjanje.

Pokazivač se sastoji iz kućišta u koje su ugrađeni zavojnica, staklena ploča s ugraviranim križićem i tastatura s 4 do 16 tipaka.



Sl. 4.2. Ručni digitalizator: 1-ploha za digitalizaciju; 2-pokazivač; 3-sustav za mjerjenje

Većina današnjih digitalizatora radi na induktivnom principu. Sustav za mjerjenje sastoji se iz guste mreže međusobno okomitih žica u smjeru osi y i x. Zavojnica u kurzoru inducira magnetsko polje. Sustav za mjerjenje registrira položaj pokazivača u odnosu na mrežu vodiča.

Kod ručnih digitalizatora pokazivač se rukom pomiče od točke do točke. Razlikujemo dva načina rada:

- statičan

- kontinuirani u dužinskim razmacima ili vremenskim intervalima.

U statičkoj digitalizaciji digitalizator emitira koordinate jedne točke nakon svakog pritiska tipke na pokazivaču.

Kontinuirana digitalizacija u dužinskim razmacima omogućuje da digitalizator neprestano emitira koordinate točaka dok je tipka pokazivača pritisnuta i to nakon što se pokazivač pomakne za zadani razmak.

Kod kontinuirane digitalizacije u vremenskim intervalima digitalizator emitira koordinate točaka u zadanim vremenskim intervalima neovisno o pomaku kursora. Korak se zadaje kao broj digitaliziranih točaka u jednoj sekundi.

Praksa pokazuje da se mnogo veća točnost postiže u statičkom načinu rada pa se taj način gotovo isključivo primjenjuje u kartografiji.

Za razlikovanja pojedinih vrsta točaka i izvođenje različitih funkcija služimo se različitim tipkama na kursoru. Npr.

1 - početna točka luka

2 - krajnja točka luka

0 - preostale točke luka

A - kraj digitalizacije

C - upis naziva luka itd.

Unutrašnja točnost digitalizatora obično se ocjenjuje na osnovi dviju veličina. To su

- rezolucija

- ponovljivost (repeatability)

Rezolucija je najmanja mjerljiva udaljenost duž koordinatnih osi. Obično iznosi od 0.01 do 0.1 mm.

Ponovljivost je sposobnost digitalizatora da identificira koordinate jedne te iste točke uzastopnim navođenjem. Kod većine digitalizatora je u granicama rezolucije (Štemberger 1986).

Unutrašnja točnost digitalizatora obično je 4 do 5 puta manja od rezolucije digitalizatora.

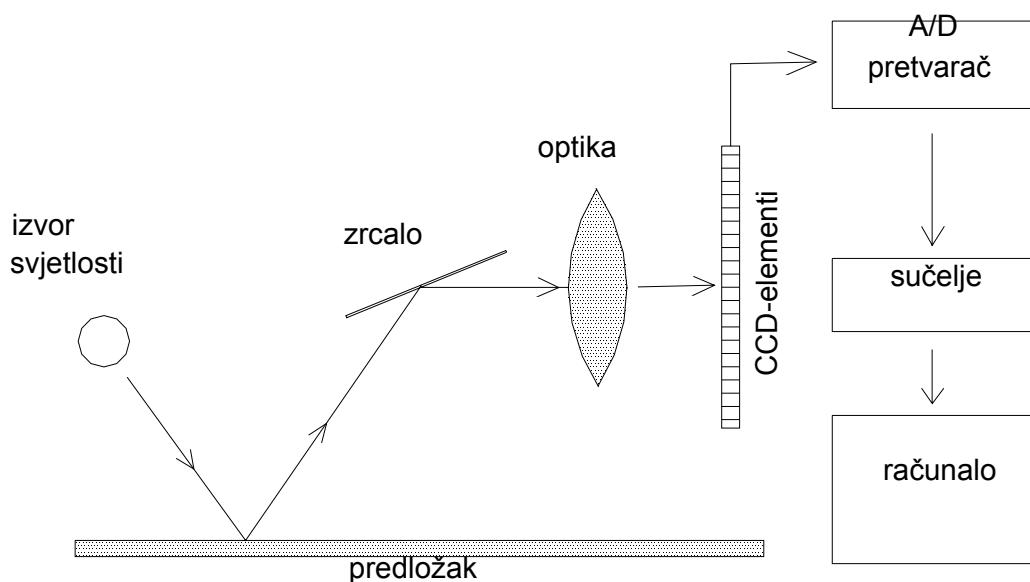
Većinu kartografskih potreba zadovoljava rezolucija od 0.025 mm (0.001") i unutrašnja točnost od 0.125 mm (0.005"), jer točnost s kojom iskusni operater može pratiti liniju iznosi 0.2 mm.

4.2.2. Automatski digitalizatori (skaneri)

Automatske digitalizatore nazivamo i skaneri prema originalnom terminu scanner. Tu vrstu digitalizatora nazivamo i rasterski digitalizatori, jer grafički predložak razlaže u gustu mrežu točkica, tzv. raster.

U procesu skaniranja predložak se osvjetjava bijelom svjetlošću. Glava skanera opskrbljena fotoosjetljivim elementima registrira kojim se intenzitetom svjetlost od pojedine točke odbila (refleksivni mod rada), odnosno koliko je svjetlosti kroz točku predloška prošlo (transparentni mod) te taj podatak pretvara u numeričku vrijednost. Izvor svjetla najčešće je LED dioda ili fluoroscentna svjetiljka. Kod najpreciznijih skanera upotrebljava se laserska zraka. Zraka svjetla odbijena od površine predloška dovodi se sustavom leća i ogledala do osjetila (senzora) za pretvorbu svjetla u električnu struju. Osjetila su obično integrirani poluvodički sklopovi osjetljivi na svjetlo tipa CCD (Charge Coupled Devices)(sl. 4.3).

Takvo osjetilo građeno je od niza minijaturnih osjetila poredanih u crtu određene duljine. Svako od tih osjetila registrira odbijenu zraku jednog uskog područja predloška i predočuje to područje određenom električnom strujom. Slika se tako dijeli u područja ili točke, pri čemu je svaka od točaka predočena jakošću električne struje koja odgovara intenzitetu odbijene svjetlosti. Slika je to vjernije prenijeta što ima više točaka na jedinici površine osjetila (senzora) tj. što je veća rezolucija skanera. Rezolucija skanera, koja se izražava u broju točaka po jedinici duljine, kreće se od 100 dpi (točaka po inču) do 2500 dpi. Rezolucija se ponekad izražava i brojem linija na milimetar ili veličinom točkice tj. piksela u milimetrima ili mikronima. Tipične vrijednosti rezolucije skanera dane su u tablici 4.4.



Sl. 4.3. Načelo rada skanera s CCD senzorom (Matko 1994)

Vodoravna i okomita rezolucija. Kod pojedinih skanera odvojeno se navode rezolucija u smjeru protezanja glave skanera (vodoravna rezolucija) i u smjeru kretanja glave, odnosno podloge s predloškom (okomita rezolucija). Vodoravna rezolucija

ograničena je brojem fotoosjetljivih elemenata na glavi skanera. S druge strane, okomita rezolucija vezana je samo uz pogonski mehanizam, tj. koračni (step) motor koji pokreće glavu ili predložak. S tehnološkog gledišta to nije tako velik problem pa je ta rezolucija obično veća od vodoravne. Najčešće dvije rezolucije veže faktor 2, pa tako susrećemo dvije rezolucije od 300×600, 400×800 ili 600×1200 dpi.

Tablica 4.4. Tipične vrijednosti rezolucije skanera

dpi	linija/mm	veličina piksela mm
200	~ 8	0.127
300	~ 12	0.085
400	~ 16	0.064
~ 508	20	0.050
600	~ 24	0.042
800	~ 32	0.032
~ 1016	40	0.025
~ 1524	60	0.017
~ 2032	80	0.012
~ 2540	100	0.010

Hardverska i softverska rezolucija. Sve prethodno rečeno odnosi se na tzv. hardversku ("stvarnu", "optičku") rezoluciju skanera, tj. onu koja je određena njegovom elektroničkom izvedbom. U novije su se doba, međutim, pojavili skaneri u čijim se karakteristikama ističu visoke "softverske" ili "interpolirane" rezolucije. U tom slučaju skaner realno skanira sliku u svojoj najvećoj rezoluciji, a zatim softver interpolirajući između susjednih točaka izračunava zacrnjenje međutočaka. Hardverska rezolucija se, opravdano, smatra stvarnim dometom skanera i granicom u proračunu mogućnosti uvećanja, a interpolacija je tek dodatak koji će se povremeno itekako isplatiti (Vlašić 1995a).

Postavlja se pitanje koja rezolucija je nužna za kartografske potrebe. Spies (1988) tvrdi da se dobri reproducijski originali rasterskom tehnikom mogu dobiti pri rezoluciji od 40 linija/mm. Opisujući karakteristike skanera za kartografske potrebe Weber (1982) dolazi do istog zaključka da veličina piksela treba biti najmanje 0.025 mm. Za skaniranje katastarskog plana dovoljna je rezolucija od 500 dpi (Grüner, Carstensen 1993).

S obzirom na mogućnost očitanja boja slike (predloška) postoje skaneri koji mogu očitati:

- jednoboju sliku u dva intenziteta (crno i bijelo)
- jednoboju sliku u više intenziteta (razina sivog)
- sliku u boji.

Skaneri s mogućnošću predočavanja različitih razina sivila predočuju svaku točku određenim brojem bita. Ovisno o broju bita, kojima se predočuju različite razine svjetline, postoje skaneri s 16 (4 bita), 64 (6 bita) i 256 (8 bita) razina sivog.

Pri skaniranju predloška u boji, što danas mogu gotovo svi skaneri koji se na tržištu nude, bijela se svjetlost razlaže na crvenu, zelenu i plavu komponentu (RGB: Red, Green, Blue) te se posebno bilježe intenziteti svake komponente u pojedinim točkama. Zbog prirode svjetlosti i teorije prikaza boja, svi skaneri boju prepoznaju na opisani način, prema tzv. aditivnim komponentama (naziv potječe od činjenice da crvena, zelena i plava svjetlost primijenjene u punom intenzitetu daju bijelu (Vlašić 1995b).

Jedna od metoda razlaganja boja na tri osnovne komponente je pomoću filtra, koji se sastoji od tri područja. Svako od tih područja propušta samo jednu od tri osnovne boje.

Nekim su skanerima za taj postupak potrebna tri prolaza glave preko predloška (svaki za jednu komponentu), dok su oni bolji u stanju sva očitavanja obaviti odjednom pa se često nazivaju "jednopravljaznim" skanerima. Jednopravljazni skaneri su tipično opremljeni s tri skupa fotoosjetljivih elementa ispred kojih se nalaze crveni, zeleni ili plavi filter (Vlašić 1995a).

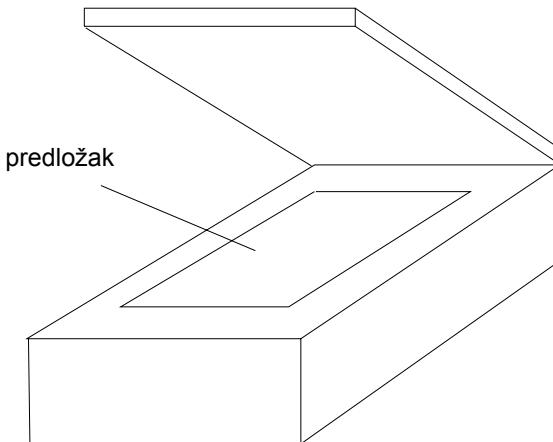
Skaneri se s računalom povezuju posredstvom posebnog sklopa ili kartice koja se ugrađuje u računalo, ili preko serijskih vrata. Uz skaner se isporučuje i pogonski program koji upravlja radom skanera i vrši pretvorbu slike u format podataka prihvatljiv računalu. Obično se podaci pretvaraju u oblik prihvatljiv popularnim programima za crtanje (npr. TIFF format, PCX format itd.).

S obzirom na način očitanja slike skaneri se mogu podijeliti u ove glavne skupine:

- stolni skaneri
- skaneri s pomičnim papirom
- ručni skaneri
- rotacijski skaneri
- videokamere

Stolni skaneri

Stolni skaneri po obliku sliče kopirnim aparatima. Na gornjoj strani kućišta nalazi se prozirno staklo na koje se, licem prema dolje, polaže slika koja se želi skanirati. U unutrašnjosti kućišta nalazi se izvor svjetla i sustav leća i osjetila za registraciju odbijene zrake svjetla. Skaniranje slike vrši se tako da se sustav svjetla, leća i osjetila giba s donje strane stakla cijelom duljinom slike koja se skanira. Maksimalni format najčešće je A4, a rjeđe A3. Rezolucija im je do 2400 dpi.



Sl. 4.4. Stolni skaner

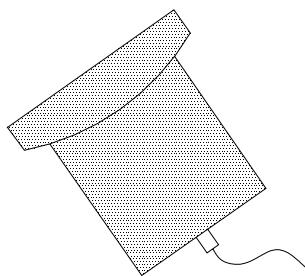
Skaneri s pomičnim papirom

Mehanizam se sastoji od glave i pogonskog mehanizma. U glavi je smješten sustav svjetla, leća i osjetila. Glava miruje, a pogonski mehanizam pomiče papir ispred glave. Širina ove vrste skanera može biti i do 100 cm. Obično su to jednobojni skaneri.

Rezolucija im se kreće od 200 dpi do 800 dpi.

Ručni skaneri

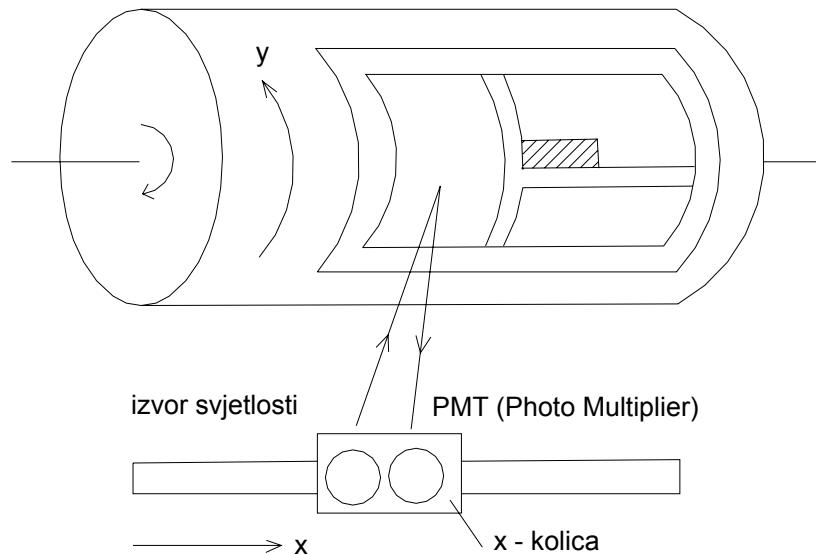
Cjelokupan mehanizam smješten je u kućište veličine pogodne za držanje u ruci (sl. 4.5.). S donje strane skanera nalazi se izvor svjetla koji osvjetljava sliku. Osjetila su smještena u jednoj liniji tako da u jednom trenutku mogu prihvati samo jednu usku liniju slike. Skaner se laganim ravnomjernim i pravocrtnim pokretom prevlači preko slike. Prevlačenjem skanera preko cijele slike računalu se prosljeđuje linija iza linije i tako prenose podaci o točkama cijele slike. Najveća moguća širina slike koja se može očitati iznosi oko 10 cm. Šire slike mogu se skanirati u nekoliko prijelaza. Rezolucija im se kreće od 100 dpi do 1000 dpi. Koriste se za manje zahtjevne primjene.



Sl. 4.5. Ručni skaner

Rotacijski skaneri

Predložak koji treba skanirati učvršćuje se na valjak koji se može okretati. Izvor svjetla, obično laserska zraka, nalazi se na kolicima koja se mogu pomicati okomito na smjer rotacije valjka. Umjesto CCD osjetila koristi se za pretvaranje reflektirane svjetlosti u električni signal PMT (Photo Multiplier) sklop (sl. 4.6.).



Sl. 4.6 Rotacijski skaner

Dok se valjak okreće, kolica miruju pa se skanira linija paralelna osi y. Zatim se kolica pomaknu za iznos rezolucije u sljedeći položaj pa valjak ponovo rotira. Na taj način skanira se čitav predložak.

Širina valjka može biti 100 cm pa i veća, a razlučivost i do 2500 dpi. To su prema tome skaneri koji zadovoljavaju najveće kartografske zahtjeve.

Videokamere

Videokamera opremljena s CCD osjetilima i A/D pretvaračem može također poslužiti kao skaner. Rezolucija im se kreće između 256×256 do 1024×1024 piksela.

4.3. Ploteri

Ploter (engl. plotter) je izlazna jedinica namijenjena izradi grafičkih prikaza. Po načinu rada dijele se na:

- vektorske i
- rasterske.

4.3.1. Vektorski ploteri

Osnovno načelo vektorskih plotera je: crtež nastaje relativnim pomicanjem pera za crtanje. Pomak u bilo kom pravcu ostvaruje se kombinacijom dva nezavisna i međusobno okomita pomaka u smjeru osi y i osi x.

Format plotera obično se izražava u standardnim formatima papira, pa su tako tipični formati plotera: A4, A3, A2, A1, A0.

Brzina plotera je najveća moguća brzina pri crtanjtu. Izražava se u jedinicama cm/s ili ips (inča u sekundi). Tipične vrijednosti kreću se od 20 cm/s do 100 cm/s.

Točnost plotera obično se ocjenjuje na osnovi dviju veličina. To su

- rezolucija,
- ponovljivost.

Rezolucija plotera je podatak o najmanjom koraku koji pero plotera može napraviti u smjeru koordinatnih osi. Tipične vrijednosti kreću se ispod 0.1 mm do 0.0025 mm.

Ponovljivost plotera izražava se kao pogreška pri vraćanju na točku na kojoj je pero već bilo. Tipične vrijednosti kreću se ispod 0.1 mm.

Po točnosti plotere dijelimo u precizne i probne.

Precizni ploteri: razlučivost 0.0025 mm, ponovljivost ± 0.02 mm, točnost ± 0.05 mm.

Probni ploteri: razlučivost 0.025 mm, ponovljivost ± 0.1 mm, točnost $\pm 0.1\%$ duljine linije.

Ploteri su opremljeni s više *pera*, obično osam pri čemu ta pera mogu biti različite debljine i različite boje. Postoje pera za jednokratnu upotrebu i pera koja se, nakon što se boja istroši, mogu nanovo puniti.

Ploterima se može i *gravirati*. Tada se u glavu za crtanje umjesto pera ulažu igle ili nožići za graviranje.

Crteži se najčešće izrađuju na papiru. Za primjene, kod kojih je potrebno zadržati dimenzije crteža koristi se poliesterska folija debljine od 0.05 do 0.2 mm.

Programski jezik plotera je oblik podataka koji ploter prihvata "razumije". Svaki od većih proizvodača plotera ima svoj jezik. Velika popularnost Hewlett Packardovih plotera doveo je do široke prihvaćenosti jezika te tvrtke. Taj jezik zove se HP-GL (Hewlett Packard Graphic Language) i prihvaca ga, praktički, svi ploteri na tržištu.

Ploter se veže s računalom priključnim kabelom posredstvom paralelnih ili serijskih vrata ugrađenih u računalo (Grundler 1993).

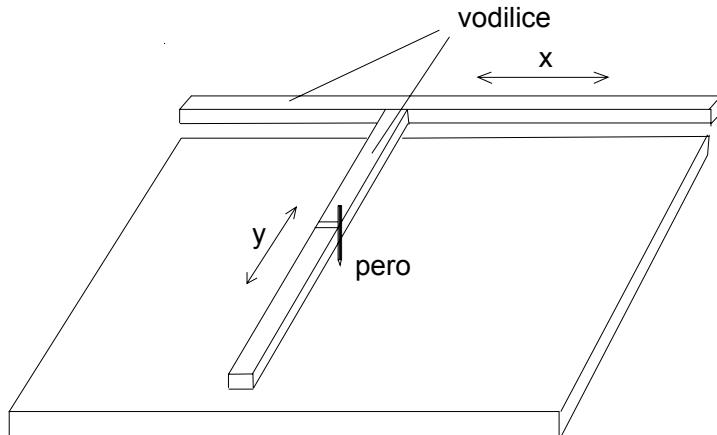
Vektorske plotere dijelimo u dvije grupe:

- ploteri s nepomičnim papirom
- ploteri s pomičnim papirom.

Ploteri s nepomičnim papirom

Tu vrstu plotera nazivamo i *stolni ploteri* (engl. flatbed plotter). Sastoje se od postolja ili ploče i pokretnog pera. Papir se učvršćuje na ploču pomoću mehaničkih držača ili vakuumom. Papir na kome se crta može biti različite vrste ili je to plastični list koji se i inače rabi za izradu crteža (Lapaine, Frančula 1991).

Pero pomicu koračajni (step) ili servo motori, a zahvaljujući paru okomitih vodilica pero se može pomicati u bilo kojem smjeru. Elektromagnet u držalu pera spušta i podiže pero.



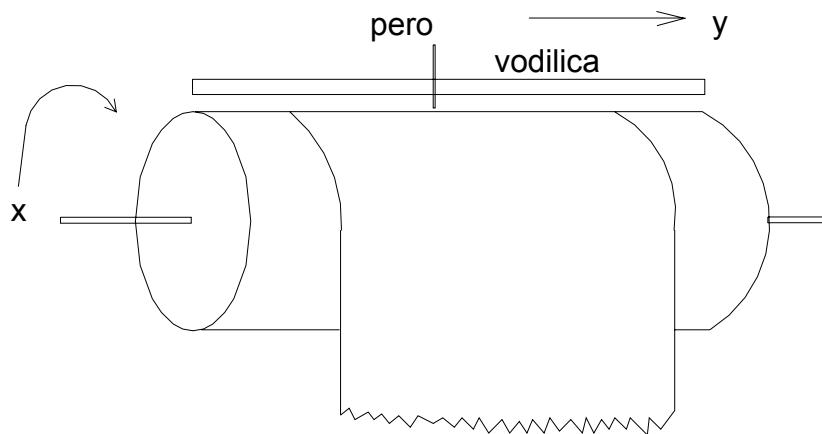
Sl. 4.7. Stolni ploter

Ploteri s pomičnim papirom

Takvi ploteri nazivaju se još i rotacijski ili valjkasti ploteri. Sustav pokretnih valjaka prihvata papir i pomiče ga naprijed-nazad. Pero se duž vodilice pomicše samo u smjeru okomito na smjer pomaka papira, a osim toga se spušta na papir i diže s njega. Pokretanje valjaka i pera omogućuju pogonski koračajni ili servomotori.

Koriste se dva osnovna načina pomaka papira. Pomak trenjem prihvata papir u sustav valjaka, te ga međusobnim pritiskom pomiče. Prednost ovakvog transporta je mogućnost upotrebe bilo kakvog papira ili folije, a nedostatak je mogućnost klizanja papira u odnosu na valjke pri čestom pomaku papira naprijed-natrag. Klizanje papira uzrokuje pogreške u crtežu. Vjerojatnost klizanja papira i pogrešaka je to veća što je papir veći, a crtež složeniji.

Druga vrsta pomaka papira je preko zupčanika na krajevima valjka. Nužan je posebno izrađen i skup papir s izbušenim rupicama na rubovima. Ovakav način pomaka papira osigurava visoku točnost položaja i nakon višestrukog pomaka papira.



Sl. 4.8. Ploter s pomičnim papirom

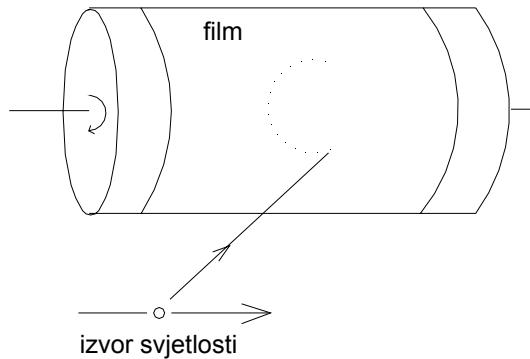
4.3.2. Rasterski ploteri

Rasterski ploter ima mogućnost da čitavu površinu slike ispuni gustom mrežom piksela od kojih nastaju ne samo točkasti i površinski već i linijski elementi. Po načinu rada dijele se u:

- fotoplotere
- elektrostatske plotere
- tintne plotere
- termalne plotere

Fotoploteri

Fotoploteri se nazivaju i osvjetljivači ili osvjetljivačke jedinice. Slika nastaje na filmu djelovanjem svjetlosne ili laserske zrake. Film se stavlja na valjak i priljubljuje na njega pomoću vakuuma. Valjak rotira velikom brzinom i slika nastaje uključivanjem i isključivanjem izvora svijetla. Takvi fotoploteri imaju vrlo visoku rezoluciju i preko 2000 dpi. Vrlo su skupi, ali se jedino pomoću njih mogu izraditi kvalitetni reproducijски originali. Fotoploter je ponekad spojen sa skanerom u jedinstveni uređaj.



Sl. 4.9. Rasterski ploteri

Elektrostatski ploteri

To su najčešće ploteri koji crtaju u boji. Stvaraju sliku kombinacijom tri osnovne boje suptraktivne sinteze, a to su cijan (cijanplava, oznaka C), magenta (purpurna, M) i žuta (Y). Suptraktivno miješanje boja koristi se u tisku, odnosno svuda gdje boje trebaju reflektirati, a ne zračiti svjetlost. Naziv proizlazi iz činjenice da se bijela boja dobija odsustvom (oduzimanjem, suptrakcijom) svih komponenti, a njihova puna zastupljenost trebala bi stvoriti crnu boju. U praksi se, međutim, pokazuje da je punim miješanjem CMY-boja moguće dobiti tamnosmeđu, pa se u model dodaje i crna boja (K, od riječi Key). Tako nastaje CMYK model, osnova svakog tiska u boji i otuda uvriježeni naziv četverobojni tisk (Vlašić 1995c).

Elektrostatski višebojni ploteri ostavljaju trag na posebnoj vrsti dielektričnog papira. Papir prolazi ispred glave koja ostavlja na papiru naboj u obliku nabijenih točaka. Papir zatim prolazi ispred spremnika s jednom od osnovnih boja u prahu. Prah se hvata na nabijena mjesta na papiru tvoreći vidljivu sliku. Papir nakon toga putuje ispred istovrsnih glava i spremnika preostale dvije osnovne boje i crne boje. Konačni rezultat je slika u boji sastavljena od točaka osnovnih boja i crne boje. Tipična rezolucija im je 400 dpi.

Tintni ploteri

Tintni ploteri (ink jet) ubrajaju se danas među najjeftinije rasterske plotere u boji. Kao i kod vektorskih plotera s pomicnim papirom papir se pomiciće preko valjaka, a glava putuje lijevo-desno, okomito na smjer pomicanja papira. U glavi su cjevčice koje na papir isprskavaju tanak mlaz tinte. Kao i kod elektrostatskih plotera slika nastaje miješanjem boja (CMYK) suptraktivnog modela. Tinta se nalazi u bočicama odvojeno za svaku od četiri boje, ili crna koja se najbrže troši zasebno, a ostale tri zajedno u jednom kompletu.

Termalni ploteri

Kod plotera koji rade na *thermal transfer* načelu glava zagrijava foliju s krutim pigmentima boje (tonerom). Zagrijat se može na jednu od 256 temperaturnih razina čime se otapa proporcionalni dio pigmenta i prenosi u obliku obojene točkice na papir. Daju vrlo kvalitetnu sliku u boji, a nedostatak im je skupi toner.

Sublimacijski ploteri rade na sličnom načelu kao i *thermal transfer* ploteri. Glava zagrijavanjem pretvara (sublimira) krutu tintu u plin koji se kondenzira na papiru. Što je zagrijavanje veće u pojedinoj točki, to se više tinte prenosi na papir. Mnogo su skupljii od tintnih plotera ali im je i kvaliteta mnogo veća.

5. DIGITALIZACIJA

Digitalizacija je postupak pretvaranja grafičkih originala u digitalni oblik. S obzirom na vrstu digitalizatora kojima se pritom služimo digitalizacija može biti (Weber 1991):

- ručna ili vektorska
- automatska ili rasterska, tj. skaniranje.

5.1. Ručna digitalizacija

Ručna digitalizacija je postupak pretvaranja grafičkih originala u digitalni oblik pomoću ručnih digitalizatora. Uključuje tri aktivnosti:

- pripremu izvornika
- vođenje pokazivača
- pridruživanje atributa.

Priprema izvornika često je potrebna da bi vođenje pokazivača i pridruživanje atributa bilo brže i jednostavnije. Npr. ako ceste digitaliziramo s izdavačkog originala, uputno je na tom originalu izvršiti klasifikaciju cesta tako da bi onom tko će voditi pokazivač bile lako uočljive. To će biti ako sve magistralne ceste obojimo jednom bojom, sve regionalne ceste drugom, a lokalne nekom trećom bojom.

Nadalje, ako se pri digitalizaciji naselja ograničimo samo na konturu naselja, onda je konturu nužno nacrtati na foliji.

Vođenje pokazivača prilično je naporan posao, jer se izvodi u nepovoljnem položaju tijela. Pri digitalizaciji prometnica prikazanih na karti s dvije linije digitalizira se samo os tih prometnica. Iskustvo pokazuje da praćenjem linije operater može na sat digitalizirati oko 4 m linije.

Pri digitalizaciji sadržaja karte treba pojedinim objektima (vode, prometnice, zemljišni oblici, itd.) pridružiti *attribute*. Atributi omogućuju izdvajanje pojedinih objekata u svrhu njihove dalje obrade, npr. generalizacije. Atributi, nadalje, omogućuju da se iz kompletног sadržaja digitalizirane karte izdvoje samo određeni objekti, koji će biti prikazani na nekoj tematskoj karti.

Radi toga se čitav sadržaj karte dijeli u, obično, sedam grupa objekata:

- 1 – stalne točke
- 2 – naselja
- 3 – promet
- 4 – vegetacija
- 5 – vode
- 6 – reljef
- 7 – područja.

Svaka od tih grupa dijeli se dalje u podgrupe unutar kojih su navedeni svi pripadajući objekti. Dio takve podjele za grupu 5 - vode dan je na sl. 5.1. (Brukner 1978).

Atributi se mogu unositi kao tekstualni podaci ili im se, što je češće, pridružuju brojčane šifre.

5. VODE

50 VODENE POVRŠINE

- 500 Mora
- 501 Jezera
- 502 Bazeni
- 503 Ribnjaci
- 504 Močvarna tla
- 505 Tresetišta

.....

51 VODENI TOKOVI

- 510 Rijeke
- 511 Rječice
- 513 Veći kanali
- 514 Manji kanali
- 515 Tuneli za vodu

.....

52 IZVORI VODE

- 520 Jaki izvori
- 521 Slabi izvori
- 522 Česme
- 523 Bunari
- 524 Cisterne
- 525 Crpke za vodu

.....

53 POJAVE NA VODI

- 530 Sprudovi
- 531 Stijene
- 532 Virovi
- 533 Kaskade
- 534 Vodopadi
- 535 Pera
- 536 Pragovi

.....

Sl. 5.1. Atributi voda i njihove šifre

Atributi se mogu pridruživati geometrijskim podacima (koordinatama) preko tipkovnice, pomoću izbornika (menija) ili uređaja za govornu komunikaciju s računalom. U jednostavnijim i manjim radovima na digitalizaciji atribut je najjednostavnije unositi preko *tipkovnice*. Npr. ako digitaliziramo granice država, atribut sadrži nazive država lijevo i desno od granice. Nazive država unosimo preko tipkovnice i potom digitaliziramo granicu između tih država. Podaci su tim redoslijedom i pohranjeni na nosilac podataka: atribut, koordinate točaka i tako redom za svaki luk (sl. 5.2.)

SLOVENIJA-HRVATSKA

45.5, 13.5, 45.7, 14.6, 45.4, 15.3, 46.0, 15.7, 46.4, 16.8,

MAĐARSKA-HRVATSKA

46.4, 16.8, 45.8, 17.6, 45.7, 18.5, 45.9, 18.9,

JUGOSLAVIJA-HRVATSKA

45.9, 18.9, 45.5, 19.1, 45.2, 19.5, 45.1, 19.2, 44.8, 19.1,

BOSNA I HERCEGOVINA-HRVATSKA

44.8, 19.1, 45.0, 18.7, 45.1, 17.7, 45.2, 16.9, 45.0, 16.3, 44.5, 16.1, 44.0, 16.5, 43.5, 17.2, 43.3, 17.3, 43.0, 17.6, 42.9, 17.7, 42.9, 17.9, 42.5, 18.5,

JUGOSLAVIJA-HRVATSKA

42.5, 18.5, 42.4, 18.5,

MORE-HRVATSKA

42.4, 18.5, 42.9, 17.7, 43.0, 17.6, 43.5, 16.0, 44.3, 15.4, 44.8, 13.9, 45.5, 13.5,

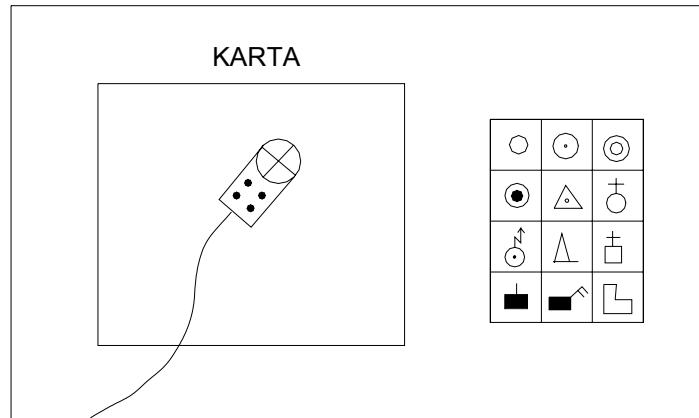
Sl. 5.2. Atributi i geografske koordinate ([], []) granica država

Takav način pohranjivanja podataka na nosioce podataka ne bi se mogao preporučiti kad se radi o digitalizaciji cijelokupnog sadržaja karte. U tom slučaju organizaciji podataka treba posvetiti mnogo veću pažnju. U tu svrhu postoje različiti modeli u sklopu baza podataka (§ 17).

Unošenje atributa preko tastature sporo je i podložno greškama. Mnogo brže i s manje grešaka atributi se unose pomoću izbornika (menija). Izbornik može biti na papiru koji se stavlja na plohu digitalizatora (sl. 5.3.) ili se kao dio programa za digitalizaciju pojavljuje na ekranu monitora. Pridruživanje atributa geometrijskim podacima, kod izbornika na plohi digitalizatora, obavlja se digitalizacijom bilo koje točke unutar određenog polja, npr. kvadrata s ucrtanim trigonometrom. Analogno tome kod izbornika na ekranu monitora mišom se cursor dovodi u određeno polje i pritiskom na tipku usnimava atribut.

Posljednjih godina razvijaju se i uređaji za govornu komunikaciju s računalom. Takav uređaj za usnimavanje atributa sastoji se od mikrofona, uređaja za analizu glasa i uređaja za registraciju glasa na nosilac podataka. Atributi se usnimavaju njihovim izgovaranjem u mikrofon. Analizator zatim uspoređuje izgovorenu riječ sa standardnim riječima prethodno snimljenim i registriranim na nosioce. Kad takav atribut pronađe,

zamjenjuje ga odgovarajućim kodom. Takav uređaj treba prije upotrebe kalibrirati za određeni glas i izbor riječi.

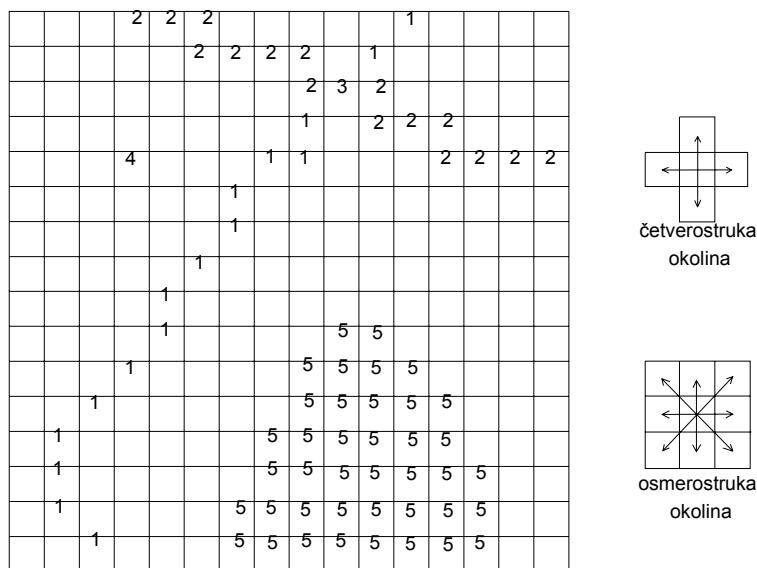


Sl. 5.3. Izbornik na plohi digitalizatora

5.2. Automatska digitalizacija (skaniranje)

Digitalizacija automatskim digitalizatorima, tj. skanerima najčešće se naziva skaniranje. Rezultat skaniranja je slikovna matrica (bitmapa) s uskladištenim atributima u točnom redoslijedu (sl. 5.4.).

Pojedinačni točkasti objekti (npr. kuća u sitnom mjerilu) prikazani su jednim pikselom u njihovom središtu. Površinski objekti (npr. šume) prikazani su većim brojem piksela koji su pokriveni tim objektom. Linijski objekti prikazuju se pikselima koje pokriva uzdužna os, koja ima "širinu" jednog piksela. Pri tom razlikujemo četverostruku ili osmerostruku okolinu (Weber 1982) (sl. 5.4.).



Sl. 5.4. Točke, linije i površine u digitalnom rasterskom obliku
(1-rijeka, 2-cesta, 4-kuća, 5-šuma)

Količina podataka dobivenih skaniranjem vrlo je velika. Navodimo tri karakteristična primjera:

- katastarski plan, 70x90 cm
rezolucija: 20 l/mm
količina podataka: (1 bit/piksel) 31,5 MB
- karta sa sjenčanim reljeffom, 48x70 cm
rezolucija: 40 l/mm
količina podataka: (1 bajt/piksel) 540 MB
- satelitska snimka u boji, 23x23 cm
rezolucija: 80 l/mm
količina podataka: (3 bajta/piksel) 1,015 GB

Da bi se smanjila količina podataka primjenjuju se različite metode komprimiranja podataka. Jedna od često rabljenih naziva se *run length code*. Nekomprimirani zapis posljednjeg reda sa sl. 5.4. ima ovaj oblik:

001000555555500

a komprimiran po spomenutoj metodi izgleda ovako:

311/785

Prva brojka označuje kolonu u kojoj se pojavljuje atribut različit od 0, druga brojka broj neprekinutog ponavljanja tog atributa i treća samu vrijednost atributa.

5.2.1. Priprema skaniranja

Pregled (Preview)

Prije skaniranja treba napraviti pregled slike. To je skaniranje ali u nižoj rezoluciji, radi uštede na vremenu. Za stolne skanere to obično znači 20 dpi.

Slika dobivena pregledom važan je izvor informacija. Na njoj se točno vidi smještaj predloška. Najvažniji rezultat pregleda jest histogram, koji omogućava izbor parametara za konačno skaniranje.

Histogram

Histogram grafički prikazuje zastupljenost pojedinih numerički izraženih vrijednosti zacrnjenja (za sliku u boji obojenja) u pikselima skanirane slike.

Na vodoravnoj osi histograma nalaze se iznosi zacrnjenja u rasponu od 0 do 255, a na okomitoj osi je ukupni broj piksela s tim zacrnjenjem. Od važnosti su relativni odnosi po pojedinim dijelovima histograma. Analizom histograma dolazi se do pouzdanih podataka o kvaliteti slike. U analizi histograma treba obratiti pažnju na tri važna pravila:

- histogram treba biti popunjen cijelom širinom, tj. tako da u njemu budu zastupljene sve vrijednosti od 0 do 255. Rupe u histogramu, poput češlja, znače odsutnost pojedinih nijansi, a time i lošiju kvalitetu slike,
- nepoželjno je nagomilavanje točaka u ekstremnim vrijednostima 0 i 255 (takozvana crna i bijela točka). Ova napomena ne vrijedi ako predložak sadrži i bijelu ili crnu pozadinu, koje takvima želimo i zadržati,
- histogram treba biti što glatkiji, bez naglih skokova i jako izrađenih gomilanja u svim drugim vrijednostima (Vlašić 1995a).

Ulaz-izlaz

Očitane i u digitalni oblik pretvorene vrijednosti nazivamo *ulaznima*. Na njih potom djeluju korekcijski parametri, koji služe za preračunavanje, a podaci koji se zapisuju u slikovne matrice (bitmapu) nazivaju se *izlazni* podaci.

5.2.2. Jednobojno skaniranje (*line art*)

Skaneri će svaki piksel identificirati kao crni ili bijeli. Budući da u jednobojnom skaniranju skaner svakom pikselu može pridružiti samo vrijednost *crnog* ili *bijelog*, presudni učinak na sliku imat će odabir granične vrijednosti prema kojoj skaner piksele svrstava u jedan od ta dva skupa vrijednosti. Granična vrijednost naziva se *prag* (threshold). Prag je jedini korekcijski parametar jednobojnog skaniranja.

Naravno, standardna vrijednost praga je u aritmetičkoj sredini između *crnog* i *bijelog*. Njezin pomak prema svjetlijem području znači da će skaner čak i točke u kojima registrirana svjetlina bude nešto veća proglašiti crnima, dok pomak praga ka crnom ima suprotan učinak. Suženjem praga uklanjaju se mrlje i nečistoće, dok se povišeni prag koristi na izblijedjelim i mutnim otiscima (Vlašić 1995a).

5.2.3. Skaniranje u sivoj skali (*gray scale*)

U ovom načinu rada svakoj se točki pridjeljuje vrijednost od 0 do 255, koja označava njeni zacrnjenje. Vrijednost 0 redovito označava crnu, a 255 bijelu boju, iako može biti i obrnuto.

Crna i bijela točka

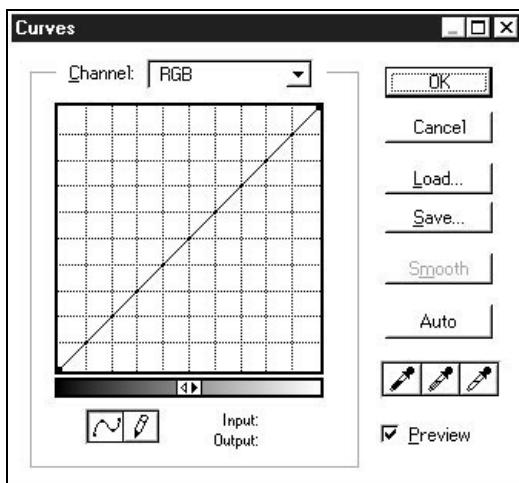
Regulacija crne i bijele točke (CT i BT) je način koncentriranja djelovanja skanera na područja zacrnjenja koja su nam značajna. Osnova za intervencije je histogram.

Pomak CT na višu vrijednost (npr. 20) znači da će se sve ulazne vrijednosti od 0 do 20 na izlazu interpretirati kao crne (zacrnjenje 0) dok pomak BT na npr. 240 znači da će sve ulazne vrijednosti od 240 do 255 biti pretvorene u 255, tj. bijele piksele.

Razlozi za korekciju javljaju se ako histogram pokaže da nema 100% crnih niti bijelih piksela, tj. slici nedostaje kontrast. Kako to popraviti? Najtamniji dijelovi slike koji nisu crni već tamnosivi moraju postati crni, a najsvjetlijii dijelovi koji su bijedosivi trebaju postati bijeli. Da bismo to postigli treba odgovarajuće trokutiće pomaknuti do najbližih im točaka grafikona i numeričke vrijednosti automatski će se korigirati. Pomak CT i BT prouzrokovao je odstupanje skanirane slike od originala, ali tako da je ona poboljšana, jer uključuje zaista crne i bijele piksele (Vlašić 1995a).

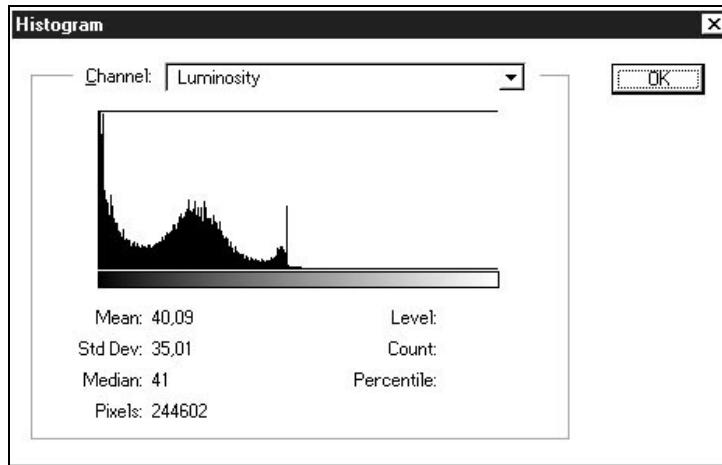
Tonska krivulja

Tonska krivulja je jednostavni grafikon na čijoj se vodoravnoj osi nalaze ulazne, a na okomitoj izlazne vrijednosti (sl. 5.5.).



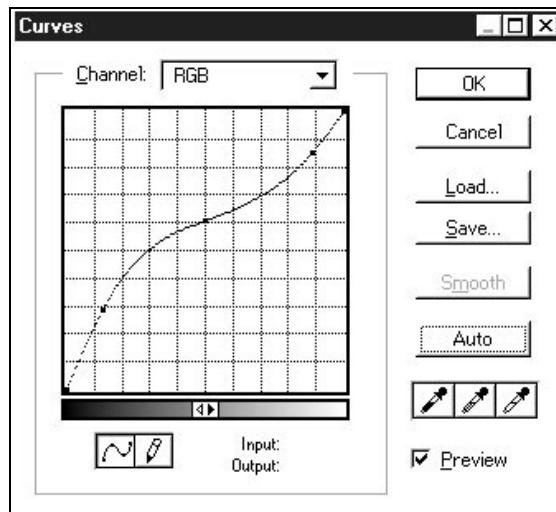
Sl. 5.5. Tonska krivulja iz programa Photoshop

Ako je krivulja pravac koji spaja donji lijevi i gornji desni vrh, tada je izlaz jednak ulazu. Ako se krivulja izmjeni, to znači da će izlaz biti različit od ulaza. To će biti korisno ako je slika pretamna ili presvijetla. Pregledni histogram je u takvom slučaju uglavnom popunjen cijelim rasponom, ali se primjećuje znatno gomilanje piksela u jednom od rubnih područja. Uzmemo li za primjer pretaman predložak njegov histogram pokazuje gomilanje piksela u blizini CT (sl. 5.6.)



Sl. 5.6. Histogram pretamnog predloška

Krivulju treba modificirati tako da u području sjena piksele posvijetlimo tj. da svakoj ulaznoj vrijednosti pripadne veća izlazna (sl. 5.7).



Sl. 5.7. Tonska krivulja za posvjetljivanje slike

Neke druge mogućnosti koje pruža tonska krivulja obraditi ćemo u poglavljju Obrada rasterskih podataka.

5.2.4. Skaniranje u boji

Ključni parametri koje smo upoznali u sivoj skali - crna i bijela točka, tonska krivulja - u skaniranju u boji mogu se primjeniti na svaki od osnovnih (RGB) kanala, kao i na dodatni kanal koji se obično naziva *Master*.

Djelovanje parametara na osnovne kanale sasvim je identično onome u sivoj skali i zasniva se na analizi histograma svakog kanala. Histogram na Master kanalu, najčešće, istovremeno prikazuje sva tri histograma osnovnih kanala.

5.3. Usporedba ručne i automatske digitalizacije

Prednosti ručne digitalizacije:

- uspostava topoloških odnosa on-line,
- gotovo nikakva dorada.

Nedostaci:

- velik utrošak vremena i mnogo stručnjaka,
- traži se školovano osoblje, jer se pri digitalizaciji traži interpretacija i strukturiranje sadržaja.

Prednosti automatske digitalizacije:

- ukupno manje osoblja i vremena,
- moguća visoka geometrijska točnost.

Nedostaci:

- skupi skaneri,
- neusavršen softver za vektorizaciju,
- znatna interaktivna dorada.

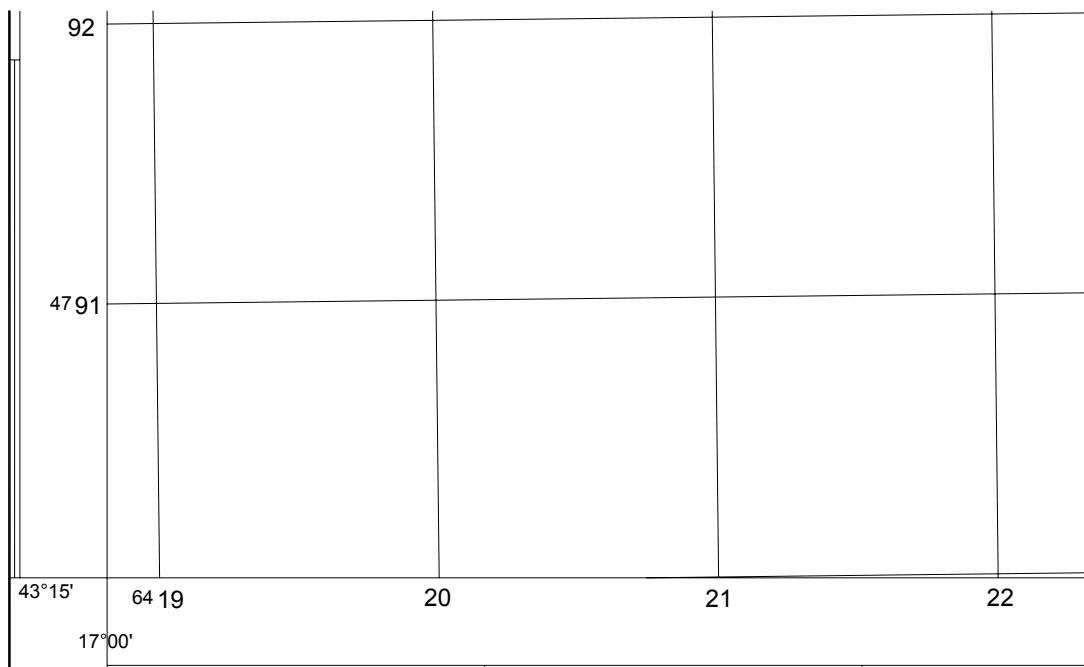
6. OBRADA VEKTORSKIH PODATAKA

Obrada vektorskih podataka uključuje velik broj algoritama za rješavanje različitih zadataka. Spomenut ćemo samo nekoliko karakterističnih primjera.

6.1. Transformacija koordinata iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav kartografske projekcije izvornika

Ručnom ili vektorskog digitalizacijom dobivamo koordinate u lokalnom sustavu digitalizatora. Za dalju obradu tih podataka, npr. njihovo spajanje s podacima dobivenim iz drugih izvornika, nužno je koordinate iz lokalnog sustava digitalizatora transformirati u neki koordinatni sustav čije parametre poznajemo. To može biti koordinatni sustav kartografske projekcije izvornika, naravno, ako znamo u kojoj je projekciji izrađen izvornik i sve parametre te projekcije.

Transformaciju koordinata iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav projekcije izvornika možemo izvršiti na osnovi određenog broja točaka čije koordinate znamo u oba sustava. Takve točke nazivamo identične, vezne ili oslone točke. Na listovima karata krupnih mjerila najbolje je za vezne točke uzeti presjeke linija pravokutne koordinatne mreže. Koordinate tih linija u danoj kartografskoj projekciji ispisane su uz rubove karte (sl. 6.1.)

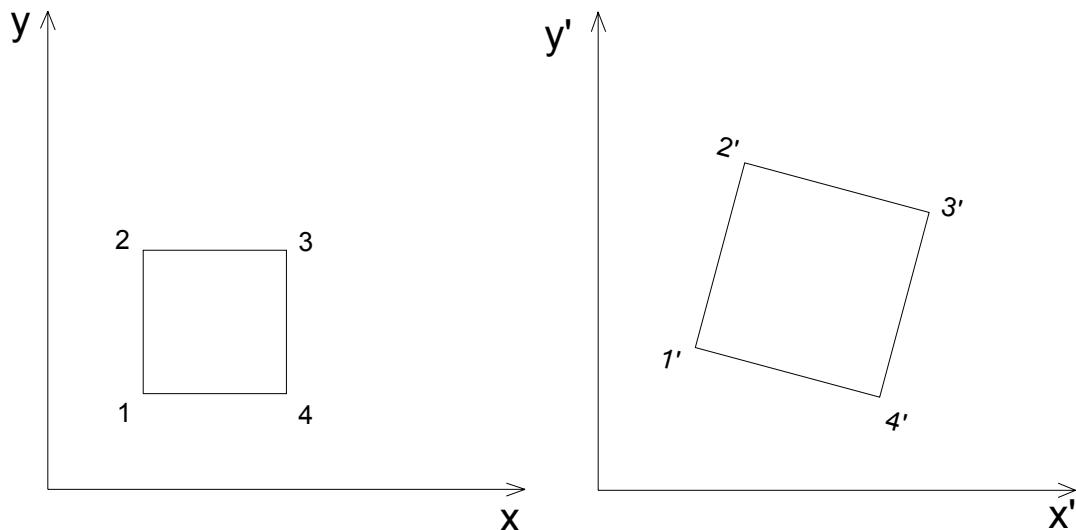


Sl. 6.1. Pravokutna koordinatna mreža na topografskoj karti mjerila 1:25 000

Digitalizacijom tih točaka dobivamo njihove koordinate u lokalnom sustavu digitalizatora. Na osnovi koordinata veznih točaka u oba koordinatna sustava mogu se odrediti parametri za transformaciju iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav kartografske projekcije digitalizirane karte. U tu svrhu najčešće se primjenjuju Helmertova, afina i projektivna transformacija. U opisu svojstava tih projekcija s y , x označit ćemo koordinate u lokalnom sustavu digitalizatora, a s y' , x' u sustavu projekcije izvornika.

6.1.1. Helmertova transformacija

Helmertova transformacija omogućuje transformaciju iz jednog koordinatnog sustava u neki drugi u kojemu u odnosu na ishodišni sustav postoji: *translacija ravnine a time i ishodišta, rotacija sustava i promjena mjerila*. Drugim riječima to znači da kvadrat iz jednog sustava možemo preslikati na bilo kakav kvadrat drugog sustava (sl. 6.2).



Sl. 6.2. Helmertova transformacija

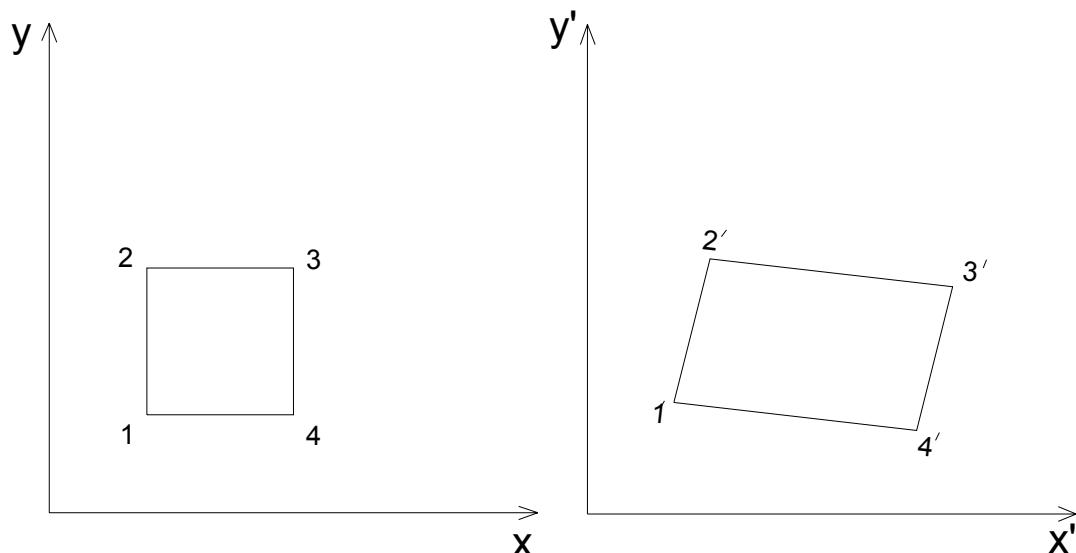
Formule za transformaciju su:

$$\begin{aligned} y' &= a y + b x + c_1 \\ x' &= a x - b y + c_2. \end{aligned} \quad (6.1)$$

Da bismo izračunali parametre a , b , c_1 i c_2 potrebno je sastaviti četiri jednadžbe. U tu svrhu dovoljno je poznavati koordinate dviju točaka u oba sustava. U tom slučaju, međutim, nema prekobrojnih podataka pa nema ni mogućnosti za procjenjivanje dobrote transformacije i, eventualne, grube greške ostaju neotkrivenе.

6.1.2. Afina transformacija

Afina transformacija omogućuje transformaciju iz jednog koordinatnog sustava u neki drugi pri čemu kvadrat iz jednog sustava možemo preslikati na paralelogram u drugom sustavu (sl. 6.3.). Nakon afine transformacije slike koordinatnih osi ne zatvaraju jednakе kutove s polaznim osima.



Sl. 6.3. Afina transformacija

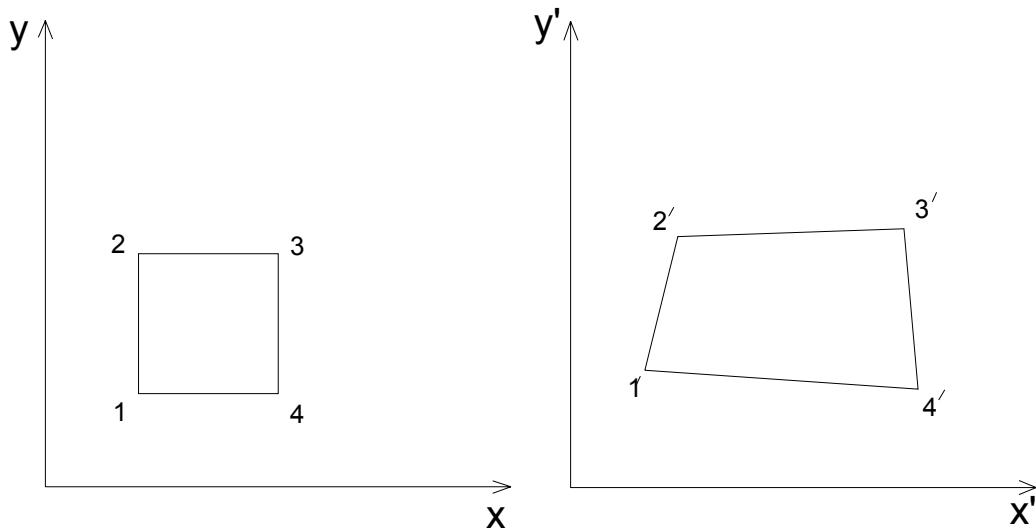
Formule za transformaciju su:

$$\begin{aligned} y' &= a_1 y + b_1 x + c_1 \\ x' &= a_2 y + b_2 x + c_2 \end{aligned} \quad (6.2)$$

Za izračunavanje šest parametara transformacije a_1, b_1, c_1, a_2, b_2 i c_2 dovoljno je poznavati koordinate triju točaka u oba sustava. S obzirom da ne postoje prekobrojni podaci, pri afinoj transformaciji zadanoj s tri para pridruženih točaka nema mogućnosti za procjenjivanje dobrote transformacije i, eventualne, grube greške ostaju sakrivene. Tek ako su poznate koordinate za više od tri para afino pridruženih točaka, tada je moguća primjena metode najmanjih kvadrata, što znači da se tada mogu izvesti ne samo odgovarajuće formule za procjenu točnosti parametara, nego i za procjenu točnosti transformiranih koordinata (Lapaine, Frančula 1994b).

6.1.3. Projektivna transformacija

Projektivna transformacija pruža veće mogućnosti od Helmertove i afine transformacije. Najzornije ćemo njene mogućnosti opisati ako kažemo da omogućuje da se kvadrat iz jednog sustava može preslikati na bilo kakav četverokut u drugom sustavu (sl. 6.4.).



Sl. 6.4. Projektivna transformacija

Formule za transformaciju jesu:

$$y' = \frac{a_1 y + b_1 x + c_1}{a_3 y + b_3 x + 1}, \quad x' = \frac{a_2 y + b_2 x + c_2}{a_3 y + b_3 x + 1} \quad (6.3)$$

Za izračunavanje osam parametara transformacije $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3$ dovoljno je poznavati koordinate četiri točke u oba sustava. Da bi se omogućila procjena dobrote transformacije i otkrile eventualne grube greške, treba parametre transformacije računati iz više od četiri para pridruženih točaka.

6.1.4. Mreža meridijana i paralela na izvorniku

Ako digitaliziramo kartu nešto sitnijeg mjerila, npr. kartu mjerila 1:500 000, tada na toj karti nije prikazana pravokutna koordinatna mreža, već mreža meridijana i paralela s upisanim geografskim koordinatama duž okvirnih linija karte. Budući da poznajemo kartografsku projekciju izvornika, to iz geografskih koordinata po osnovnim kartografskim jednadžbama te projekcije možemo izračunati pravokutne koordinate y i x. Daljnji postupak jednak je upravo opisanom postupku pri Helmertovoj, afinoj ili projektivnoj transformaciji.

6.1.5. Izbor transformacije

Koju ćemo metodu transformacije primjeniti u pojedinom slučaju ovisi prvenstveno

o vrsti deformacije izvornika. Ako je izvornik nedeformiran, tada ćemo zadovoljavajuće rezultate dobiti i Helmertovom transformacijom.

Ako je izvornik otisnuta karta, tada možemo pretpostaviti, a i mjerjenjem provjeriti, da usuh po obje osi nije isti. U tom slučaju valja primijeniti afinu transformaciju.

Pri još složenijim deformacijama bolje rezultate dobit će se primjenom projektivne transformacije.

6.2. Transformacija koordinata iz lokalnog sustava digitalizatora u sustav geografskih koordinata

Pri digitalizaciji karte sitnijeg mjerila s prikazanom mrežom meridijana i paralela ponekad ne znamo u kojoj je kartografskoj projekciji karta izrađena. Ako i znamo projekciju, ne znamo sve njene parametre, npr. širine standardnih paralela u konusnim projekcijama. Kao oslone točke poslužit će presjeci mreže meridijana i paralela, čije geografske koordinate čitamo s karte. Primijenit ćemo transformaciju pomoću polinoma, tako da koordinate iz lokalnog sustava digitalizatora direktno transformiramo u geografske koordinate:

$$\begin{aligned}\varphi &= a_1 + a_2 x + a_3 y + a_4 x y + a_5 x^2 + a_6 y^2 + \dots \\ \lambda &= b_1 + b_2 x + b_3 y + b_4 x y + b_5 x^2 + b_6 y^2 + \dots\end{aligned}\tag{6.4}$$

Broj veznih točaka ovisi o broju nepoznatih parametara.

Točnost transformacije ovim načinom ovisi o:

- kartografskoj projekciji,
- veličini područja preslikavanja,
- stupnju polinoma,
- broju i rasporedu oslonih točaka,
- točnosti digitalizacije.

Ispitivanja koja smo proveli pokazuju da polinomi trećeg i četvrtog stupnja daju dobre rezultate i na razmjerno velikim područjima (Frančula, Lapaine, Petrović 1984).

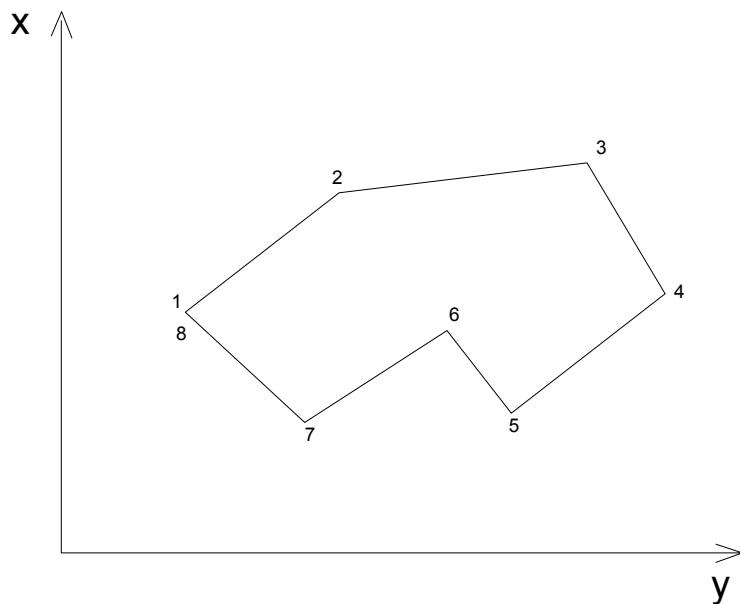
6.3. Računanje površine lika na elipsoidu iz digitaliziranih točaka

Površina lika proizvoljnog oblika čije su granice definirane koordinatama prelomnih točaka (sl. 6.5.) može se odrediti iz ovih izraza:

ili

$$p = 0.5 \sum_{i=1}^{i=n} (x_{i+1} - x_i)(y_i + y_{i+1})\tag{6.5}$$

$$p = 0.5 \sum_{i=1}^{i=n} (y_{i+1} - y_i)(x_i + x_{i+1}) \quad (6.6)$$



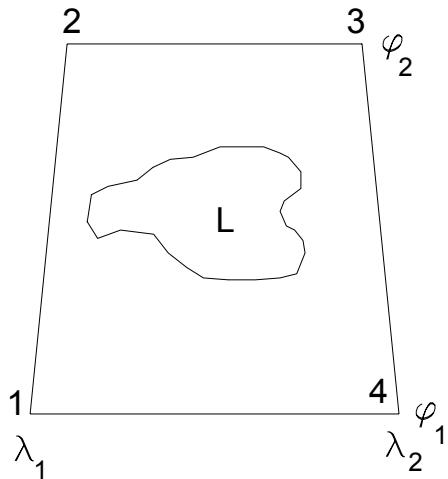
Sl. 6.5. Površina mnogokutnika

Površina izračunata iz digitaliziranih koordinata opterećena je, u većini slučajeva, deformacijama projekcije. Eliminaciju deformacija projekcije, tj. računanje površine na elipsoidu možemo izvršiti na tri načina (Štemberger 1992):

- računanje površine u lokalnom sustavu digitalizatora i svođenje na elipsoid
- računanje površine u koordinatnom sustavu projekcije izvornika i svođenje na elipsoid
- transformacija koordinata u neku ekvivalentnu projekciju i računanje površine u toj projekciji.

6.3.1. Računanje površine u lokalnom sustavu digitalizatora i njeno svođenje na elipsoid

Treba odrediti površinu lika L (sl. 6.6.) čija je kontura digitalizirana s lista topografske karte. Točke 1, 2, 3 i 4 trapeza čine okvir karte i njihove su geografske koordinate poznate. Površinu tog trapeza (P_{TD}) na karti izračunat ćemo iz digitaliziranih koordinata vrhova lista. Površina trapeza na elipsoidu (P_{TE}) dobije se po formuli (Lapaine, Lapaine 1991):



Sl. 6.6. Okvir lista topografske karte i lik L čiju površinu treba odrediti

$$P_{TE} = \frac{b^2}{2} (\lambda_2 - \lambda_1) \left(\frac{\sin \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e \sin \varphi}{1 - e \sin \varphi} \right)_{\varphi_1}^{\varphi_2} \quad (6.7)$$

gdje je

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

a a i b poluosi elipsoida.

Površinu lika L na elipsoidu dobit ćemo po formuli

$$P_E = P k' \quad (6.8)$$

gdje je

$$k' = \frac{P_{TE}}{P_{TD}} \quad (6.9)$$

Nedostatak tog postupka je u tome što se k' ne odnosi na lik L nego na čitav list karte.

6.3.2. Računanje površine u koordinatnim sustavu projekcije izvornika i svodenje na elipsoid

Sve koordinate dobijene digitalizacijom treba iz lokalnog sustava digitalizatora transformirati u sustav projekcije izvornika. Uvrštavanjem tako dobijenih koordinata u formulu (6.5) ili (6.6) dobije se površina lika (P) u projekciji izvornika. Površina se svodi na elipsoid po formuli

$$P_E = P k \quad (6.10)$$

gdje se k računa po formuli

$$k = \frac{1}{p} \quad (6.11)$$

u kojoj je p mjerilo površina. Većina topografskih karata izrađuje se u konformnim projekcijama u kojima je

$$p = m^2 \quad (6.12)$$

gdje je m linearno mjerilo. U Gauss-Krügerovoj projekciji je

$$m = 1 + \frac{\bar{y}^2}{2R^2} + \frac{\bar{y}^4}{24R^4} \quad (6.13)$$

pa je

$$p = 1 + \frac{\bar{y}^2}{R^2} + \frac{\bar{y}^4}{3R^4}. \quad (6.14)$$

Ako uvedemo na srednjem meridijanu umanjeno mjerilo m_0 , tada treba koordinate pomnožiti tim mjerilom, tj. $y = \bar{y} \cdot m_0$ i $x = \bar{x} \cdot m_0$. Mjerilo m izračunato po formuli (6.13) treba pomnožiti s m_0 , a p izračunato po (6.14) s m_0^2 .

U 5. i 6. koordinatnom sustavu Gauss-Krügerove projekcije na području Hrvatske $m_0=0.9999$. Kad se karta Hrvatske radi u jednom koordinatnom sustavu Gauss-Krügerove projekcije, preporučuje se za srednji meridijan uzeti meridijan s geografskom duljinom $\lambda_0=16^\circ 30'$, a za linearno mjerilo na tom meridijanu $m_0=0.9997$ (Frančula 1981). U formuli (6.14) y se može izračunati kao aritmetička sredina iz svih točaka konture.

Znatno točnije dobit će se površina ako se utjecaj deformacija projekcije računa sukcesivno za svaki trapez (sl. 6.5.) pa je

$$P_E = 0.5 \sum_{i=1}^{i=n} (y_{i+1} - y_i)(x_i + x_{i+1}) / p_i \quad (6.15)$$

gdje se p_i računa po formuli (6.14) i množi s m_0^2 , kad se radi o Gauss-Krügerovoj projekciji. Pritom se y može izračunati za svaki trapez po formuli

$$y = \frac{y_i + y_{i+1}}{2}. \quad (6.16)$$

6.3.3. Površina Hrvatske

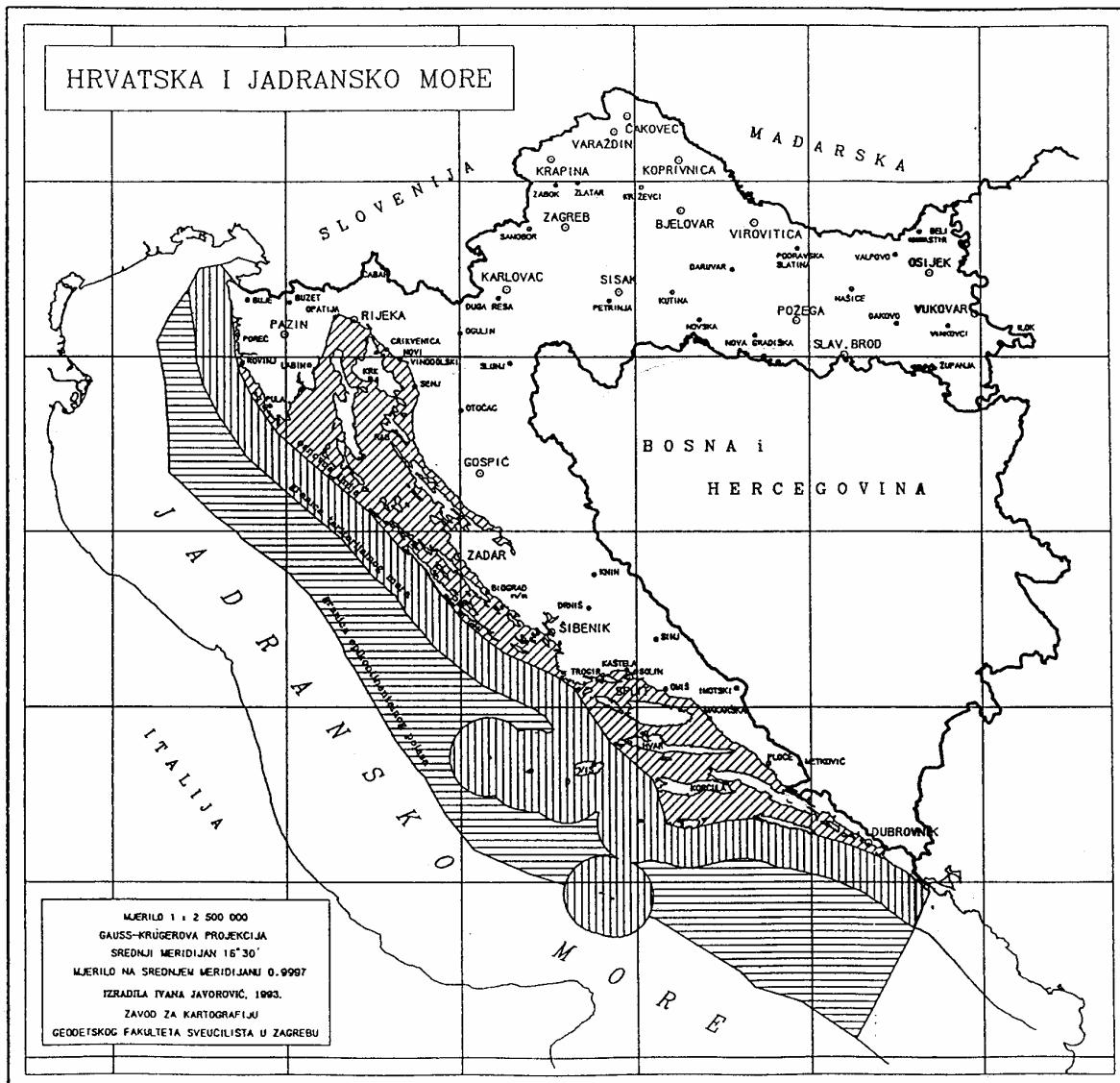
Nakon priznanja Hrvatske kao samostalne države površina kopnenog dijela bila je poznata, ali ne i površina hrvatskog mora. Bilo je potrebno odrediti površine unutarnjeg mora, teritorijalnog mora i epikontinentalnog područja (sl. 6.7).

Površina države obično se određuje mjerenjem s karata krupnog mjerila, npr. mjerila 1:25 000. To je, međutim, zbog velikog broja listova dugotrajan i skup posao. Istraživanja koja smo proveli (Frančula i dr. 1993, Lapaine i dr. 1993) pokazala su da se takva mjerena mogu s visokom točnošću izvršiti i na kartama sitnijeg mjerila. Mi smo granice Hrvatske digitalizirali s karte mjerila 1:1 000 000 izrađene u Gauss-Krügerovoj projekciji sa srednjim meridijanom duljine $\lambda_0=16^{\circ}30'$. Linearno mjerilo na srednjem meridijanu iznosi $m_0=0.9997$. Površine su računate po formuli (6.15), a mjerilo površina po formuli (6.14). Izračunate površine date su u tablici 6.1.

Za površinu kopnenog dijela Hrvatske dobili smo 56488 km^2 , što se od službenog podatka 56538 km^2 razlikuje za 50 km^2 , tj. 0.1%. Krivičić (1993) iznosi podatke mjerena površina otoka Cresa i Krka s karata krupnih mjerila (tablica 6.2). U zadnjem retku te tablice dane su površine koje smo mi dobili s karte mjerila 1:1 000 000 (Lapaine i dr. 1944). Usporedba podataka pokazuje da je površina otoka Krka određena s karte mjerila 1:25 000 i 1:1 000 000 praktično ista. Ako, pak, površine otoka Cresa i Krka izračunamo kao aritmetičke sredine iz podataka dobivenih s karata krupnih mjerila do mjerila 1:200 000, dobije se za Cres 406.49 km^2 , a za Krk 405.73 km^2 . Tako dobivena površina Cresa razlikuju se od površine dobivene s karte mjerila 1:1 000 000 za 1 km^2 ili 0.25%, a površina Krka za 0.5 km^2 ili približno 0.1%.

Tablica 6.1 Površina Hrvatskog kopna i mora

Republika Hrvatska	Površina [km ²]	Srednja pogr. [km ²]
Kopno	56488	20
Obalno more (bez otoka)	31479	38
Unutrašnje more (bez otoka)	12498	25
More između državne granice i granice epikontinentalnog pojasa	23870	40



Sl. 6.7. Granice Hrvatske na kopnu i moru

Tablica 6.2 Površina otoka Cresa i Krka

Mjerilo karte	Površina u km ²	
	Cres	Krk
1:5 000	405,78	
1:20 000		405,78
1:25 000		405,24
1:50 000	406,63	406,27
1:100 000		405,26
1:200 000	407,07	406,13
1:1 000 000	407,5	405,2

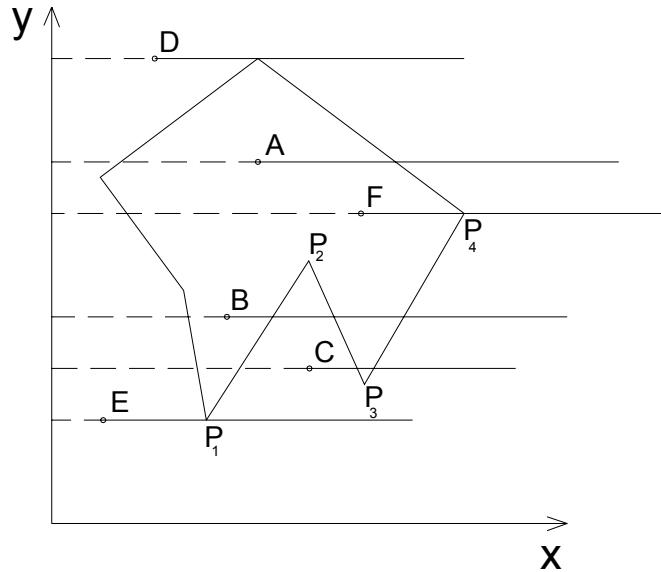
U tablici 6.3. pogreške mjerjenja površina s karte svrstane su, prema postignutoj točnosti, u četiri grupe. Točnost s kojom smo odredili površinu hrvatskog mora svrstava ta mjerena u grupu vrlo točnih mjerena.

Tablica 6.3. Točnost mjerjenja površina

Točnost	Pogreška u %
vrlo točna	0,2 - 0,4
srednje točna	1 - 2
približno	3 - 4
grubo približno	6 - 8

6.4. Točka unutar poligona ili izvan njega

Zadan je poligon koordinatama x_i, y_i vrhova P_i ($i=1 \dots, n$) i točke A, B, C, D, E, F. Koordinate bilo koje od tih točaka označit ćemo s y_T, x_T (sl. 6.8). Treba odgovoriti na pitanje koje se od tih točaka nalaze unutar poligona, a koje izvan njega. Da bismo odgovorili na to pitanje, tj. pronašli algoritam, povucimo iz točke koju ispitujemo pravac paralelan s osi x i izdvojimo stranice poligona koje siječe taj pravac.



Sl. 6.8. Položaj točke u odnosu na poligon

Te ćemo stranice izdvojiti pomoću relacija

$$y_i \leq y_T < y_{i+1} \quad (6.17)$$

ili

$$y_{i+1} \leq y_T < y_i \quad (6.18)$$

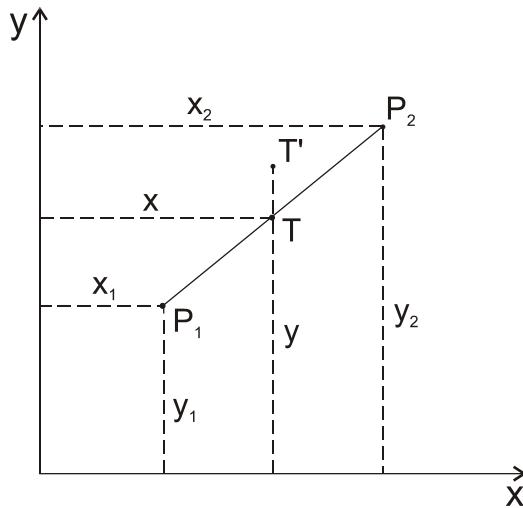
U daljem razmatranju koristit ćemo se samo tim stranicama. Izbrojimo sada broj presjeka desno od točke koju ispitujemo. Iz sl. 6.8. vidljivo je da je broj presjeka neparan kad je točka unutar poligona, a nula ili paran kad je točka izvan poligona. Presjeke nije potrebno računati. Dovoljno je izdvojiti stranice poligona koje siječe paralela s osi x kroz točku koju ispitujemo i izbrojiti koliko je tih stranica desno od točke.

Treba, dakle, pronaći kriterij da se utvrdi leži li točka lijevo ili desno od poligone stranice neovisno od nagiba stranice i redoslijeda numeracije točaka. Prepostavimo da se točka $T(y,x)$ nalazi na poligonoj stranici P_1P_2 (sl. 6.9). Iz jednadžbe pravca kroz dvije točke

$$x - x_1 = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} (y - y_1) \quad (6.19)$$

slijedi

$$x = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} (y - y_1). \quad (6.20)$$



Sl. 6.9. Položaj točke T u odnosu na poligonu stranicu

Pomaknimo sad točku T u položaj T' lijevo od stranice P_1P_2 i to tako da x ostane isti, a da y povećamo (sl. 6.9). Budući da su u jednadžbi (6.20) sve veličine ostale iste osim y koji je povećan, to je očito da jednadžba (6.20) prelazi u nejednadžbu:

$$x < x_1 + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} (y - y_1). \quad (6.21)$$

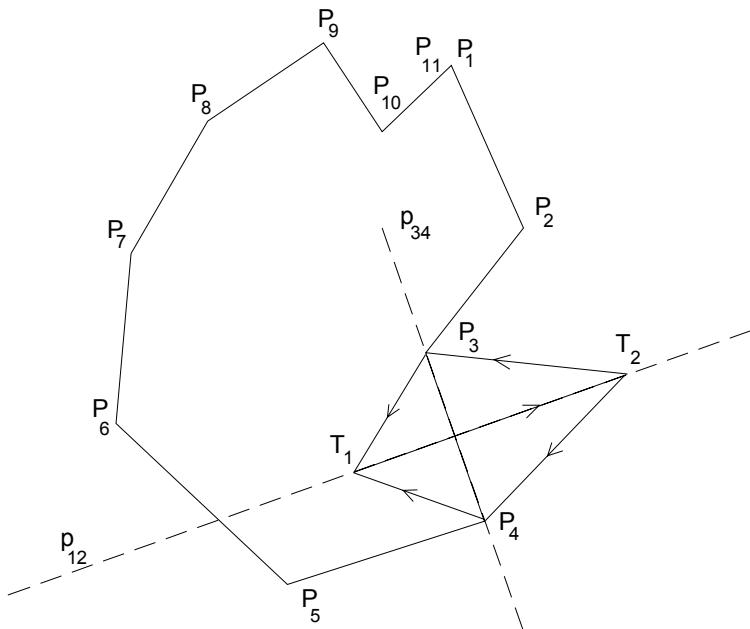
Prema tome, ako je zadovoljena nejednadžba (6.21), točka se nalazi lijevo od stranice. Može se lako dokazati da je nejednadžba (6.21) invarijantna na redoslijed numeracije točaka i nagib stranice P_1P_2 .

Za točku F (sl. 6.8) čija paralela s osi x prolazi vrhom poligona s pomoću relacija (6.17) ili (6.18) bit će izdvojena samo jedna stranica što znači da je točka unutar poligona. Za točke D i E (sl. 6.8) bit će izdvojene ili obje ili ni jedna stranica što i opet daje točno rješenje – točke su izvan poligona.

6.5. Presjek dužine i poligona

Zadana je dužina T_1T_2 koordinatama $(x_{T1}, y_{T1}), (x_{T2}, y_{T2})$ krajnjih točaka i poligon koordinatama (x_i, y_i) vrhova P_i ($i=1\dots, n$) (sl. 6.10). Da bi se izračunale koordinate presjeka, treba najprije odrediti koju stranicu P_iP_{i+1} poligona siječe dužina T_1T_2 . Time se zadatak svodi na određivanje presjeka dviju dužina. Razmotrimo trokute $T_1T_2P_3$ i $T_1T_2P_4$. Stranice trokuta orijentirat ćemo u skladu s navedenim redoslijedom vrhova trokuta. Za trokut ćemo reći da je pozitivno orijentiran ako se obilaskom stranica trokuta u smjeru njihove orijentacije unutrašnjost trokuta nalazi s lijeve strane. Tako je trokut $T_1T_2P_3$ pozitivno orijentiran, a trokut $T_1T_2P_4$ negativno.

Nije teško zaključiti da su svi trokuti sa stranicom T_1T_2 pozitivno (negativno) orijentirani ako njihov treći vrh pripada lijevoj (desnoj) poluravnini pravca p_{12} kroz točke T_1T_2 .



Sl. 6.10. Presjek dužine T_1T_2 s poligonom stranicom P_3P_4

Ako dvostruku površinu trokuta računamo po formuli

$$F = (x_{T2}-x_{T1})(y_i-y_{T2}) - (x_i-x_{T2})(y_{T2}-y_{T1})$$

tada pozitivno orijentirani trokuti imaju pozitivne vrijednosti površina, a negativno orijentirani trokuti negativne. Predznak površine se ne mijenja ako se ciklički zamijene njegovi vrhovi (Polić 1991/92).

Prethodno navedene tvrdnje iskoristit ćemo za izgradnju algoritma kojom se utvrđuje da se dvije dužine sijeku. Uvijek kada se dvije dužine sijeku točke T_1 i T_2 nalaze se u različitim poluravninama pravca p_{34} , a točke P_3 i P_4 nalaze se u različitim poluravninama pravca p_{12} . Ta činjenica povlači različitu orijentaciju trokuta kojima je zajednička stranica T_1T_2 , odnosno stranica P_3P_4 . To dalje povlači istinitost logičke relacije

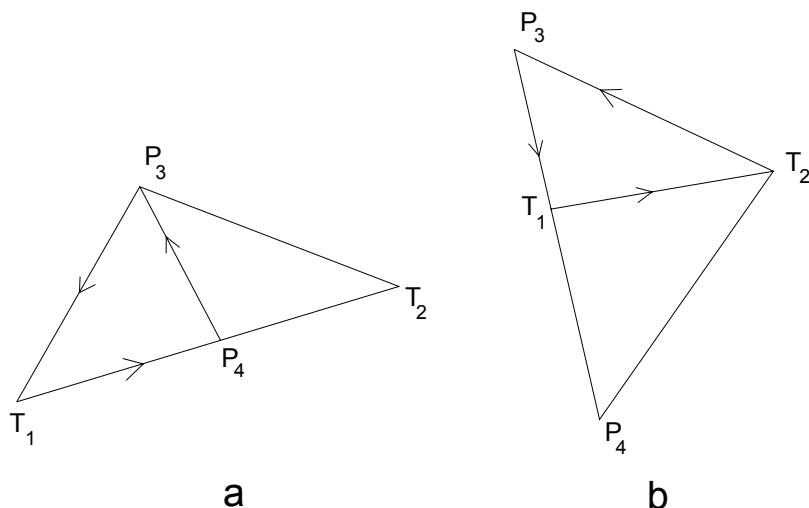
$$F_{123} \cdot F_{124} < 0 \text{ i } F_{341} \cdot F_{342} < 0$$

Dužine se također sijeku ako je jedna od rubnih točaka jedne dužine unutarnja točka druge dužine (sl. 6.11) pa prethodnu relaciju treba proširiti na sljedeću logičku relaciju

$$F_{123} \cdot F_{124} \leq 0 \text{ i } F_{341} \cdot F_{342} < 0$$

ili

$$F_{123} \cdot F_{124} < 0 \text{ i } F_{341} \cdot F_{342} \leq 0$$



Sl. 6.11. a) točka P_4 je unutarnja točka dužine T_1T_2 b) točka T_1 je unutarnja točka poligone stranice P_3P_4

Opisani algoritam upotrijebljen je za određivanje presjeka zrakoplovnih koridora s državnim granicama Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine (sl. 6.12) te određivanje udaljenosti od pojedinih radionavigacijskih sredstava do odgovarajuće granične točke. Taj je zadatak Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta u Zagrebu dobio od Uprave kontrole letenja Zagreb (Lapaine i dr. 1993).

Analiza točnosti očitavanja koordinata točaka državne granice s karata u mjerilima 1:25 000, 1:300 000, 1:500 000 i 1:1 000 000 pokazala je da je prosječna pogreška očitavanja s karte u mjerilu 1:1 000 000 u odnosu na 1:25 000 jednaka 230 metara. S obzirom na potrebnu točnost i na činjenicu da raspolazemo datotekom hrvatske državne granice u digitalnom obliku, zaključeno je da se cijeli postupak automatizira. Nadalje ispitivana je mogućnost zamjene geodetske linije pravcem u Gauß-Krügerovoj projekciji sa srednjim meridijanom $16^{\circ}30'$ i mjerilom na srednjem meridijanu 0.9997. Provedeno istraživanje pokazalo je da će učinjena pogreška biti reda veličine metra. To znači da bez daljnjega možemo u rješavanju postavljenog zadatka koristiti pravac umjesto geodetske linije (uz pretpostavku o računanjima u spomenutoj Gauß-Krügerovoj projekciji).

Na temelju prethodnih zaključaka sastavljen je računalni program PRESJEK koji iz zadanih geografskih koordinata dviju točaka izračuna pravokutne koordinate u spomenutoj Gauß-Krügerovoj projekciji i pronalazi sve presjeke pravolinijske spojnice tih točaka i državne granice. Za svaki pronađeni presjek program ispisuje njegove geografske koordinate i udaljenosti od zadanih točaka u nautičkim miljama i kilometrima.



Sl. 6.12. Presjeci zrakoplovnih koridora s granicama Hrvatske i Bosne i Hercegovine

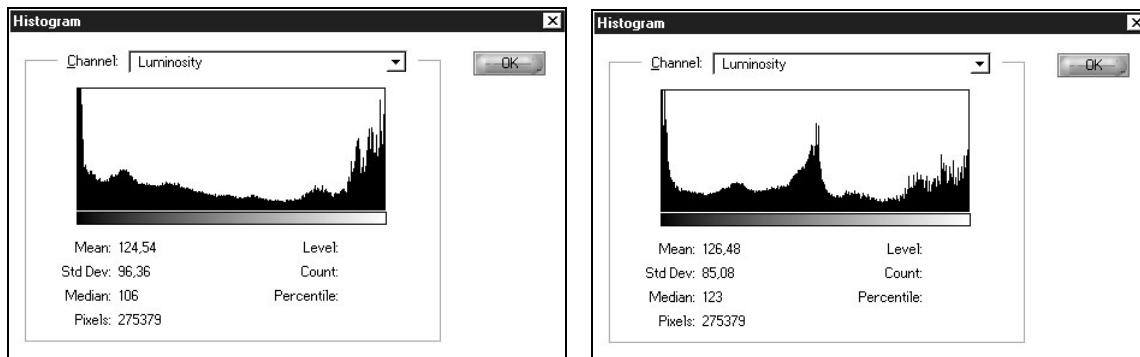
7. OBRADA RASTERSKIH PODATAKA

Obrada rasterskih podataka zasniva se na spoznajama *iz digitalne obrade slika*.

7.1. Osnovne operacije s rasterskim podacima

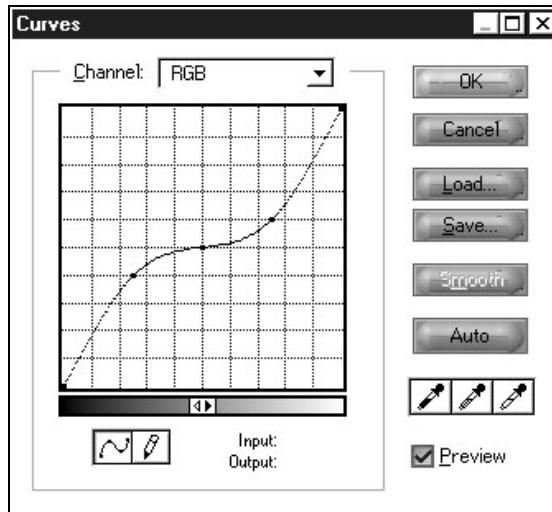
Radiometrijska transformacija je promjena sivih tonskih vrijednosti (zacrnjena) piksela pomoću tonske krivulje. S osnovama te metode upoznali smo se u odjeljku 5.2.3. Skaniranje u sivoj skali.

Radiometrijskom transformacijom možemo, među ostalim regulirati i kontrast snimka. Histogram prekontrasne slike pokazuje okupljanje istovremeno u oba rubna područja i relativno mali broj onih u sredini (sl. 7.1.a). U ovom slučaju naš je cilj ujednačiti raspodjelu, što znači posvijetliti sjene i zatamniti svjetline bez izraženijih promjena u srednjim tonovima. Treba odrediti oblik tonske krivulje kojom se postiže taj cilj.



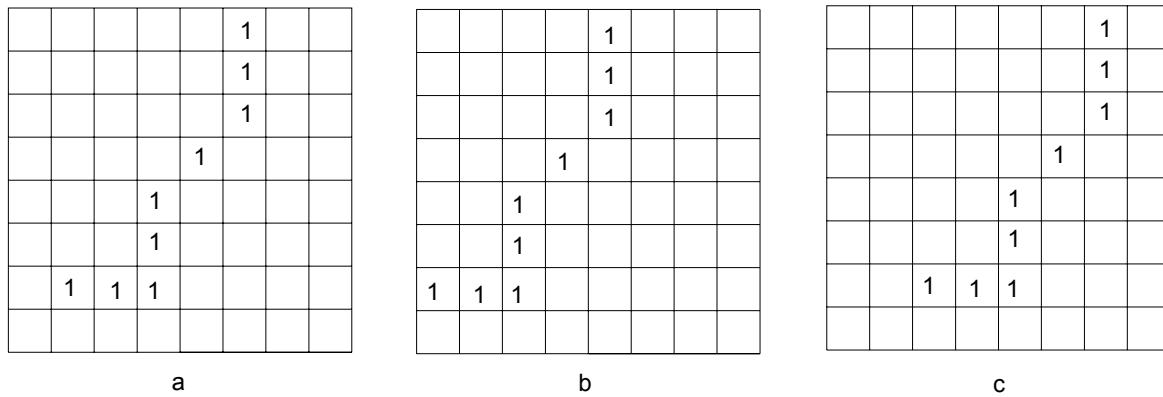
Sl. 7.1. a) ulazni histogram suviše kontrastne slike,
b) izlazni histogram nakon transformacije

Na sl. 7.2. je dan oblik krivulje kojom se postiže željeni cilj. U presjeku dijagonalna ulazna vrijednost jednaka je izlaznoj. U blizini te točke krivulja je blaga dakle, korekcije nisu znatne što se i željelo. U području sjena svi pikseli se posvjetljuju, a u području svjetlina potamljuju. Izlazni histogram (sl. 7.1.b) drastično se razlikuje od ulaznog histograma (sl. 7.1.a), a na slici je prejaki kontrast ublažen (Vlašić, 1995b).



Sl. 7.2. Tonska krivulja za ujednačavanje kontrasta

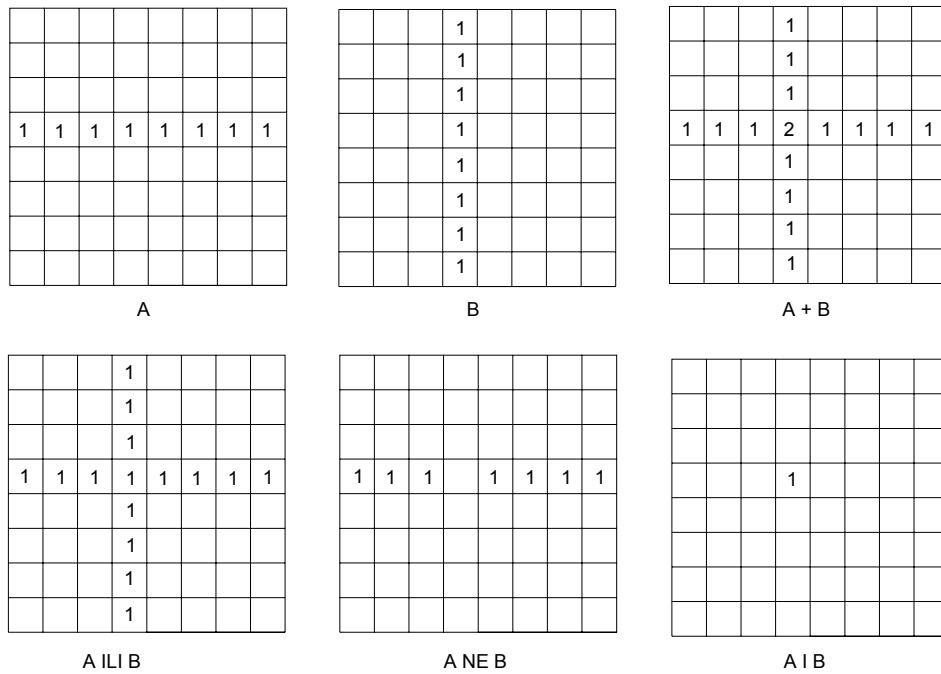
Paralelno pomicanje. Stara rasterska slika paralelno se pomiče za određeni broj piksela u nekom unaprijed danom pravcu (sl. 7.3)



Sl. 7.3. Paralelno pomicanje: a) izvornik, b) pomicanje u lijevo, c) pomicanje u desno

Aritmetičke operacije. Jedna rasterska slika može se položiti preko druge. Sive tonske vrijednosti određenih piksela dobiju se tako da se vrijednosti zbroje (sl. 7.4.).

Logičke operacije. Pikseli dviju slika mogu se kombinirati i logički prema pravilima Booleove algebre. Pritom se koriste operatori AND, OR, NOT da spomenemo samo najvažnije (sl. 7.4.).



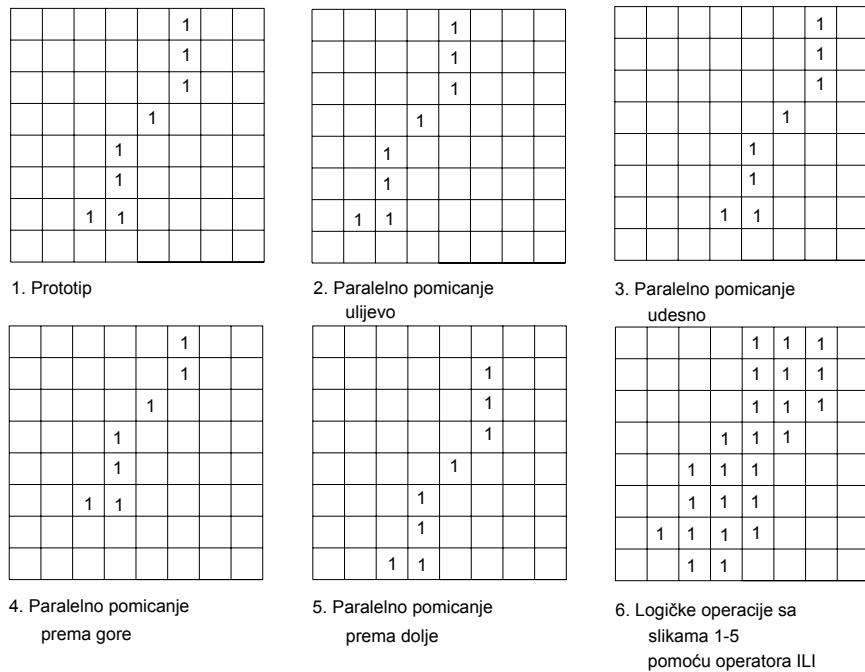
Sl. 7.4. Aritmetičke i logičke operacije s dvije slike

7.2. Složene operacije s rasterskim podacima

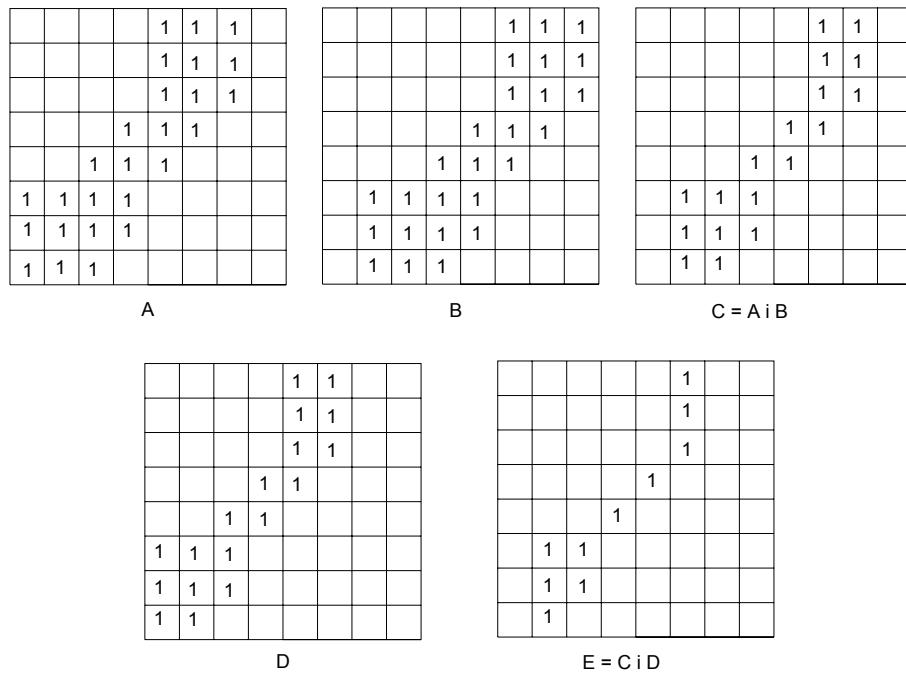
7.2.1. Zadebljavanje i stanjivanje

Objekti na jednoj rasterskoj slici mogu se za određen broj piksela zadebljati ili pak stanjiti. Na sl. 7.5. dan je prikaz zadebljavanja jedne linije. Korišteno je paralelno pomicanje i višestruka logička operacija pomoću operatora OR. Pomicanje je izvršeno u četiri pravca pa se može govoriti o zadebljavanju sa četverostrukom okolinom.

Na sl. 7.6. prikazan je proces stanjivanja objekata prikazanog kao A. Slika B dobivena je paralelnim pomicanjem u desno. Slika C dobivena je iz A i B pomoću logičkog operatora AND. Slika D dobivena je paralelnim pomicanjem slike C u lijevo. Konačna slika E dobivena je iz C i D pomoću logičkog operatora AND.



Sl. 7.5. Operacija zadebljavanja sa četverostrukom okolinom



Sl. 7.6. Proces stanjivanja

7.2.2. *Filtriranje*

Filtriranje omogućava da sive tonske vrijednosti pojedinih piksela oslabljujemo ili pojačavamo. Manipuliramo, dakle, samo sivim tonskim vrijednostima, a ne i geometrijskim položajem.

Filtriranje ima primjenu u:

- poboljšanju kvalitete slike eliminacijom šumova,
- pojačavanju kontrasta,
- raspoznavanju objekata.

Postupak filtriranja koristi se uglavnom u akustici. Poznate formule iz akustike mogu se primijeniti i u digitalnoj obradi slika, ako vremenske koordinate zamijenimo položajnim koordinatama piksela rasterske slike (broj reda i stupca), a akustične jačine amplitudama sivih tonskih vrijednosti.

Jedan od često korištenih algoritama za filtriranje je i Fourierova transformacija.

Na sl. 7.7 prikazan je proces poboljšanja kvalitete digitalizirane slike metodom filtriranja.

Filtriranjem se uklanja i uzorak rastera pri skaniranju polutonskih predložaka i predložaka u boji nastalih nekim od oblika tiska koji koristi rastere. Pri skaniranju takvih predložaka skaner će pronaći i na skaniranoj slici pokazati rasterske uzorce, što je neprihvatljivo za kasniji ponovni tisak.

Ukalanjanje rasterskih uzoraka postiže se filtrima poznatim pod nazivom *Descreening*. Najčešće se nudi ukalanjanje tri varijante rastera: grubog (70-100 lpi), srednjeg (100-150 lpi) i finog (iznad 150 lpi). Često je dostatno uključiti bilo koju od ove tri varijante i postići sasvim zadovoljavajuće rezultate.

Upotreba descreen-filtara korisna je i pri skaniranju predložaka otisnutih laserskim pisačima ili izrađenih jednoboјnim tiskom, na kojima se rasterom simuliraju određene sive nijanse. Filter će ukloniti raster i pikselima pridijeliti vrijednosti koje je raster simulirao (Vlašić 1995b).



a



b



c

Sl. 7.7. Poboljšanja kvalitete slike: a) predložak, b) digitalizirana slika, c) filtrirana slika

7.2.3. Georeferenciranje i georektifikacija

Karte koje skaniramo često su uslijed utjecaja temperature i vlage deformirane. Ponekad i skaneri izazivaju sistematske pogreške, prije svega razlike mjerila po redovima i kolonama skanirane slike. Stoga skaniranu sliku treba georeferencirati i georektificirati.

Georeferenciranje ili geokodiranje općenito znači pridruživanje lokacije nekom objektu pomoću geografskih koordinata, pravokutnih koordinata u određenoj kartografskoj projekciji ili pomoću adrese (država, grad, ulica, kućni broj) (Longley i dr. 2002). Za neke autore georeferenciranje i geokodiranje nisu sinonimi, već određivanje lokacije pomoću koordinata nazivaju georeferenciranjem, a određivanje lokacije pomoću adrese geokodiranjem.

Georektifikacija rasterskog predloška znači prestrukturiranje (transformacija i preuzorkovanje) pojedinih piksela u koordinatni sustav određene kartografske projekcije. Za transformaciju su nužne vezne točke čije projekcijske koordinate poznamo, a odgovarajuće rasterske koordinate (red i kolona) dobiju se na ekranu monitora nakon identifikacije cursorom. Na skaniranim kartama krupnog mjerila kao vezne točke mogu poslužiti presjeci linija pravokutne koordinatne mreže. Za transformaciju se može primijeniti neka od prethodno navedenih metoda transformacije (§ 6.1.), npr. afina transformacija (Zanini 1998).

Sam popstupak georektifikacije bit će detaljnije obrazložen na primjeru georektifikacije satelitskih snimaka u § 13.4.

7.2.4. Vektorizacija

Ponekad je zbog određenih razloga potrebno podatke iz rasterskog oblika pretvoriti u vektorski. Taj proces nazivamo vektorizacija. Vektorizacija je nužna iz više razloga. Navodimo neke:

- smanjenje količine podataka
- crtanje vektorskim ploterima
- većina geografskih informacijskih sustava (§ 16) zasniva se na vektorskim podacima.

Vektorizacija može biti:

- ručna
- poluautomatska i
- automatska.

Ručna vektorizacija provodi se na ekranu monitora na skaniranoj slici. Na liniji koju treba vektorizirati biraju se cursorom karakteristične točke i iz rasterskih koordinata preko jednadžbi npr. afine transformacije (§ 6.1.2) dobivaju vektorske (projekcijske) koordinate. To je proces analogan digitalizaciji ručnim digitalizatorom. Zato se vrlo često u literaturi naziva i ekranskom digitalizacijom (Grünreich 1993b, Mahr 1993). To, međutim, terminološki nije ispravno, jer je slika na ekranu monitora već u digitalnom obliku, pa je nije potrebno digitalizirati, već vektorizirati. Ako su nam nužni podaci u vektorskem obliku, postavlja se pitanje da li kartu digitalizirati ručnim digitalizatorom ili skanirati i ručno na ekranu vektorizirati. Prednost ovog drugog načina je u mnogo lakšem i udobnijem načinu rada, jer se izvodi sjedeći pred ekranom monitora.

Poluautomatska vektorizacija također se izvodi na ekranu monitora na skaniranoj slici. Operater dovodi cursor na liniju koju treba vektorizirati. Linija se potom automatski vektorizira do prve zapreke, npr. križanja s drugom linijom. Operater mora ručno prevesti cursor preko križanja na liniju koja se vektorizira.

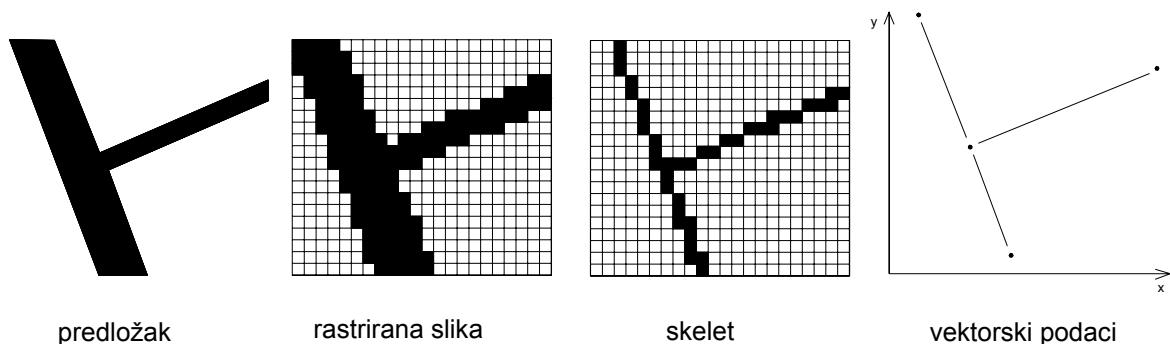
U automatskoj vektorizaciji svi procesi trebali bi se odvijati automatski zasnovani na teoriji raspoznavanja uzoraka (Gyergyek i dr. 1988). Automatska vektorizacija linija uključuje odstranjivanje šumova, skeletiranje, poboljšanje čvorova, praćenje linije, spajanje segmenata i topološku rekonstrukciju.

Karte koje treba skanirati često sadrže prljavštinu koja se naziva *šum u obliku "soli i papra"*. Šum može nastati i za vrijeme skaniranja npr. kad se linije sijeku pod malim kutom, što se naziva "premoštavanje". Razvijeni su algoritmi za uklanjanje šumova.

Skeletiranjem (stanjivanjem) treba dobiti os neke linije. Proces zakazuje na presjeku s drugima linijama pa dolazi do pomaka čvorova. Razvijene su tehnike određivanja presjeka linija, pa nakon identifikacije presjeka može se nanovo odrediti položaj čvora. Proces se naziva *poboljšanje čvora*.

Praćenje linija nadovezuje se na skeletiranje i poboljšanje čvorova. Ako su skanirani podaci radi ekonomičnosti obrade podjeljeni u segmente, nužno je *spajanje segmenata*. *Topološka rekonstrukcija* je posljednji spomenuti proces vektorizacije (Drumond 1991).

Proces skaniranja i automatske vektorizacije linija prikazan je i na sl. 7.8.



x:	1.84	y:	6.88
	2.16		3.41
	3.25		0.54
x:	2.16	y:	3.41
	7.15		5.50

Sl. 7.8. Skaniranje i automatska vektorizacija (Illert 1992)

8. GRAFIČKI PROGRAMI

Grafički prikaz na računalu objedinjuje programe za crtanje, slikanje, ilustriranje, dizajn, vizualno predstavljanje i sl. Zajednička karakteristika svih tih programa je da uz pomoć različitih alata i podrške brojnim ulaznim i izlaznim jedinicama stvaraju slike u širokom smislu riječi. Nema univerzalnih programa koji bi bili prikladni za sve navedene namjene, već se grafički programi svrstavaju u ove grupe:

- programi za crtanje
- programi za obradu slika
- prezentacijski programi
- CAD-programi
- kartografski programi (vidi § 15)

8.1. Programi za crtanje

8.1.1. Vektorski programi

U vektorskoj ili objektnoj grafici slika se stvara od većih elemenata - objekata. Pojedini objekti ili, točnije, crte kojima su omeđeni, pritom se u računalu predstavljaju odgovarajućim matematičkim modelima. U tu svrhu vektorski grafički programi sliku smještaju u vlastiti koordinatni sustav. Pojedine točke se zadaju koordinatama, a crte koje te točke spajaju jesu raznovrsne krivulje.

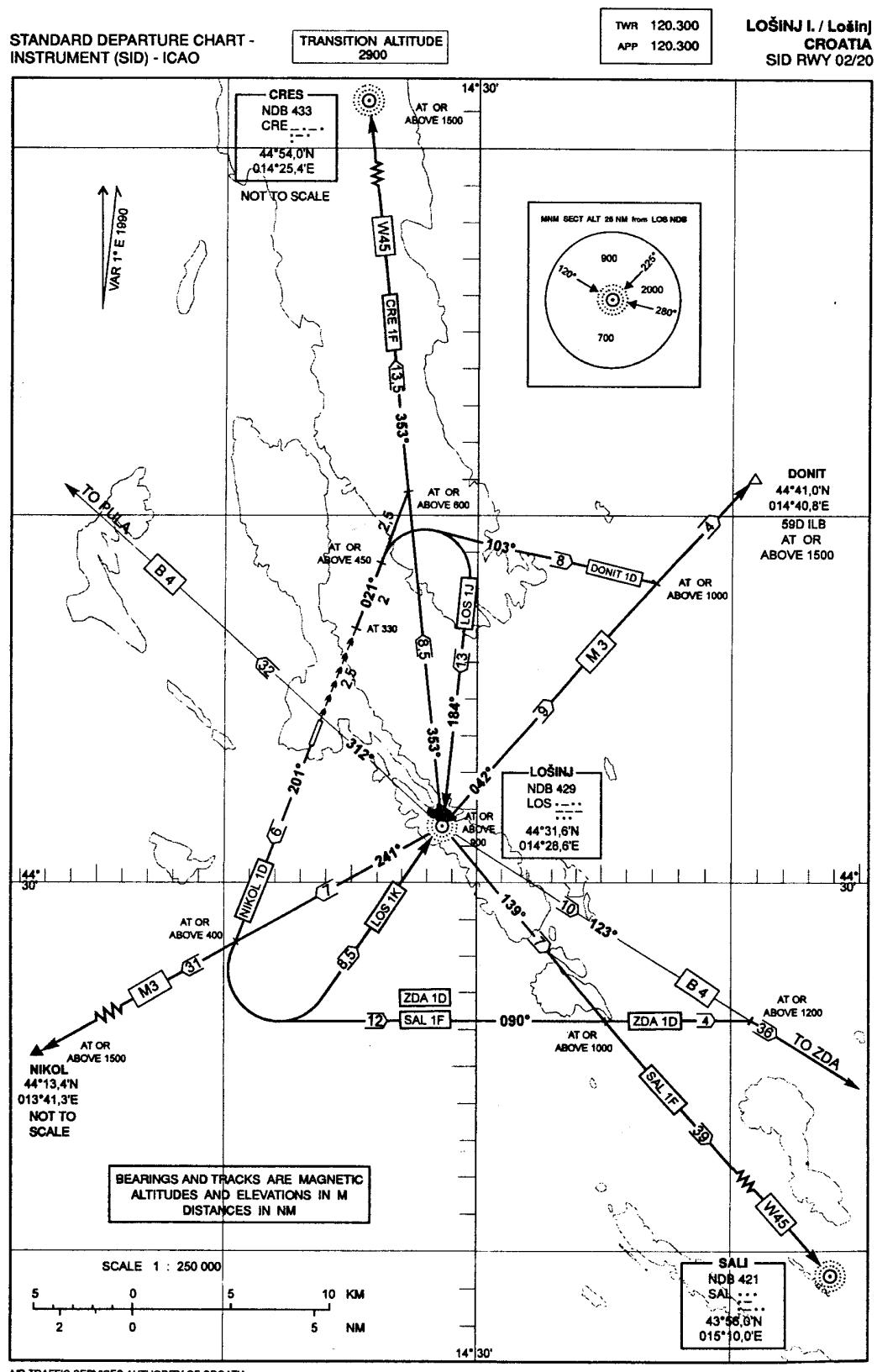
Operacije s vektorskим podacima (npr. zumiranje) svode se na preračunavanje koordinata točaka po matematički definiranim formulama i ponovno iscrtavanje čitave slike. Pritom linije ostaju jednako tanke kao što su bile prije zumiranja. Drugim riječima vektorski opisana slika može se bez ikakvih modifikacija i prilagođavanja npr. iscrtati na pisačima rezolucije 300, 600 i 1200 dpi uz proizvoljno uvećavanje ili smanjivanje.

Međutim za svaki prikaz na ekranu ili rasterskom ploteru slika se mora rastrirati, tj. prilagoditi rasterskoj prirodi tih jedinica.

U operacijama s datotekama važno je da program omogućava učitavanje pa čak i spremanje datoteka u što više srodnih, konkurenčkih vektorskih formata. Poželjno je da program može učitati i slike u rasterskom formatu i smjestiti takvu sliku kao cjelinu u vektorski crtež.

Sučelje, tj. izgled osnovnog prozora, raspored i broj alata, podjela komandi po izbornicima, lakoća pristupa svim opcijama vrlo su bitni.

Rad s tekstrom je segment u kojem se programi često bitno razlikuju: dok neki u sebi sadrže manju verziju tekstnog procesora, drugi se prema tekstu u nekim segmentima odnose nemarno.



Sl. 8.1. Zrakoplovna karta izrađena programom CorelDraw (Šoštarić 1999)

CorelDraw

Kanadska tvrtka Corel predstavila je program 1988. godine. Verzija 3.0 pojavila se 1992. Od tada se gotovo svake godine pojavljuje nova verzija, pa je u 2003. na tržištu verzija 11. U Corel je integriran Microsoft Visual Basic for Applications, koji je sukladan s većinom MS aplikacija (Vasić 2000).

CorelDraw omogućuje učitavanje podataka u većem broju vektorskih i rasterskih formata i potpuno formatiranih tekstova iz svih popularnih tekstnih procesora. Program omogućuje izbor mjernih jedinica i mjerila i rad u slojevima, od kojih se svaki može učiniti nevidljivim.

Kupnjom programa CorelDraw dobije se i program PhotoPaint za rad s rasterskim podacima. Taj se program pojavljuje i kao samostalan program.

CorelDraw omogućuje učitavanje vektorskog crteža i njegovo automatsko rastriranje i nastavak rada u rasterskom modu. Pomoću modula Trace rasterske slike mogu se vektorizirati.

Corel je puno pažnje posvetio i radu s tekstrom. Na raspolažanju je 1000 različitih fontova.

CorelDraw ima veliku i raznovrsnu primjenu u kartografiji (Conway i dr. 1998). U Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu programom CorelDraw izrađivale su se zrakoplovne karte formata A4, koje se u crno-bijeloj verziji iscrtavaju laserskim pisačem (sl. 8.1), a one u boji tintnim pisačem (Šoštarić 1999).

Freehand

Freehand je svoju veliku popularnost stekao na Macintosh računalima. Danas postoji verzija i za PC.

Maksimalni format crteža u ver. 5.5 iznosi 137*137 cm. Omogućava učitavanje datoteka u većem broju različitih vektorskih formata i nešto manjem broju rasterskih formata.

Debljina linija u milimetrima može se zadati na četiri decimale.

Jedna od odlika Freehanda je i velika mogućnost oblikovanja teksta.

Na računalima Macintosh vrlo se mnogo koristi u nastavi kartografije na njemačkim visokim tehničkim školama i fakultetima (Asche, Herrmann 1994).

8.1.2. Rasterski programi

Rasterski programi često se u literaturi nazivaju bitmap-programi, a slika koja se dobije tim programima bitmapa.

Rasterski format je računalima na neki način prirođen i prirodan. Npr. skaneri pretvaraju fotografski ili sličan predložak u sliku na rasterskom principu. Slika na ekranu monitora nastaje također na rasterskom principu. Slična je situacija i s tintnim i laserskim

pisačima i ploterima. Konačno rasterski se format i u samom računalu predstavlja jednostavno nizom bitova, odnosno bajtova u kojima su zapisane vrijednosti za pojedini piksel (Vlašić 1995d).

S druge strane odakle potječu prednosti, potječu i mane. Naime, opis konačnim brojem elemenata sliku na neki način ukrućuje. Zaželimo li je povećati, morat ćemo povećati dimenzije piksela (smanjiti rezoluciju), a time i pokvariti vizualni dojam.

Na području rasterske grafike postoji dobra standardiziranost. Postoji nekoliko rasterskih formata koje podržava većina programa. Najčešće su u upotrebi ovi formati:

TIFF (Tagged Image File Format)
GIF (Graphics Interchange Format)
EPS (Encapsulated PostScript)
JPEG (Joint Photographer Experts Group)
PCD (PhotoCD).
BMP (Windows Bitmap).

Program za crtanje ugrađen u Word je rasterski program.

8.2. Programi za obradu slika

Programi za obradu slika razvijeni su u svrhu obrade i vizualizacije digitalnih slika u rasterskom formatu. Neke od operacija s rasterskim podacima opisane su u odjeljku 5.2. i poglavlju 7. Od programa za obradu slika najpoznatiji je Photoshop.

8.2.1. *Photoshop*

Prve verzije programa bile su dostupne samo korisnicima Macintosh računala. S verzijom 2.5 postao je dostupan i korisnicima PC-a. Danas prodaja Photoshopa čini više od 80% cijelog tržišta za uređivanje slika. Kao i drugi programi za obradu (uređivanje) slika Photoshop omogućava mijenjanje skaniranih fotografija, retuš, upotrebu specijalnih efekata i umetanje teksta (McClelland 1997). U verziju 5.0 ugrađeno je više od 95 filtera, što je oduvijek bila jedna od najvažnijih značajki tog programa.

8.3. Prezentacijski programi

Sve veći broj ljudi danas je primoran da povremeno priprema prezentaciju vlastitih ideja, rezultata istraživanja i sl. (npr. znanstvenici, studenti itd.). Programi za prezentaciju mogu im u tome znatno pomoći.

U prezentacijski program moraju biti ugrađeni alati za pripremu različitih vrsta prezentacija tj. prezentacija tabelarnih rezultata, dijagrama, grafikona te tekstnih podataka. Mora imati mogućnost izravnog korištenja podataka koji su već spremljeni na računalu bez

obzira na format zapisa. Također, svi izlazni rezultati moraju imati mogućnost korištenja boja, ali po potrebi i njihovo isključivanje.

Program za prezentaciju mora biti maksimalno jednostavan za korištenje, ali istovremeno on mora imati i sve potrebne mogućnosti (Vlašić 1995d).

8.3.1. PowerPoint

PowerPoint tvrtke Microsoft danas predstavlja vrhunac ponude na području prezentacijskog softvera. Može se nabaviti kao samostalan paket ili kao dio kompleta Microsoft Office. U drugom slučaju osim PowerPointa dobiju se i program za obradu teksta Word for Windows te program za tabelarne proračune Excel. Upravo u toj kombinaciji s ta dva programa PowerPoint pokazuje punu snagu.

U svakom dijelu prezentacije moguće je proizvoljno kombiniranje slike i teksta pa i prikaz slike ili teksta preko već postojećeg.

Da bi se korisniku olakšala priprema grafički dojmljive prezentacije, PowerPoint nudi mogućnost odabira mnogih već gotovih slika. Svaka od odabranih slika može se po želji dalje obrađivati.

PowerPoint nudi i velike mogućnosti integracije podataka iz različitih standardnih formata (Vlašić 1995d).

8.4. CAD-programi

Računala su izazvala pravu tehničku revoluciju izrade tehničkih crteža. Gotovo paralelno s razvojem jačih procesora te ulaznih i izlaznih jedinica razvijali su se programi namijenjeni projektiranju podržanom računalom nazvani CAD-programi (Computer Aided Design). Povezivanje računala s modernim mikroprocesorskim upravljanim proizvodnim strojevima i robotima razvilo je CAD/CAM-programe (CAM - Computer Aided Manufacturing) koji su značili objedinjeno projektiranje i proizvodnju podržanu računalom.

CAD-programi obogaćeni su mogućnošću trodimenzionalnog projektiranja i modeliranja (3D-Modelling) i fotorealističnim prikazom. Prema engleskom izrazu rendering i u nas se govori o renderiranju, tj. iscrtavanju slika složenošću i kakvoćom usporedivih s fotografijama (Microsoft Press 1995).

8.4.1. AutoCAD

AutoCAD je najpopularniji i najrašireniji CAD-program na PC-računalima. Kako je AutoCAD u osnovnom obliku univerzalan CAD-program, sam proizvođač Autodesk, Inc. nudi biblioteke gotovih znakova, pa se AutoCAD može upotrijebiti u područjima arhitekture, građevinarstva, strojarstva, brodogradnje, elektrotehnike, ali i geodezije i kartografije. Korisnik može napraviti i vlastitu biblioteku znakova.

AutoCAD for Windows napravljen je po Windows standardima, što znatno olakšava snalaženje i svakodnevni rad korisnika.

Digitalna karta CROATIA je karta Hrvatske izrađena u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta u Zagrebu na temelju podataka dobivenih digitalizacijom. Izrađena je u AutoCAD-u ver. 10. Nalazi se na disketu u standardnom .DWG zapisu. Karta se sastoji iz 19 slojeva. Nastala je najvećim dijelom digitalizacijom vlastite karte mjerila 1:1 000 000. Temelj karte čine državna granica na kopnu i moru, te obalna linija s otocima. Karta sadrži i granice županija s njihovim sjedištima. Pri digitalizaciji i uređivanju datoteka pojedinih dijelova digitalne karte CROATIA sudjelovalo je u okviru svojih seminarskih i diplomskih radova petoro studenata (Lapaine, Frančula 1993b). Karta Hrvatske s granicama županija i njihovim sjedištima, izrađena u AutoCAD-u, dana je na sl. 8.2 (Latinović 2003).



Sl. 8.2. Hrvatske županije i njihova sjedišta

Diplomski rad I. Remete (1995) izrađen u suradnji sa stručnjacima Zavoda za fotogrametriju d.d. iz Zagreba, Borongajska 71 sadrži i zbirku znakova u digitalnom obliku, izrađenu u AutoCAD-u, za Hrvatsku državnu kartu mjerila 1:5000. Znakovi za plodna tla i izgrađene zemljишne oblike prikazani su na sl. 8.3.

VRSTE OBJEKATA	ZNAK	PRIMJER
ORANICA	-	-
VRT	∨	∨ ∨ ∨ ∨
VOĆNJAK	○	○ ○ ○ ○
MASLINIK	Ψ	Ψ Ψ Ψ Ψ
VINOGRAD	⋮	⋮ ⋮ ⋮ ⋮
HMELJISTE	X	X X X X
LIVADA, PAŠNJAK	〃	〃 〃 〃 〃

VRSTE OBJEKATA	ZNAK	PRIMJER
NASIP		
USJEK		
OKOMITI I STRMI USJEK	-----	
ROV		

Sl. 8.3. Znakovi za plodna tla i izgrađene zemljишne oblike izrađeni u AutoCAD-u

8.4.2. MicroStation

MicroStation V5.0 jedan je od poznatijih CAD-programa i pokušaj tvrtki Intergraph i Bentley Systems da ugroze primat AutoCAD-a barem na tržištu PC-a. Program je hardverski dosta zahtjevan, ali zauzvrat korisniku pruža pregršt mogućnosti koje drugi CAD-programi nemaju.

Da bi se privukli korisnici drugih CAD-programa, autori su ugradili u MicroStation mogućnost izravnog učitavanja AutoCAD-ove datoteke DWG, ali isto tako i pohranjivanje

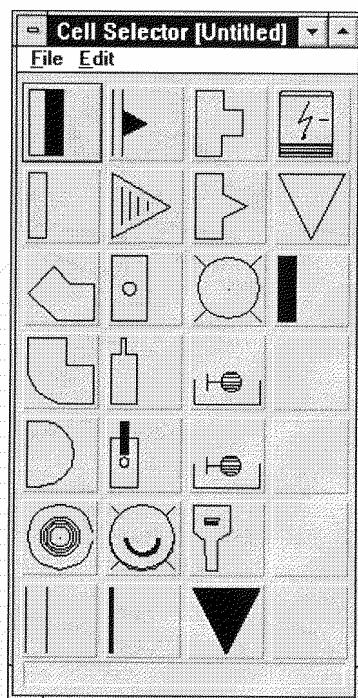
vlastitih crteža u tom formatu. Podržan je i niz drugih vektorskih i rasterskih formata. Rasterske slike mogu se koristiti kao podloga u crtežima. Program raspolaže bogatim skupom vlastitih fontova.

Osim već postojećeg bogatog izbora raznih vrsta linija korisniku je na raspolaganju jednostavan alat za stvaranje vlastih tipova linija koje se mogu pohraniti za upotrebu u ostalim crtežima.

3D crtanje i modeliranje jedna je od najjačih karakteristika MicroStationa uz nekoliko mogućnosti fotorealistične vizualizacije i korištenja rasterskih tekstura te njihove animacije.

MicroStation ima ugrađenu podršku za velik broj relacijskih baza podataka. Često se koristi za pripremu podataka za MGE, Intergraphov geografski informacijski sustav.

Studentica T. Nežić je u svom diplomskom radu (Nežić 1995) kreirala pomoću programa MicroStation V5.0 kartografske znakove plinovodne mreže (sl. 8.4).



Sl. 8.4. Kartografski znakovi plinovodne mreže izrađeni u MicroStationu

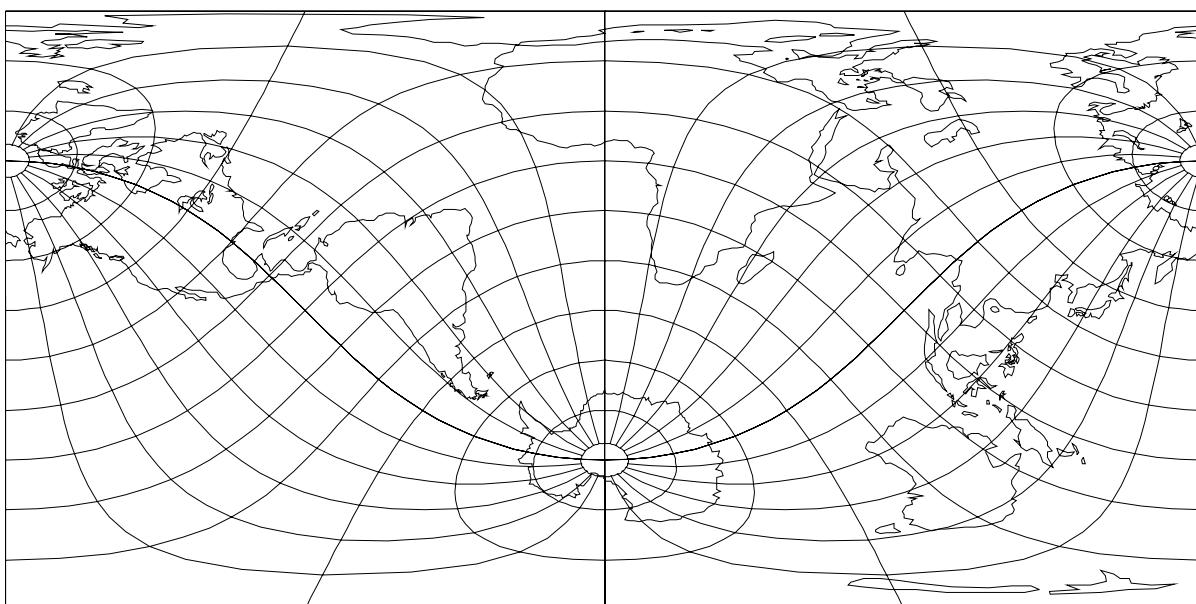
9. PROJEKTIRANJE MATEMATIČKE OSNOVE GEOGRAFSKIH KARATA I ATLASA

Upotreba računala, plotera i digitalizatora znatno je unaprijedila rad na projektiranju matematičke osnove geografskih karata i atlasa. Raznovrsna mikroračunala, dostupna danas većini kartografa, uspješno se mogu primijeniti u projektiranju.

9.1. Projektiranje matematičke osnove geografskih karata sitnih mjerila

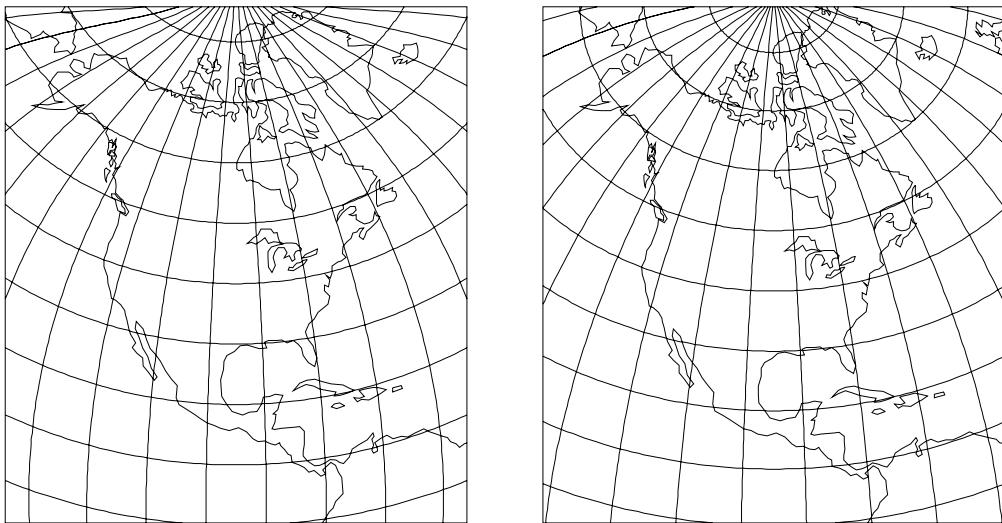
U izradi projekata matematičke osnove karte sitnog mjerila treba odrediti mjerilo karte, izabratи projekciju, oblikovati kartografsku mrežu i riješiti kompoziciju karte.

Izabirući kartografsku projekciju neophodno je ustanoviti karakter deformacija, njihovu veličinu i raspored na pojedinim dijelovima karte. Da bismo to mogli treba imati programe za crtanje mreža meridijana i paralela, kontura kontinenata i granica država u većem broju kartografskih projekcija. Pri ocjeni deformacija na pojedinim dijelovima karte dovoljno je nacrtati mrežu meridijana i paralela i konture područja preslikavanja. To se prvenstveno odnosi na karte svijeta (sl. 9.1.). Deformacije su lako uočljive i na kartama većih dijelova Zemljine kugle, a često i na kartama kontinenata.



Sl. 9.1. Kosa ekvidistantna cilindrična projekcija

Na sl. 9.2. prikazana je Sjeverna Amerika u Bonneovoj i azimutalnoj projekciji. Obje projekcije su ekvivalentne, pa pri izboru povoljnije od njih odlučujuće su deformacije kutova i s njima povezane deformacije oblika. Velike deformacije kutova na pojedinim dijelovima karte u Bonneovoj projekciji lako su uočljive po kutovima pod kojima se sijeku meridijani i paralele.



Sl. 9.2. a) Bonneova projekcija, b) ekvivalentna azimutalna projekcija

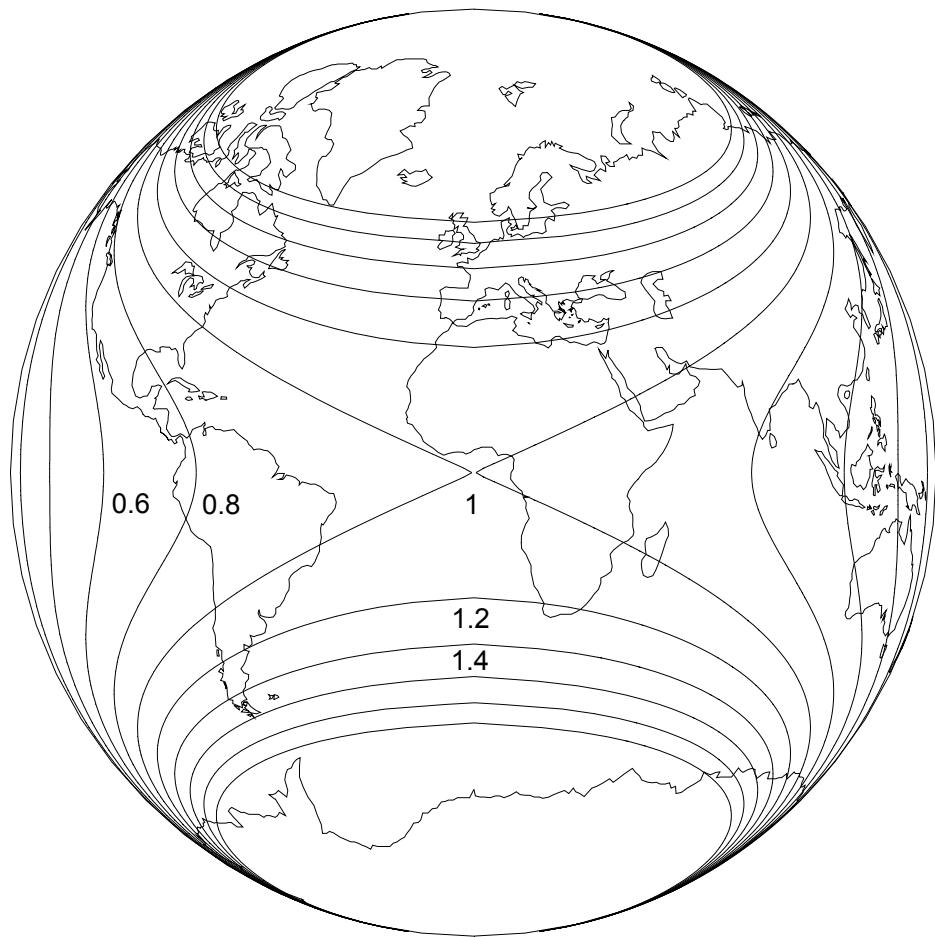
U izradi projekta matematičke osnove karte potrebno je često imati egzaktan prikaz veličine i rasporeda deformacija. Takav prikaz omogućuju izokole, tj. linije jednakih deformacija, ili elipse deformacija. Stoga je poželjno da softver omogućuje i njihov prikaz na ekranu monitora zajedno s mrežom meridijana i paralela i konturama područja preslikavanja (sl. 9.3.) (Lapaine, Frančula 1993a).

Iscrtana mreža meridijana i paralela s konturama područja preslikavanja i izokolama ili elipsama deformacija znatno olakšava izbor projekcije (sl. 9.3.). Ako pojedina projekcija ne zadovoljava sve postavljene zahtjeve, korisno je da softver omogućuje modifikaciju pojedine projekcije, tj. dobivanje novih varijanata. Jedan od takvih postupaka sastoji se u tome da se u nekoj postojećoj kartografskoj mreži prenumerira mreža meridijana i paralela tj. da se meridijanima i paralelama dadu nove vrijednosti. To su zapravo transformacije kartografskih mreža u kojima meridijani i paralele ishodišne mreže prelaze u meridijane i paralele nove mreže (Wagner 1962, Frančula 1974).

Kompozicija karte uključuje određivanje granica područja preslikavanja i smještaj područja unutar okvira karte te razmještaj naziva karte, mjerila, legende i ako je potrebno dopunskih karata. Kompoziciju karte može se definirati kao racionalnu organizaciju prostora karte (Sališčev 1987, str.49). Rješavajući kompoziciju karte u većini slučajeva prirodno je da se kartografski prikaz orijentira tako da srednji pravolinijski meridijan bude paralelan bočnim okvirnim linijama. To je tzv. obična orijentacija. U pojedinim slučajevima opća konfiguracija prikazane teritorije je takva da je pri običnoj orijentaciji površina karte znatno veća nego pri kosoj orijentaciji. U takvim slučajevima često je opravdana primjena kose orijentacije.

Na kartama kontinenata, oceana i pogotovo čitavog svijeta veličina karte zavisi ne samo od glavnog mjerila i obuhvaćene teritorije već i od osobitosti projekcije. Stoga da bi se odredila optimalna kompozicija često treba usporediti nekoliko varijanata. Analiza prikaza na monitoru može biti od velike pomoći. Projekt kompozicije završava se izradom

makete kompozicije, koja se s ekrana monitora prenosi pomoću plotera na papir u točnom mjerilu karte.



Sl. 9.3. Linije konstantnih mjerila površina u Gilbertovoj projekciji

9.2. Projektiranje matematičke osnove geografskih atlasa

Izrada projekata atlasa počinje sastavljanjem spiska svih karata atlasa. Pri sastavljanju spiska određuje se približno mjerilo svake karte vodeći računa da se sve karte moraju uklopiti u format atlasa. Nadalje treba imati u vidu da se u atlasu karte ne rade u proizvolnjom mjerilu, već u zaokruženom mjerilu, te da mjerila treba da budu u međusobno jednostavnim odnosima.

U projektiranju matematičke osnove karata atlasa svijeta posebnu pažnju treba posvetiti usklađivanju matematičke osnove srodnih karata. To znači da se matematička osnova svake pojedine karte ne može rješavati samostalno, već se mora voditi računa o njenom odnosu prema srodnim kartama. Srodne karte u atlasu treba da imaju i srodnu matematičku osnovu.



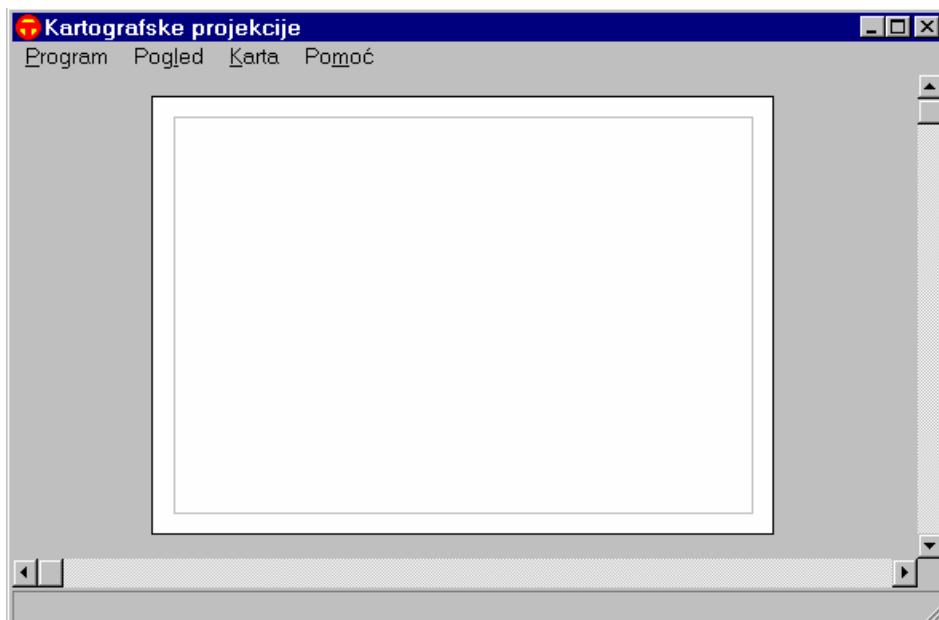
Sl. 9.4. Ekvivalentna azimutalna projekcija

U usklađivanju matematičke osnove srodnih karata (npr. karata kontinenata) posebno je važno uskladiti mjerila. Najbolje je rješenje ako se sve srodne karte mogu izraditi u istom mjerilu. U onim slučajevima kada to nije moguće, treba težiti da mjerila budu u jednostavnim brojčanim odnosima. Uskladiti mjerila svih karata atlasa svijeta nije lak zadatak. Da bi se to postiglo treba usporediti veći broj varijanata izrađenih u različitim kompozicijama. Kad se radi o kartama većih područja (kontinenti, oceani, svijet), mogu se varirati i parametri projekcije pa i izabrati neka druga projekcija. Poseban problem predstavlja i točno određeni format svake pojedine karte uvjetovan formatom atlasa. Na ekranu monitora mogu se studirati različite varijante.

Projektiranje matematičke osnove atlasa završava izradom makete atlasa koja pokazuje razmještaj karata i teksta, kompoziciju svih karata, a daje također opću predodžbu o vanjskom izgledu atlasa i njegovim dimenzijama (Bašlavin, Vojnova 1957). Pri izradi makete atlasa definitivno se utvrđuje mjerilo svake karte, a prijedlog kompozicije karte iscrtava se pomoću priključenog plotera (sl. 9.4.).

9.3. Računalni program “Kartografske projekcije”

U Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sastavljen je računalni program “Kartografske projekcije” napisan u Borland Delphiju za operativni sustav Windows na osobnim računalima, koji uvelike olakšava rad na projektiranju matematičke osnove karata i atlasa (Tutić 1998). Program uključuje 85 projekcija Zemljine sfere, od kojih svaka, uz nekoliko iznimaka, može biti uspravna, poprečna i kosa. Omogućuje crtanje mreže meridijana, paralela i sadržaja zadanog u datoteci (konture kontinenata, granice država, rijeke itd.). Područje preslikavanja može se ograničiti mrežom meridijana i paralela, pravokutnim okvirom i u azimutalnim projekcijama kružnicom. Slika sa zaslona monitora može se prenijeti u koji od programa za crtanje ili na papir u točno određenom mjerilu s pomoću priključenog pisača.



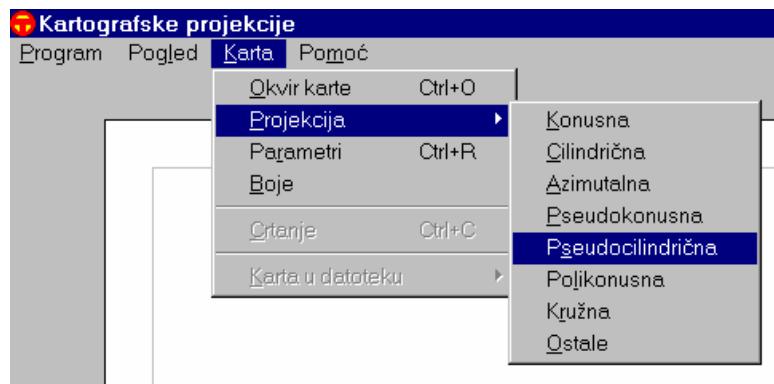
Sl. 9.5. Početni izgled grafičkog sučelja programa

Program je pisan za operacijski sustav Windows, prema tome sučelje (sl.9.5) koje se pojavljuje pred korisnikom upotrebljava sve osobine ostalih programa pisanih za taj operacijski sustav. Prvo što će korisnik primjetiti jest da su izbornici, dijalozi i poruke na hrvatskom jeziku osim opcija i dijaloga koji pripadaju operacijskom sustavu (dijalog za otvaranje datoteke, dijalog za ispis na pisač i za izbor pisača, izbornici u datoteci za pomoć). Čini se da je to optimalno rješenje za program te vrste jer prevoditi standardne dijaloge nije baš uputno (problem bi se riješio hrvatskom inačicom operacijskog sustava Windows) pogotovo zato što nije usvojena neka norma za nazive koji u engleskom jeziku imaju već ustaljeno značenje u računalstvu. S druge strane, prevoditi sav ostali sadržaj programa na engleski jezik značilo bi umnogome otežati rad korisnicima koji ne poznaju dovoljno engleski jezik, s obzirom da je to program specifične namjene.

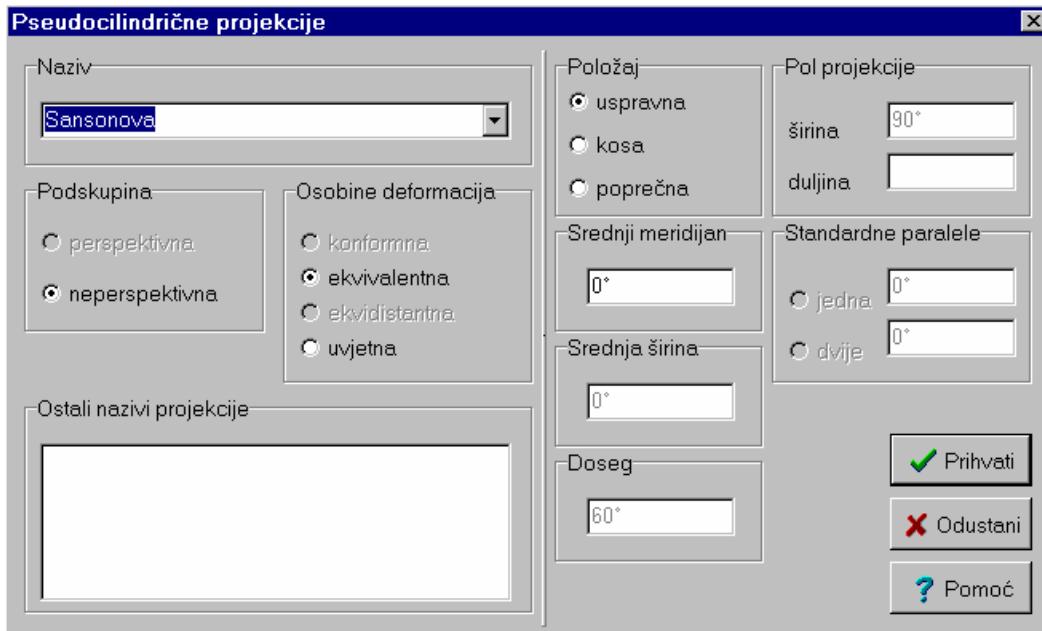
Kad se program pokrene pojavi se uobičajen prozor s nazivom programa, izbornikom i crtežom lista papira u koji je ucrtan okvir karte. Iz tog se već vidi da se karta

crtati unutar nekog okvira koji se nalazi na određenom formatu papira (sl. 9.5). Veličinu i oblik lista papira i okvira karte možemo mijenjati. Najveća dozvoljena širina i visina papira je 150 cm.

Izbor jedne od 85 ponuđenih projekcije odvija se preko izbornika **Karta**, potom **Projekcija**. Kad izaberemo izbornik **Projekcija**, pojavljuje se podizbornik u kojem su navedene skupine projekcija (sl. 9.6). Tek nakon izbora skupine pojavljuje se dijalog u kojem možemo izabrati sve implementirane projekcije koje pripadaju toj skupini (sl. 9.7).



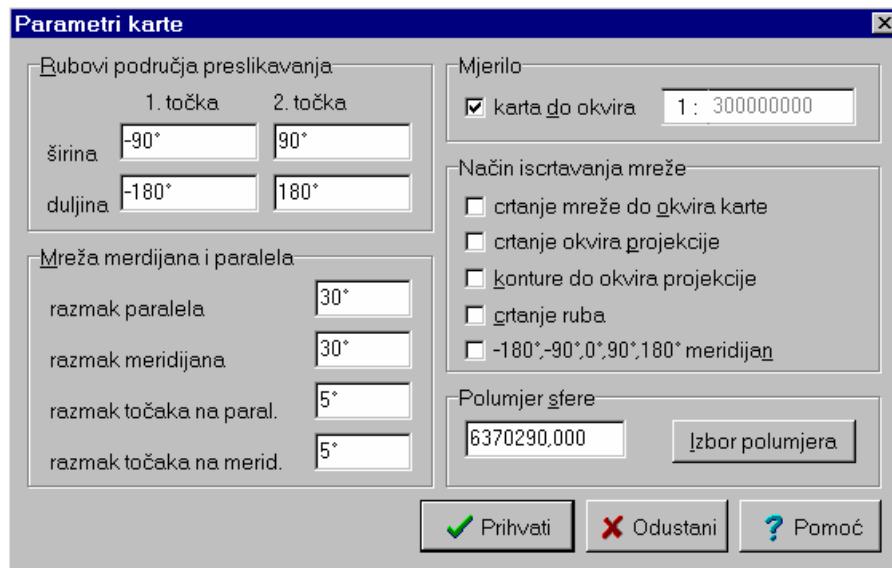
Sl. 9.6. Skupine projekcija u izborniku programa



Sl. 9.7. Dijalog za izbor projekcije i postavljanje njezinih parametara

Parametri karte određuju koji će dio Zemaljine sfere biti iscrtan, s kojom gustoćom mreže meridijana i paralela i s kojom gustoćom točaka po meridijanima i paralelama. U parametre karte uključeni su još i mjerilo, polumjer Zemljine sfere i još neke dodatne

opcije koje će u nastavku biti objašnjene. Dijalog za zadavanje parametara karte prikazan je na sl. 9.8, a do njega dolazimo preko izbornika **Karta i Parametri**.



Sl. 9.8. Dijalog za postavljanje parametara karte

Rubovi područja preslikavanja (sl. 9.8) zadaju se pomoću dvije točke na sferi. Prva točka mora imati južniju geografsku širinu i zapadnju geografsku duljinu od druge točke. U početku su te vrijednosti postavljene tako da se preslika cijela Zemlja. Mjerilo karte možemo zadati ili ga program određuje ovisno o veličini zadanog okvira. Ako zadamo takvo mjerilo da područje preslikavanja više ne stane u okvir karte, pojavit će se poruka koja na to upozorava. Promjenom mjerila karta se povećava ili smanjuje oko središnje točke okvira karte. Polumjer sfere možemo upisati ili izabrati. Možemo izabrati takav polumjer da sfera ima isti volumen ili oplošje kao neki elipsoid ili da je jednak srednjem polumjeru zakriviljenosti u nekoj točki na elipsoidu. Označavanjem kvadratiča pored teksta u donjem desnom dijelu izabiru se opcije koje omogućuju različite prikaze mreže meridijana i paralela.

Preostaje još samo kartu iscrtati na zaslon monitora. To ćemo učiniti pozivom izbornika **Karta i onda Crtanje**.

Računalnim programom "Kartografske projekcije" nacrtane su slike 9.1, 9.2 i 9.4 na prethodnim stranicama.

10. KARTOGRAFSKA GENERALIZACIJA

Kartografska generalizacija je uopćavanje sadržaja karte prilagođeno mjerilu i (ili) svrsi karte.

10.1. Čimbenici koji utječu na generalizaciju

Čimbenici koji utječu na generalizaciju jesu:

- mjerilo karte
- minimalne veličine
- značajke krajolika
- namjena karte.

10.1.1. Mjerilo karte

Mjerilo karte ima presudan utjecaj na stupanj generalizacije, jer se smanjivanjem mjerila smanjuje prostor za prikaz određenog dijela Zemljine površine, a time i mogućnost točnog i detaljnog unošenja sadržaja. U tablici 10.1 dana je veličina jednog km^2 na kartama u četiri razna mjerila. Vidimo da za prikaz jednog km^2 na karti u mjerilu 1:1000 imamo na raspolaganju 1 m^2 , u mjerilu 1:10 000 1 dm^2 , u mjerilu 1:100000 1 cm^2 , a u mjerilu 1:1 000 000 samo 1 mm^2 . Ako se radi o prikazu naselja, tada u mjerilu 1:1000 možemo prikazati svaku kuću sa svim detaljima, u mjerilu 1:100000 samo veće ulice s blokovima zgrada, a u mjerilu 1:1 000 000 u najboljem slučaju naselje možemo prikazati samo malim kružićem.

Tablica 10.1. Površina jednog km^2 na kartama u različitim mjerilima

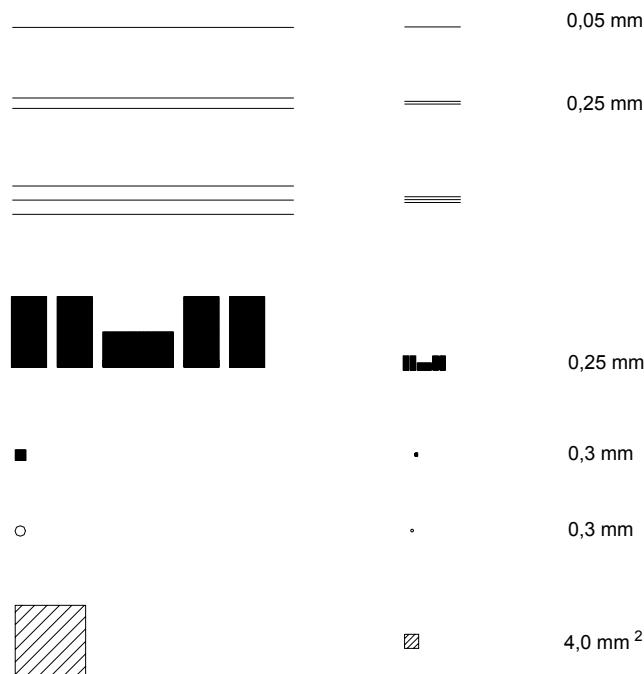
Mjerilo	$\text{cm} \times \text{cm}$
1:1 000	100 × 100
1:10 000	10 × 10
1:100 000	1 × 1
1:1 000 000	0,1 × 0,1

10.1.2. Minimalne veličine

Minimalne veličine jesu veličine ispod kojih se neki grafički element po obliku i veličini ne može više razaznati (sl. 10.1).

Nije uputno u kartografskom prikazu uvijek ići do minimalnih veličina iz ovih razloga:

- važne objekte moramo brzo uočiti, a ne da su tek jedva raspoznatljivi,
- razlike u oblicima moraju biti jasno uočljive,
- nemamo uvijek na raspolaganju najbolje tiskarsko-tehničke uvjete.



Sl. 10.1. Minimalne veličine: a) povećani prikaz; b) prikaz u teoretskim dimenzijama (Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 1975)

10.1.3. Značajke krajolika

Značajke krajolika imaju također određen utjecaj na stupanj generalizacije. U predjelima bogatim vodom prikazat će se na karti manji postotak izvora nego u predjelima siromašnim vodom, gdje hidrografska objekti imaju mnogo veću važnost.

Na listu karte mjerila 1:1 000 000 koji obuhvaća gusto naseljena područja Europe izostavljena su mnoga naseljna mjesta. Istovremeno na listu karte koji obuhvaća rijetko naseljeni dio Afrike, prikazano je svako naselje, pa čak i veće oaze i stočarska prebivališta.

10.1.4. Namjena karte

Ako je karta namijenjena za neke kartometrijske rade, tada to dovodi do bitnog ograničavanja stupnja generalizacije.

U izradi tematskih karata, namjena karte postaje odlučujući čimbenik stupnja generalizacije.

10.2. Procesi generalizacije

Kartografska generalizacija obuhvaća ove procese:

- izbor
- pojednostavljanje
- sažimanje
- pomicanje
- pretvorba metode prikaza

10.2.1. Izbor

Izbor je najvažniji proces generalizacije, jer se u njemu odlučuje da li će neki objekt biti prikazan na karti ili ne.

Budući da su na topografskim kartama naselja, prometnice, vode, reljef i raslinstvo jednako važni, to izbor objekata koje ćemo na karti prikazati treba provoditi zasebno unutar svake od tih pet grupa objekata. U ponekim situacijama bit ćemo prisiljeni i odstupiti od tog principa.

Izbor objekata možemo provoditi

- prema minimalnim veličinama
- na osnovi broja objekata i
- prema važnosti objekata.

Izbor prema minimalnim veličinama

Izbor prema minimalnim veličinama objekata najjednostavniji je oblik generalizacije. Svi objekti koji su u mjerilu karte manji od minimalnih veličina, izostavljaju se. Minimalne veličine većine objekata bit će bitno veće od onih graničnih dimenzija, koje još može razaznati ljudsko oko.

Ako sadržaj karte imamo u digitalnom obliku, tada je izbor prema minimalnim veličinama lako provesti. Npr. računaju se duljine svih rijeka i prikazuju se samo one dulje od 1 cm u mjerilu karte.

Za površine pod različitim kulturama kao minimalna veličina postavlja se obično ona, unutar koje se može čitko smjestiti barem jedan znak za pojedinu vrstu, a ta veličina izvosi oko 4 mm^2 .

Ovakav *bezuvjetan izbor* prema minimalnim veličinama ima nedostatak u tome, da dolazi do izjednačavanja u prikazu inače različitih krajolika. Npr. u krajoliku s vrlo malim zgradama izabire se mali broj zgrada, a u krajoliku s vrlo velikim zgradama izabire se veliki broj zgrada.

Da bi se izbjegle ovakve pogreške u prikazu umjesto bezuvjetnog primjenjujemo *uvjetni izbor*. Kod uvjetnog izbora prikazujemo sve objekte veće od minimalnih veličina ali i neke manje od minimalnih veličina. Ovim posljednjim se u prikazu dodjeljuju minimalne veličine.

Izbor na osnovi broja objekata

Izbor prema minimalnim veličinama ponekad dovodi do iskrivljenog prikaza određenog krajolika. Npr. ako u određenom području ima vrlo mnogo malih jezera, moglo bi se dogoditi da izborom prema minimalnim veličinama sva otpadnu. Time se iskrivljuje prikaz krajolika. Da se to ne dogodi određeni broj jezera treba prikazati. Pitanje je koliko. Tim pitanjem bavili su se mnogi kartografi. Formule do kojih je F. Töpfer došao eksperimentalnim putem, poznate kao *zakon korjena* najčešće se citiraju. Töpfer je prvobitno izveo formulu (Töpfer 1974):

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}, \quad (10.1)$$

a zatim je dopunio

$$n_F = n_A C_B C_Z \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}. \quad (10.2)$$

U tim formulama pojedine oznake znače:

n_A - broj objekta u izvornom mjerilu

n_F - broj objekata u izvedenom mjerilu

M_A - nazivnik mjerila (faktor umanjenosti) izvorne karte

M_F - nazivnik mjerila faktor umanjenosti) izvedene karte

C_B - konstanta važnosti objekta

C_Z - konstanta zbog razlike u kartografskim ključevima.

Ovisno o važnosti objekata konstanta C_B ima ove vrijednosti:

- za normalno važne objekte
-

$$C_B = 1 \quad (10.3)$$

- za naročito važne objekte
-
-

$$C_B = \sqrt{\frac{M_F}{M_A}} \quad (10.4)$$

- za malo važne objekte

$$- \quad C_B = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (10.5)$$

Ako je kartografski ključ za izvedeno mjerilo usklađen onome za izvorno mjerilo po *zakonu korjena*, tada je

$$C_Z = 1 \quad (10.6)$$

Za linearne objekte (ceste, rijeke) kod kojih je važno samo širina znaka, C_Z se računa po formuli

$$C_Z = \frac{s_A}{s_F} \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (10.7)$$

gdje su

s_A - širina znaka u izvornom mjerilu

s_F - širina znaka u izvedenom mjerilu

Od mjerila karata 1:100 000 prema sitnijima primjenjuje se u pravilu isti kartografski ključ pa je

$$\frac{s_A}{s_F} = 1 \quad (10.8)$$

Za površinske objekte (jezera, naselja) čija površina je mjerodavna za generalizaciju C_Z se računa po formuli

$$c_Z = \frac{f_A}{f_F} \frac{M_A}{M_F} \quad (10.9)$$

Za mjerila 1:100 000 i sitnija

$$\frac{f_A}{f_F} = 1 \quad (10.10)$$

gdje su

f_A - površina znaka u izvornom mjerilu

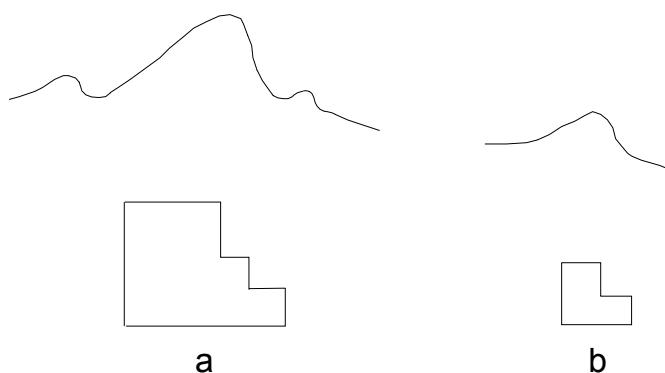
f_F - površina znaka u izvedenom mjerilu

Izbor prema važnosti objekata

Kod nekih objekata izbor je svrshodno provoditi na osnovi važnosti objekata. To se, primjerice, odnosi na povijesne spomenike. Da bismo mogli provoditi izbor prema važnosti objekata, moraju ti objekti biti kategorizirani prema važnosti. Tako su i povijesni spomenici svrstani prema važnosti u kategorije. Najznačajniji spomenici spadaju u *nultu* kategoriju. Zatim dolaze spomenici prve kategorije itd.

10.2.2. Pojednostavljanje

Kod linijskih objekata pojednostavljanje njihovih tokova nazivamo izglađivanjem ili glaćanjem linija, a kod površinskih objekata govorimo o pojednostavljanju njihovih obrisa (Lovrić 1976) (sl. 10.2)



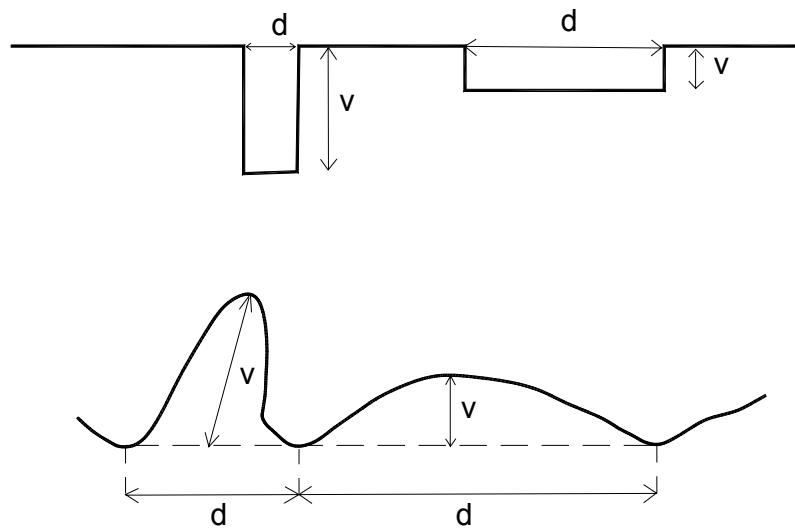
Sl. 10.2. Pojednostavljenje linijskih i površinskih objekata: a) izvorna karta,
b) izvedena karta

Pojednostavljanje prema minimalnim veličinama

I za pojednostavljanje linijskih objekata možemo odrediti minimalne veličine za duljinu i dubinu izbočina (sl. 10.3). Sve izbočine manje od tih veličina se izostavljaju. Pritom se držimo određenih pravila.

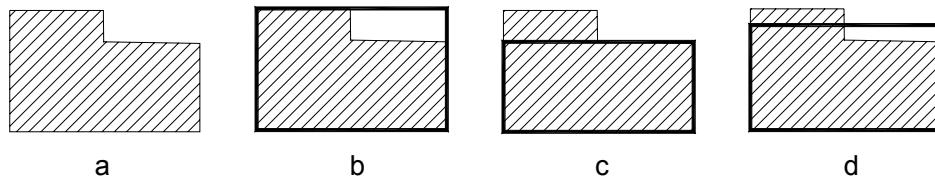
Kod izgrađenih objekata isključivanje neke izbočine provodi se pravolinijskim odsjecanjem izbočine i provlačenjem linije ne uvažavajući udubine. Kod prirodnih objekata, koji u prirodi ili na karti imaju vijugavi tok, mora i generalizirana linija nakon izglađivanja ostati vijugava. Kada izbočine i udubine slijede jedna drugu, tada generalizirana linija mora biti tako povučena, da se postigne izjednačavanje površina (Lovrić 1976).

Iznosi graničnih veličina za izbočine i udubine nisu u svim slučajevima isti, već u prvom redu ovise o širini i uzorku linijskog kartografskog znaka. Za liniju širine 0.1 mm minimalna dubina je 0.4 mm, a minimalna duljina 0.8 mm za jako vijugave linije, 1.0 mm za normalno vijugave linije i 1.5 mm za slabo vijugave linije.



Sl. 10.3. Minimalne veličine u pojednostavljenju

Ove smjernice mogu se u određenim slučajevima različito interpretirati. Na sl. 10.4. prikazan je takav slučaj u pojednostavljenju obrisa zgrade.



Sl. 10.4. a) izvornik, b) naglašavanje, c) oslabljivanje, d) očuvanje površina

Izglađivanja linija na principu opće aritmetičke sredine

Za izglađivanje linijskih kartografskih objekata predložio je Goottschalk (1971) metodu koja se zasniva na principu opće aritmetičke sredine. Po toj metodi koordinate pojedine točke zamjenjuju se koordinatama dobijenim općom aritmetičkom sredinom iz nekoliko susjednih točaka po formulama:

$$x_k = \frac{\sum_i x_i p_i}{\sum_i p_i}, \quad y_k = \frac{\sum_i y_i p_i}{\sum_i p_i} \quad (10.11)$$

U tim formulama težina p_i računa se po formuli

$$p_i = 1 - \frac{|i - N_0|}{n}, \quad (10.12)$$

gdje su:

i - redni broj točke u segmentu

N_0 - redni broj točke za koju se računa srednja vrijednost

n - broj točaka lijevo i desno od zadane točke.

Pojednostavljivanje prema zakonu korjena

Ako na određenom dijelu nekog linijskog objekta imamo n izbočina, postavlja se pitanje koliko ih još možemo prikazati na izvedenoj karti u sitnjem mjerilu. Odgovor daje zakon korjena

$$n_F = n_A C_B C_Z \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}.$$

Budući da se radi o linearnim objektima, to je

$$C_Z = \frac{s_A}{s_F} \sqrt{\frac{M_A}{M_F}},$$

a za C_B možemo uzeti da je $C_B=1$.

Do mjerila 1:100 000 širine znakova mogu slijediti zakon korjena pa je i $C_Z=1$

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}. \quad (10.13)$$

Nakon mjerila 1:100 000 širine linija bit će jednake, tj.

$$C_Z = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}$$

pa je

$$n_F = n_A \frac{M_A}{M_F} \quad (10.14)$$

Primjer 1: $n_A = 10$, $1:M_A = 1:25000$, $1:M_F = 1:50000$, $n_F = ?$

Prema (10.13)

$$n_F = 10 \sqrt{\frac{25000}{50000}} \approx 7$$

Primjer 2: $n_A = 10$, $1:M_A = 1:100000$, $1:M_F = 1:200000$, $n_F = ?$

Prema (10.14)

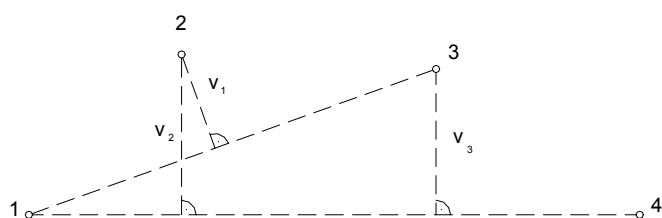
$$n_F = 10 \cdot \frac{100000}{200000} = 5$$

Računalni programi

Prve računalne programe za izglađivanje linijskih kartografskih objekata napisali smo 1981. godine (Frančula i dr. 1981). Bili su to programi u FORTRAN-u za veliko računalo Sveučilišnog računskog centra i neizravno (off line) crtanje ploterom. Sastavili smo, među ostalim, i potprograme za izglađivanja prema minimalnim veličinama i na principu opće aritmetičke sredine.

Algoritam za izglađivanje pomoću minimalnih veličina sastavili smo koristeći se prijedlozima Ivanova (1965) i Langa (1969). Neka su točke 1, 2, 3, 4 točke linije koju treba pojednostaviti (sl. 10.5).

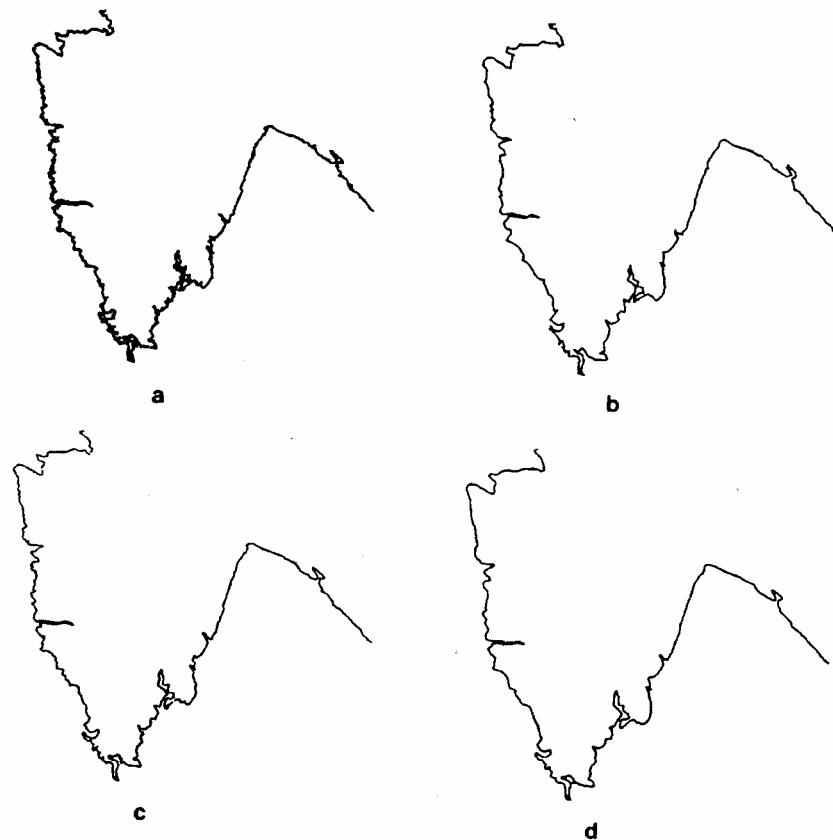
Iz točke 2 spušta se okomica na spojnicu 1-3. Ako su visina v_1 i duljina 1-3 manje od graničnih vrijednosti, postupak se nastavlja tako da se iz točaka 2 i 3 spuštaju okomice na spojnicu 1-4. Ako je npr. visina v_2 ili duljina 1-4 veće od graničnih vrijednosti, iscrtava se spojnica 1-3 i postupak se nastavlja polazeći od točke 3 kao početne točke.



Sl. 10.5. Izglađivanje prema minimalnim veličinama

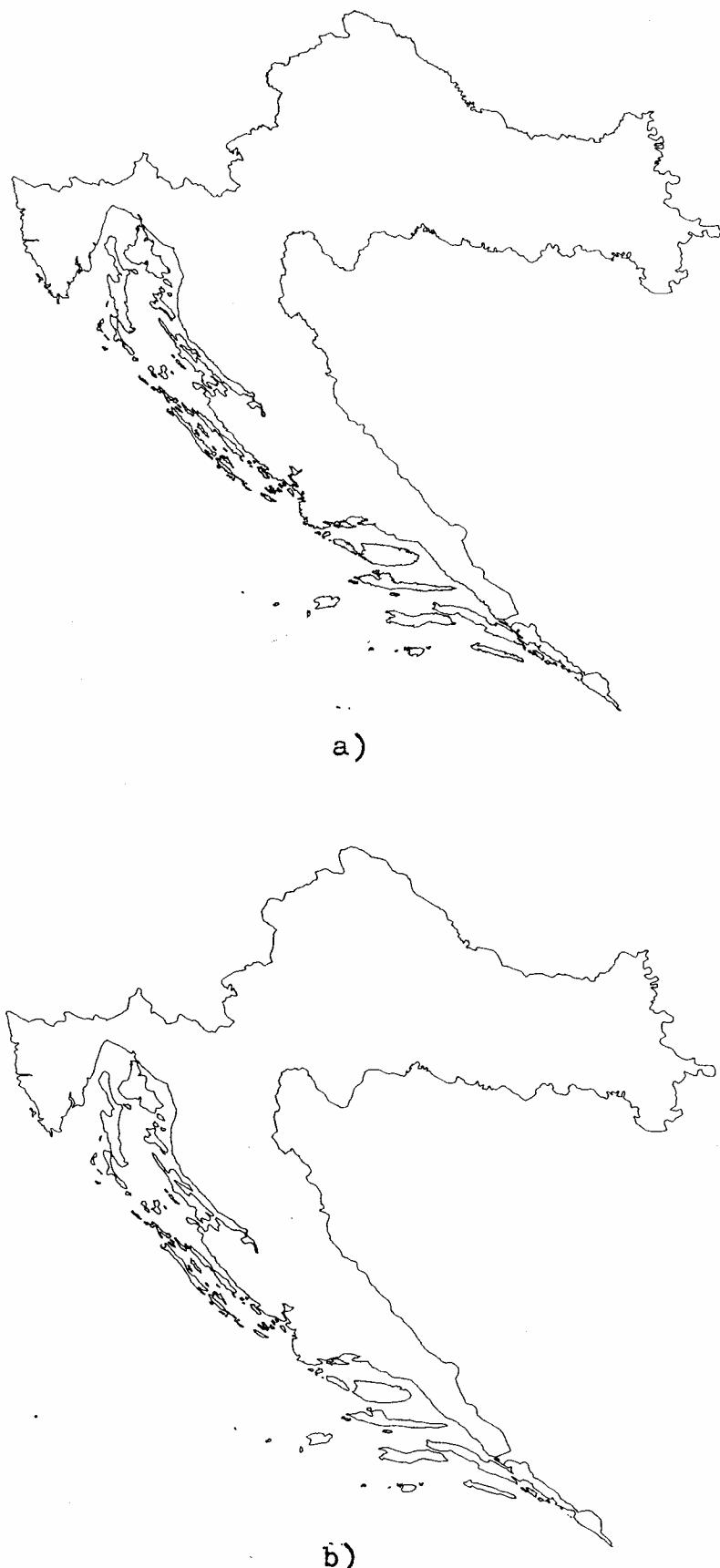
Navedena dva algoritma testirali smo na generalizaciji obalne linije Istre (sl. 10.6). Analiza pokazuje da ni jedan od dobivenih prikaza potpuno ne zadovoljava. Na sl. 10.6.b karakterističan oblik Bakarskog zaljeva nije dobro prikazan, a na sl. 10.6.c linija je suviše

drhtava. Prikaz na sl. 10.6.d može se smatrati dobrom osnovom iz koje će se malim intervencijama kartografa dobiti dobro generalizirani prikaz.



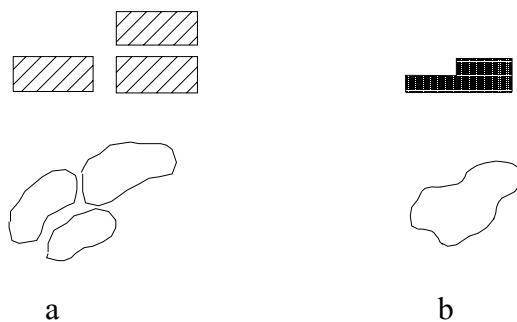
. Sl. 10.6. a) izvorni prikaz; b) metoda minimalnih veličina ($v=0.4$ mm, $d=0.8$ mm); c) i d) metoda opće aritmetičke sredine: c) $n=2$, d) $n=4$

Program smo 1993. preveli iz FORTRAN-a u QuickBASIC i instalirali na osobnom računalu. Program smo testirali pomoću datoteke granica i obalne linije Hrvatske dobivene digitalizacijom s karte mjerila 1:1 000 000. Ustanovili smo da se dosta dobri rezultati mogu dobiti kombinacijom oba algoritma tako da prvo pomoću metode minimalnih veličina smanjimo broj točaka, a onda primjenimo metodu opće aritmetičke sredine (Vučetić 1995) (sl. 10.7)

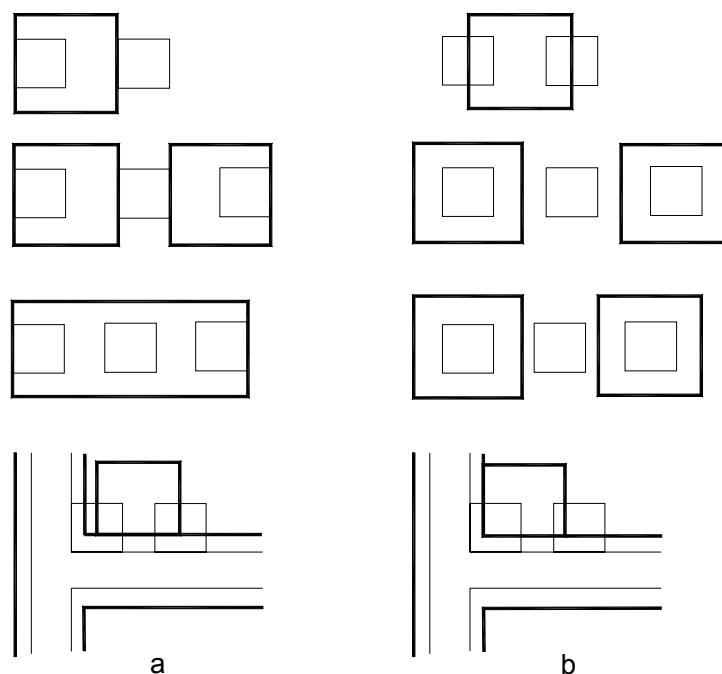


Sl. 10.7. a) izvorni prikaz; b) metoda minimalnih veličina ($v=0.4$ mm, $d=0.8$ mm) i potom metoda opće aritmetičke sredine ($n=2$)

10.2.3. Sažimanje



Sl. 10.8. Sažimanje: a) izvorna karta, b) izvedena karta



Sl. 10.9. Sažimanje zgrada: a) neispravno, b) ispravno

Sažimanje je grafičko spajanje susjednih istovrsnih objekata, kad je razmak između njih manji od minimalnih veličina (sl. 10.8).

U postupku sažimanja treba nastojati da izvorni oblik, veličina i razmaci između objekata budu očuvani usprkos smanjenju broja objekata (sl. 10.9).

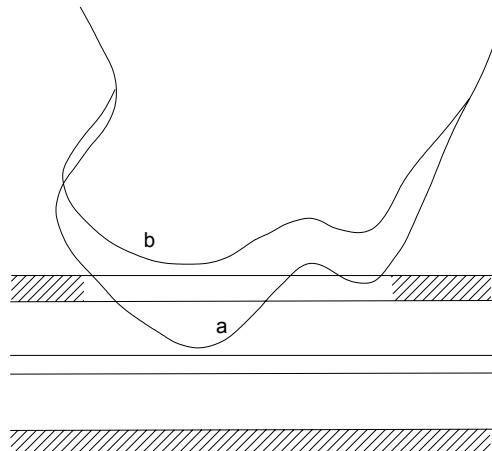
10.2.4. Pomicanje

Mnogi objekti na karti prikazuju se zbog njihove važnosti mnogo veći od običnog prikaza u mjerilu karte. Takvi objekti su, npr. ceste. U tablici 10.2 dan je odnos veličina ceste na karti i u prirodi. Za primjer je uzeta cesta široka 4 m, koja se na kartama u četiri razna mjerila prikazuje s dvije paralelne crte na razmaku 0.6 mm.

Tablica 10.2 Odnos širine ceste u prirodi i na karti

Mjerilo	Širina ceste m	Prikaz na karti mm	Prikaz s karte preračunat u prirodu (m)
1:25 000	4	0,6	15
1:50 000	4	0,6	30
1:100 000	4	0,6	60
1:200 000	4	0,6	120

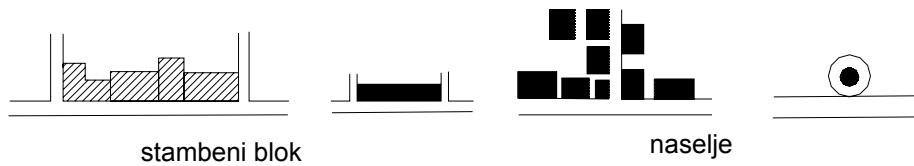
Vidimo da širina takve ceste preračunata s karte mjerila 1:200 000 u prirodu, umjesto 4 m iznosi 120 m. Jasno je da su svi objekti uz cestu (npr. kuće) pomaknuti iz svog pravog položaja. To se odnosi i na izohipse (sl. 10.10), ali je to izvedeno tako da je, što je više moguće, očuvan njen stvarni tok u odnosu na objekt zbog kojeg se pomiče.



Sl. 10.10. Pomicanje izohipse uz cestu: a) prije pomicanja, b) nakon pomicanja

10.2.5. Pretvorba metode prikaza

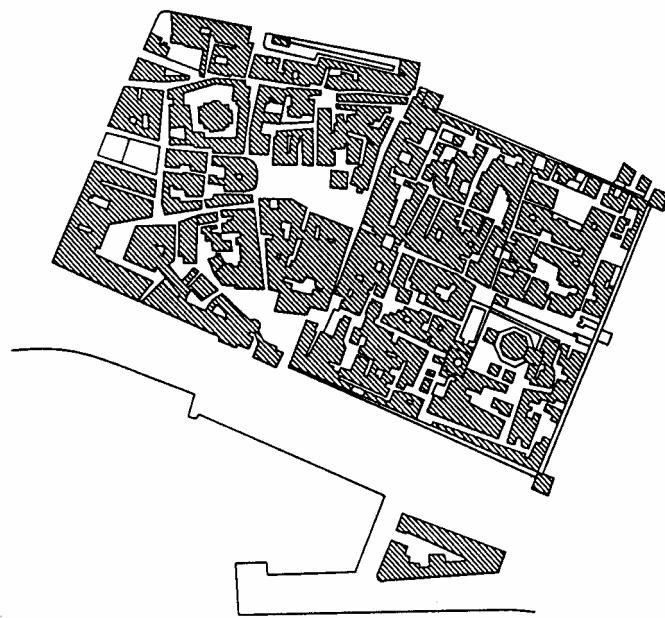
Smanjivanjem mjerila u prikazu objekata na karti dolazi u određenom trenutku i do promjene metode prikaza. Pretvorba od tlocrtnog prikaza na prikaz znakom nastupa onda, kada je tlocrt objekta, zbog redukcije površine smanjenjem mjerila premali za čitak prikaz obrisa. Smanjivanjem mjerila umjesto prikaza svake pojedinačne zgrade prelazi se na prikaz blokom (sl. 10.11). Daljim smanjivanjem mjerila, kad više nema dovoljno prostora ni za prikaz konture naselja prelazi se na prikaz znakom (sl. 10.11).



Sl. 10.11. Prijelaz s tlocrtnog prikaza na prikaz znakom

10.3. Generalizacija prikaza naselja pomoću programskog paketa PC ARC/INFO

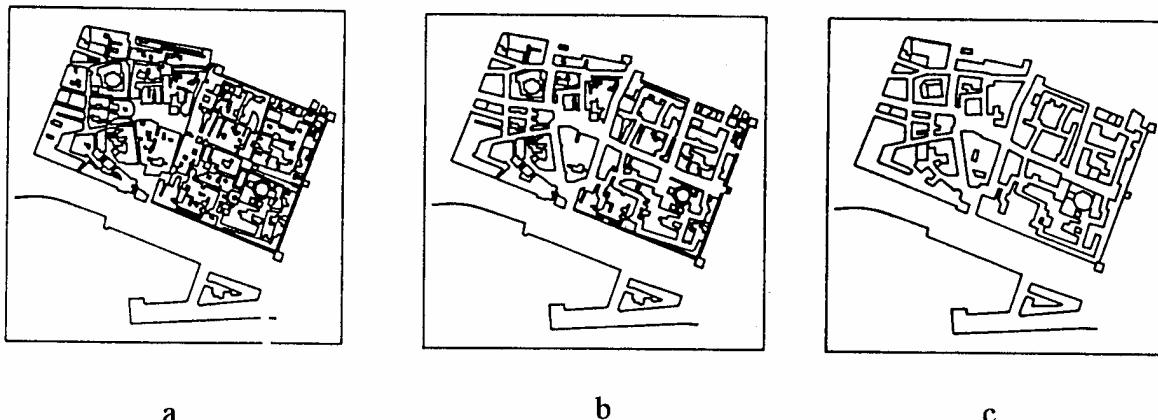
U okviru jednog diplomskog rada (Savin 1992) ispitivano je u kojoj je mjeri moguće pomoći programskog paketa PC ARC/INFO izvršiti generalizaciju prikaza naselja. U tu svrhu digitalizirana je gradska jezgra Splita s osnovne državne karte u mjerilu 1:5000 (sl. 10.12). Generalizaciju treba izvršiti za prikaz u mjerilu 1:10 000.



Sl. 10.12. Gradska jezgra Splita u mjerilu 1:5000

Postupak generalizacije obavljen je u nekoliko koraka. Dodatno digitalizirane su osi ulica i pomoći naredbe BUFFER proširene u glavne i sporedne ulice. S naredbama ERASECOV i CLIP izbrisani je dio prikaza unutar proširenih ulica. Svi poligoni površine manje od 1 mm^2 u mjerilu 1:10 000 uklonjeni su pomoći naredbe ELIMINATE. Naredbom DISOLVE sažeti su svi bliski susjedni istovrsni poligoni (npr. dvorišta). Uz još neke

međukorake dobiven je tako prikaz na sl. 10.13.b. Konačni prikaz na sl. 10.13.c dobiven je interaktivnom doradom u modulu ARCEDIT.



Sl. 10.13. Prikazi u mjerilu 1:10 000: a) izvorni prikaz; b) prikaz dobiven pomoću naredbi PC ARC/INFO-a; c) interaktivno dorađeni prikaz

11. TEMATSKE KARTE

Tematske su karte kartografski prikazi najrazličitijih tema iz prirodnog i društvenog područja, koje su neposredno vezane za prostor. Kao okosnica za prikaz služi u pravilu pojednostavljena topografska karta, tzv. temeljna karta (Lovrić, 1988).

Velik broj tematskih karata može se grupirati po raznim osnovama (Lovrić 1988):

1. po svojstvima prikaza,
2. po metodama istraživanja,
3. po oblicima i sredstvima prikaza i
4. po tematskim područjima.

Od velikog broja tematskih karata osvrnut ćemo se ovdje na mogućnost kompjutorski podržane izrade samo nekih od njih.

11.1. Površinski kartogram

Površinski kartogram je tematska karta na kojoj su pojave ili stanja prikazani unutar raznih teritorijalnih, najčešće administrativnih, jedinica pomoću stupnjevito diferenciranih tonova jedne boje, pomoću više boja ili pomoću površinskih uzoraka (Borčić i dr. 1977).

11.1.1. Određivanje granica klasa

Budući da ljudsko oko jasno razlikuje samo određeni broj tonova jedne boje, to u izradi površinskih kartograma treba podatke koje prikazujemo na karti svrstati u klase. Broj klasa je, najčešće, dvije do deset.

Za određivanja granica klasa postoje različite metode. Označimo li

A - minimalna vrijednost

B - maksimalna vrijednost

n - broj klasa

G_i - granice klasa

tada je

$$G_1 = A$$

$$G_{n+1} = B$$

a preostaje da se odrede

G_i za $i=2$ do n (sl. 11.1)



Sl. 11.1. Granice klasa za $n=3$

Jednaki intervali

Raspon između minimalne i maksimalne vrijednosti treba podijeliti na jednake intervale.

$$G_i = G_{i-1} + x, \quad i = 2, n \quad (11.1)$$

gdje je

$$x = \frac{B - A}{n}. \quad (11.2)$$

Primjer: $A=0, B=900, n=3$

$$x=300$$

$$G_1=0, G_2=300, G_3=600, G_4=900$$

Aritmetički niz

Prema metodi aritmetičkog niza granice klasa treba tako odrediti da veličine klasa čine aritmetički niz, tj. niz brojeva u kojima je razlika susjednih članova konstantna. Jedan od načina na koji se to može napraviti je sljedeći pri čemu se granice klasa računaju po formuli

$$G_i = G_{i-1} + (i - 1) x \quad (11.3)$$

gdje je

$$x = \frac{B - A}{\sum_{i=1}^n i} \quad (11.4)$$

Primjer: $A=0, B=900, n=3$

$$x = \frac{900}{1+2+3} = 150$$

$$G_1=0, G_2=150, G_3=450, G_4=900$$

Geometrijski niz

Prema metodi geometrijskog niza granice klasa treba tako odrediti da veličine klasa čine geometrijski niz, tj. niz brojeva u kojem je kvocijent susjednih članova konstantan. Jedan od načina na koji se to može napraviti je sljedeći pri čemu se granice klasa računaju po formuli

$$G_i = G_{i-1} x \quad (11.5)$$

gdje je

$$x = \sqrt[n]{\frac{B}{A}} \quad (11.2)$$

Primjer: $A=1$, $B=900$, $n=3$

$$x = \sqrt[3]{900} = 9.65$$

$G_1=1$

8.65

$G_2=9.65$

9.66

83.57

$G_3=93.22$

9.65

806.78

$G_4=900$

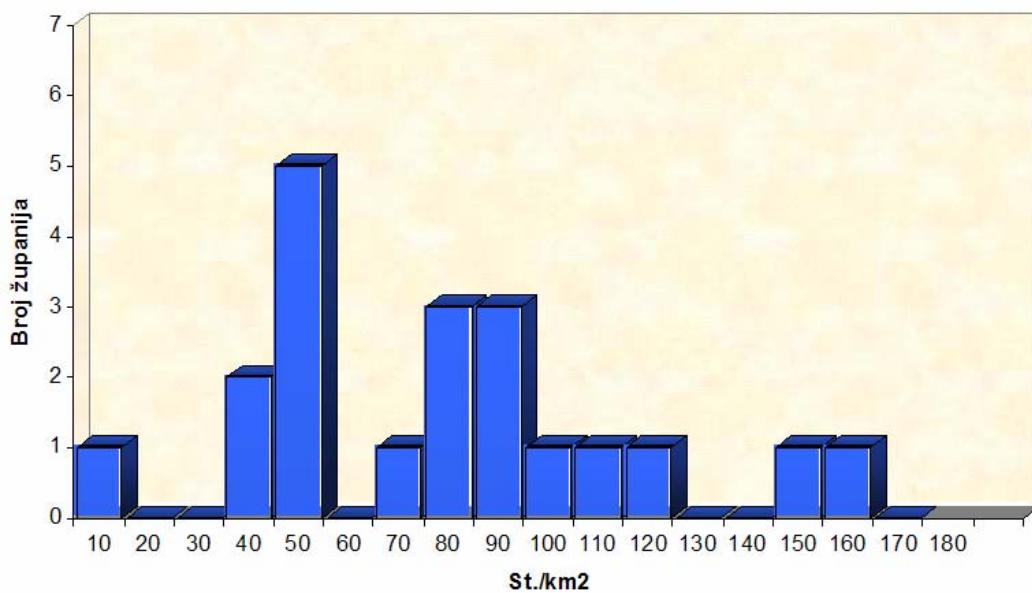
U prethodnoj trokutastoj tablici u prvoj koloni upisane su granice klasa. U drugoj koloni su veličine klasa dobivene kao razlike granica klasa, a u trećoj koloni kvocijenti susjednih članova iz druge kolone.

Jednake frekvencije

Po metodi jednakih frekvencija granice klasa treba tako odrediti da se u svakoj klasi nađe jednak broj teritorijalnih jedinica. U računalskoj realizaciji ove metode podaci se sortiraju po veličini od najmanjeg do najvećeg. Potom se u svaku klasu odbrojava zadani broj teritorijalnih jedinica tj. podataka. Do manjeg odstupanja od pravila metode doći će ako broj podataka nije bez ostatka djeljiv s brojem klasa. Do još jednog odstupanja od pravila metode doći će ako dva ili više jednakih podataka trebaju ući u dvije različite klase. U tom slučaju sve podatke iste po veličini svrstavamo u istu klasu.

Određivanje granica klasa pomoću histograma

Histogram je grafički prikaz distribucije frekvencija u kojem na os apscisu nanosimo grupne razmake, a na os ordinatu frekvenciju za svaku grupu. Koristeći se histogramima moguće je utvrditi postoje li tzv. prirodne granice klasa određene najvećim skokovima u histogramu (sl. 11.2).



Sl. 11.2. Histogram za kartu gustoće naseljenosti Hrvatske po županijama

11.1.2. Izbor najpovoljnije metode određivanja granica klasa

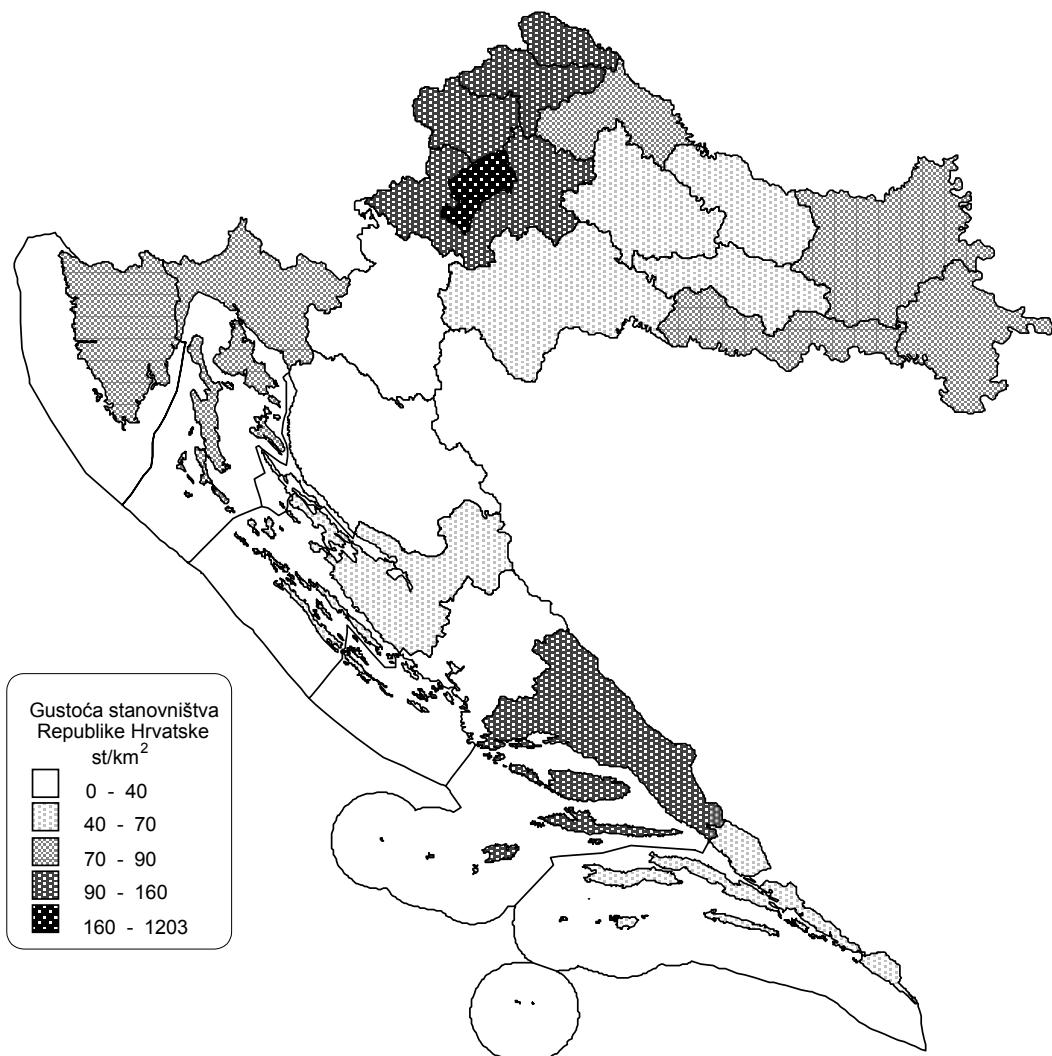
Određivanje granica klasa jedan je od najvažnijih zadataka u izradi površinskih kartograma. Na sl. 11.3. i 11.4. (Latinović 2003) dana je jedna te ista karta samo što su granice klasa određene različitim metodama. Iz tih slika je vidljivo u kojoj je mjeri metoda određivanja granica klase bitna za vizualno djelovanje karte i njezinu izražajnu vrijednost. Iako su principi određivanja granica klasa u tematskoj kartografiji određeni i jasni, analiza mnogih tematskih karata pokazuje da su granice klasa određene proizvoljno, bez ikakvih objašnjenja kako se do njih došlo.

Upotreba računala pruža autoru tematskih karata mogućnost da na brz način dođe do većeg broja karata s granicama klasa određenim različitim metodama. Time je olakšano proučavanje prostornog razmještaja stanja ili pojave koje se na karti prikazuju, pa prema tome omogućen i objektivniji način određivanja granica klasa.

Osim toga računala omogućuju da se različite metode određivanja granice klasa bez teškoća usporede i pomoću nekih statističkih veličina. Tako su Jenks, Coulson (1963) predložili metodu uspoređivanja analognu određivanju koeficijenta varijabilnosti. Postupak je sljedeći. Granice klasa odrade se različitim metodama i svi se podaci svrstaju u klase. Za svaku klasu pojedine metode izračuna se predloženi koeficijent te se za svaku metodu zbroje koeficijenti svih klasa. Metoda u kojoj je sumarni koeficijent (DIF na sl. 11.5) najmanji prema tom je kriteriju najbolja. Za izbor najpovoljnije metode tim kriterijem sastavljen je u FORTRAN-u poseban program nazvan TESTIR (Frančula 1974, 1981).

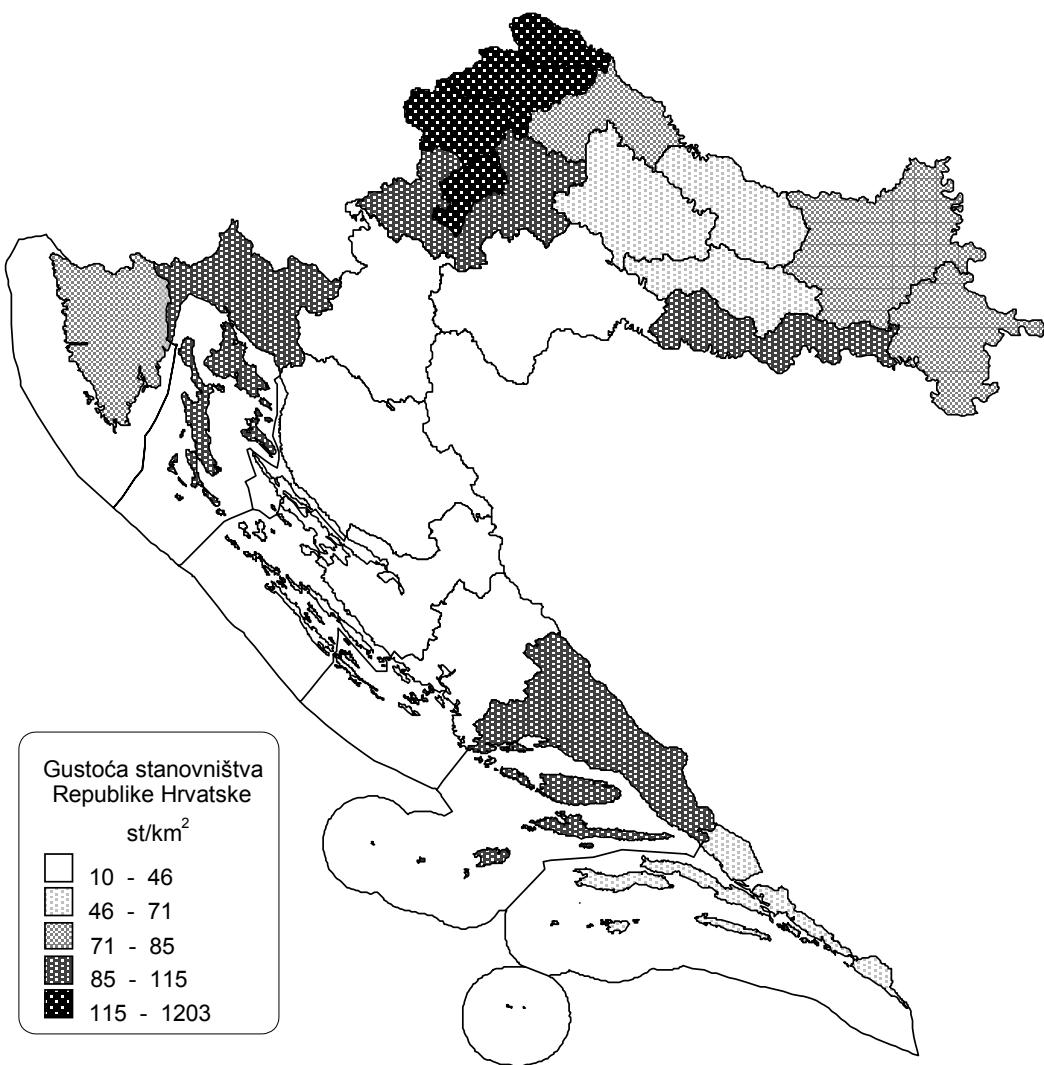
M. Kosek (1989) prevela je program u BASIC. Program uključuje sedam metoda određivanja granica klasa, a podatke je moguće svrstati u 2-10 klasa. Ako u neku klasu ne padne ni jedna vrijednost, tad se umjesto izračunatih sumarnih koeficijenata dobije ispisana

poruka "POSTOJI PRAZNA KLASA". Na sl. 11.5 dan je dio izlazne liste programa TESTIR za kartu gustoće naseljenosti Hrvatske i to za pet klasa i dvije metode određivanja granica klasa.



Sl. 11.3. Karta gustoće naseljenosti Hrvatske po županijama. Granice klasa određene su analizom histograma.

Opisani izbor najbolje metode određivanja granica klasa grafički se dade prikazati na sljedeći način. Svakoj od metoda odgovara u grafičkom prikazu određena krivulja. Na sl. 11.6 prikazane su krivulje koje odgovaraju metodi jednakih intervala te metodama aritmetičkog i geometrijskog niza. Potrebno je u istom mjerilu dati i grafički prikaz podataka prema kojima se izrađuje karta. Os apscisa podijeli se na toliko jednakih dijelova



Sl. 11.4. Karta gustoće naseljenosti Hrvatske po županijama. Granice klasa određene su metodom jednakih frekvencija

koliko ima podataka. Podaci se sortiraju po veličini i na os ordinatu nanosi se veličina svakog pojedinog podatka. Kad se sve tako kartirane točke spoje, dobije se krivulja koju treba usporediti s teoretskim krivuljama za svaku metodu. Najbolja metoda je ona čija se krivulja najbolje podudara s krivuljom stvarnih podataka.

Slike 11.3 i 11.4 izrađene su programom MapViewer (Latinović 2003). U određivanju granica klasa tim programom početna granica pojedine klase jednaka je završnoj granici prethodne klase. U programu TESTIR početna granica pojedine klase za jednu je jedinicu veća od završne granice prethodne klase. To je uzrok malim razlikama u granicama klasa na slikama 11.3, 11.4 i 11.5.

BROJ KLASA : 5
#####

METODA JEDNAKIH FREKVENCIJA

** KOEFICIJENTI
DIF = 4.41777

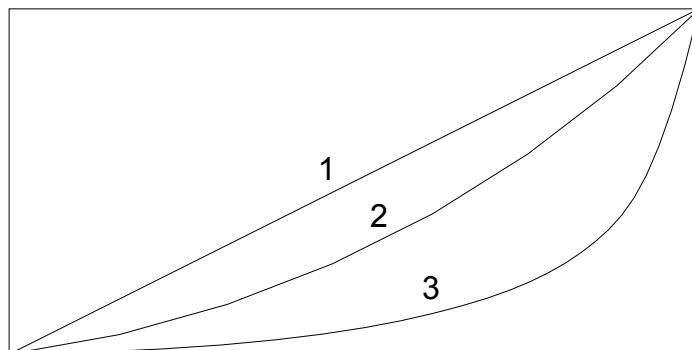
**	GRANICE KLASA	**	GRANICE KLASA	**
10 - 44	NO = 5	0 - 40	NO = 3	
45 - 68	NO = 4	41 - 70	NO = 6	
69 - 81	NO = 4	71 - 90	NO = 6	
82 - 101	NO = 4	91 - 160	NO = 5	
102 - 1203	NO = 4	161 - 1203	NO = 1	

BROJ KLASA : 5
#####

METODA UČITANIH GRANICA

** KOEFICIJENTI
DIF = 2.86909

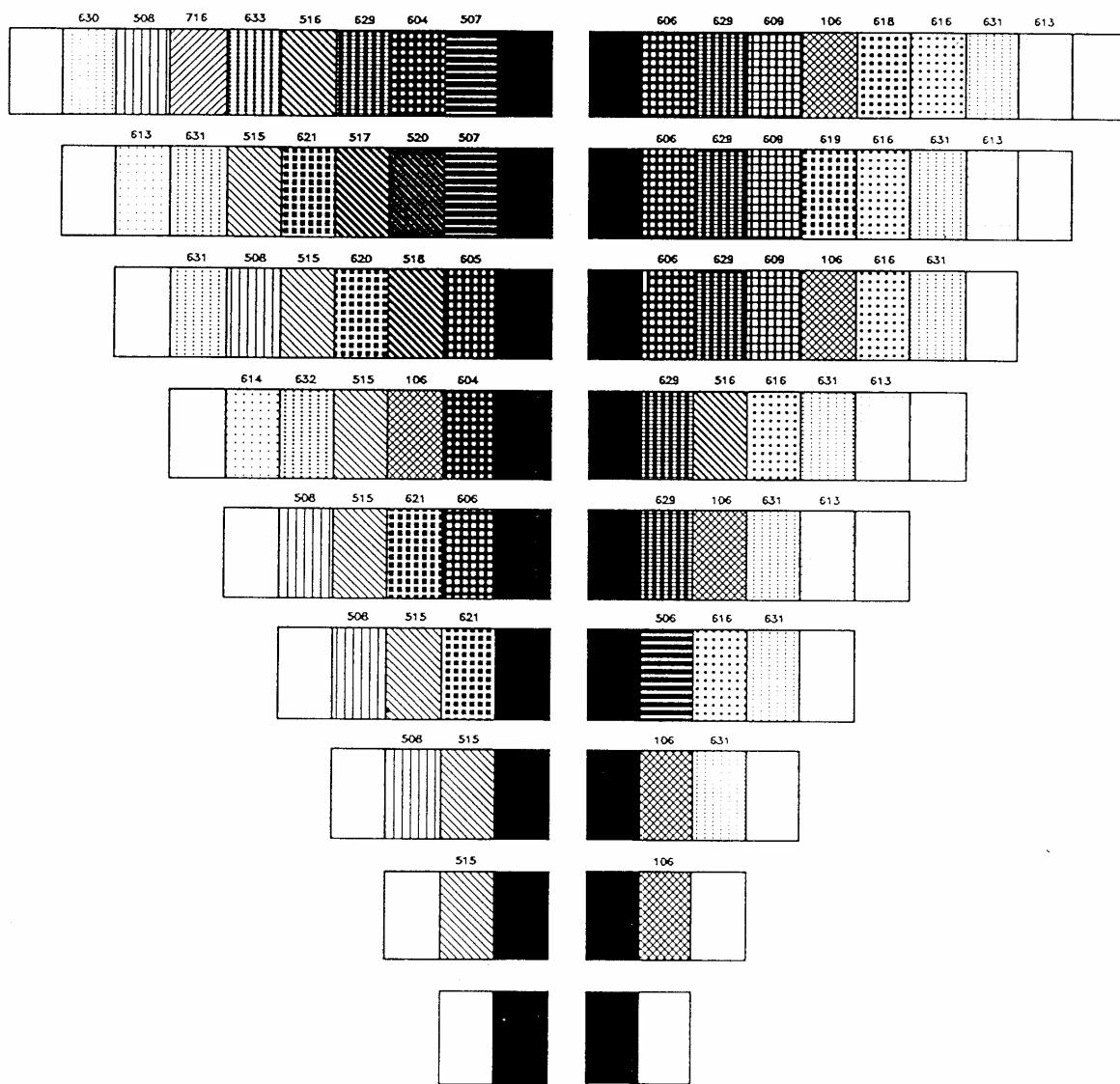
Sl. 11.5. Dio izlazne kompjutorske liste programa TESTIR za kartu gustoće naseljenosti Hrvatske po županijama



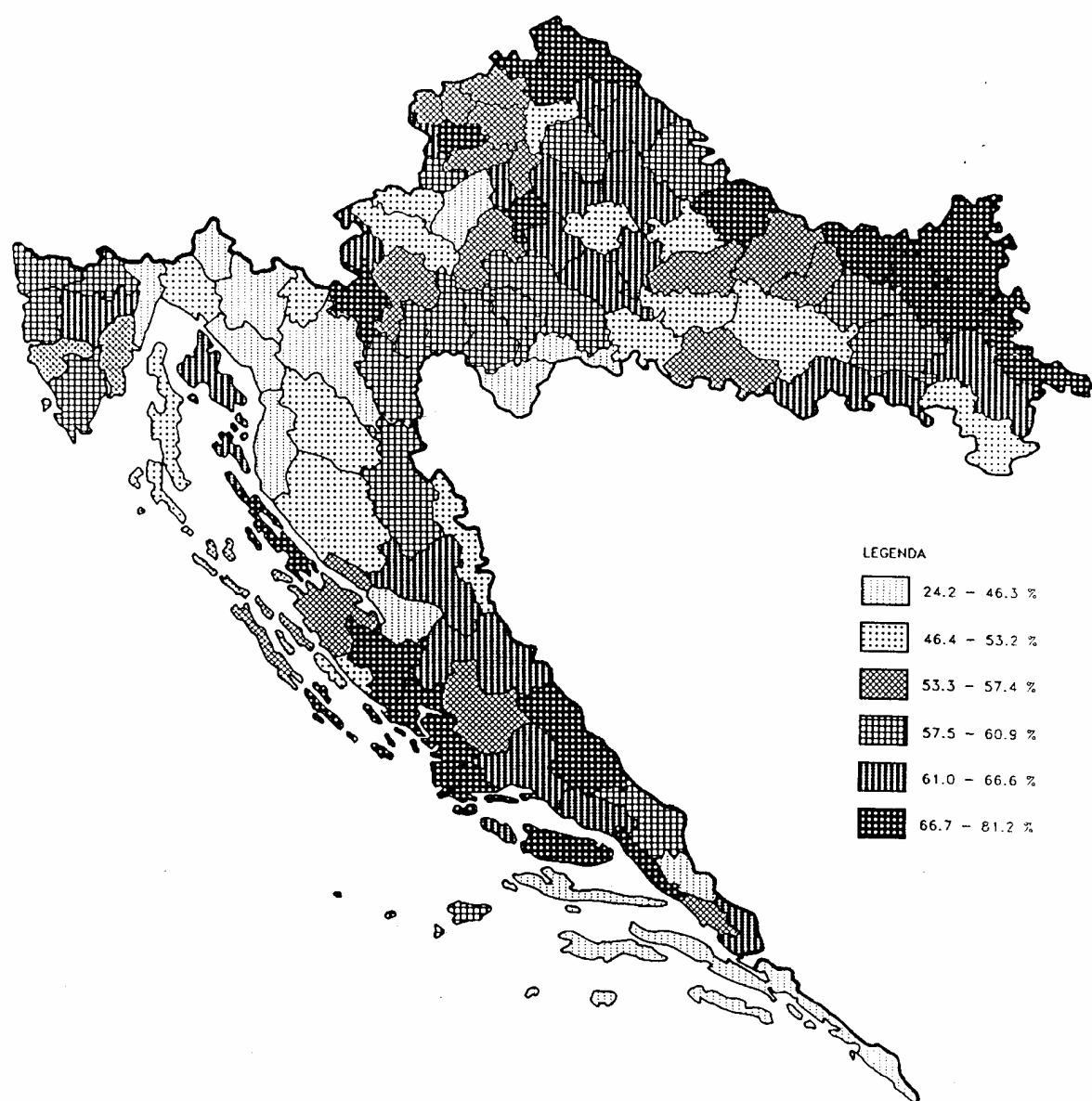
Sl. 11.6. Grafički prikaz metoda određivanja granica klasa: (1) jednaki intervali, (2) aritmetički niz, (3) geometrijski niz

11.1.3. Izrada površinskih kartograma

Prve programe za kompjutorski podržanu izradu površinskih kartograma sastavili smo u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta 1974. godine. Bili su to programi u FORTRAN-u za izradu površinskih kartograma brzim pisačima u Sveučilišnom računskom centru u Zagrebu. Podatke je bilo moguće svrstati u 2-10 klasa, granice klasa odrediti pomoću sedam različitih metoda, a najbolju metodu izabrati prema prethodno opisanoj metodi Jenksa i Coulsona (Frančula 1974, 1981).



Sl. 11.7. Skale vizualnih rastera (Kosek 1989)



Sl. 11.8. Udio poljoprivrednog zemljišta u ukupnoj površini 1978. godine

Osobno računalo, skaner i laserski pisač prvi put smo upotrijebili za izradu tematskih karata 1989. godine. Temeljna karta za izradu površinskih kartograma Hrvatske dobivena je skaniranjem granica općina s karte u mjerilu 1:2 000 000. Promjenom debljine linije odnosno veličine točke generirano je 18 skala tonskih vrijednosti za legende od 2 do 10 klase (sl. 11.7). Četiri površinska kartograma izrađena su pomoću programa Paintbrush i laserskog pisača HP Laser Jet II. Jedna od tih karata dana je na sl. 11.8. (Kosek 1989).

Prvi profesionalni program za izradu tematskih karata Atlas MapMaker počeli smo upotrebljavati 1993., a od 1998. upotrebljavamo u tu svrhu program MapViewer tvrtke Golden Software. Tim su programom izrađene tematske karte na slikama 11.3. i 11.4.

11.2. Karte točaka



Sl. 11.9. Karta naselja Hrvatske prema popisu iz 1991.

Karte točaka služe za prikaz razdiobe (razmještaja, rasprostranjenosti) objekata. Svaka točka predstavlja određenu količinu, npr. 2000 stanovnika ili 1000 hektara obradivog zemljišta. Veličinu točaka i količinu koju prikazuju treba tako odrediti da se u području najveće gustoće, točke gotovo stapanju, a u ostalim su područjima proporcionalno razmještene.

Budući da se karte točaka primjenjuju u izradi karata sitnih mjerila, to se točan položaj točaka obično ne određuje. Ali pri smještaju točaka treba voditi računa o stvarnoj razdobi stanja ili pojave, koja se prikazuje. Npr. ako neke statističke podatke prikazujemo unutar općina, točke treba smjestiti u one dijelove općine gdje je njihova najveća gustoća. Bitno je, dakle, geografsko poznavanje rasprostiranja onoga što prikazujemo (Raisz 1948).

Karta točaka na sl. 11.9. prikazuje razmještaj naselja unutar županija Republike Hrvatske. Razlikuje se od ostalih karata te vrste time što svaka točka prikazuje jedno naselje i što je kartirana točno po koordinatama centroida tog naselja. Kartu je bilo moguće izraditi na taj način, jer smo raspolagali datotekama koordinata granica županija i obalne linije Hrvatske i datotekom centroida naselja Hrvatske. Datoteku centroida svih 6665 naselja Hrvatske izradili su studenti Geodetskog fakulteta Bajić i dr. (1992) digitalizacijom s karte u mjerilu 1:50 000 (Lapaine, Frančula 1994a).

12. PRIKAZI RELJEFA

12.1. Digitalni modeli reljefa

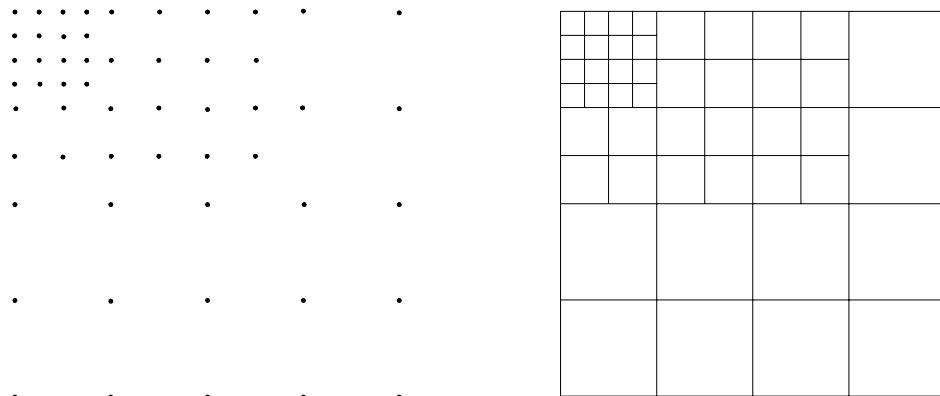
Preduvjet za kompjutorski podržane prikaze reljefa je postojanje digitalnih modela reljefa (DMR). DMR je skup točaka na površini Zemlje čije su prostorne koordinate pohranjene na nosioce pogodne za kompjutorsku obradu.

Raspored točaka u DMR može biti pravilan i nepravilan. Kao osnova pravilnom rasporedu najčešće se koristi kvadratna mreža. Kod nepravilnog rasporeda točaka osnovu najčešće čini trokutna mreža.

Uz pravilan raspored točaka vezane su mnoge prednosti, ali pitanje koje se postavlja je kako odrediti optimalan razmak između točaka u DMR.

Ako razmak između točaka u pravilnoj kvadratnoj mreži podesimo prema terenu s izrazitijim visinskim promjenama, imat ćemo u ravničastom terenu mnogo više točaka nego što je potrebno.

Taj nedostatak može se otkloniti promjenjivom gustoćom točaka (progressive sampling). Najprije se uzimaju točke na većem razmaku. Zatim se analizira na kojim područjima treba mrežu progustiti. Kao mjera se pritom uzimaju druge visinske razlike dviju susjednih točaka. Ako te razlike prelaze unaprijed zadalu graničnu vrijednost razmak između točaka se smanjuje na pola. Postupak se postepeno nastavlja dok se ne dođe do najmanjeg potrebnog razmaka između točaka (sl. 12.1).



Sl. 12.1. Promjenjiva gustoća točaka (progressive sampling)

Međutim, ni s promjenjivom gustoćom točaka ne može se reljef vjerno opisati, već su potrebne dodatne karakteristične točke i linije (selective sampling):

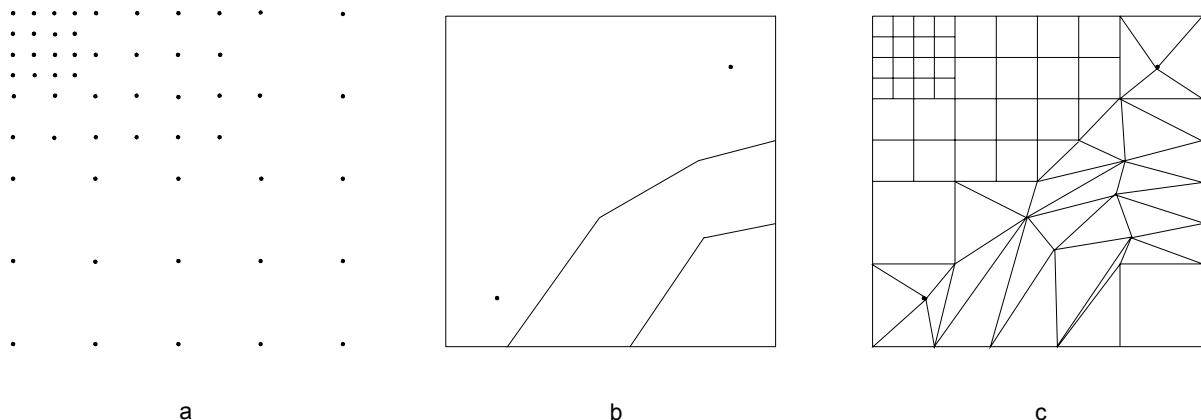
- karakteristične pojedinačne točke (najviša i najniža točka, sedla)
- prelomnice
- obalna linija jezera i sl.

Prelomnica se obično definira kao nagla promjena nagiba terena. Kako to nije precizna definicija, fotogrametrijski operateri dolaze do različitih rješenja. Makarović (1977) je predložio da se prelomnica definira kao linija duž koje druge visinske razlike (u smislu teorije interpolacije) triju susjednih točaka premašuju određenu graničnu vrijednost.

Sve do nedavno vodile su se žučne diskusije o prednostima i manama trokutne i pravilne kvadratične mreže, da bi se na kraju došlo do zaključka da najbolje rezultate daje kombinacija obaju modela (composite sampling) (sl. 12.2).

Usporedba trokutne i pravilne kvadratne mreže pokazuje:

- (1) pravilna mreža ima jednostavnu strukturu podataka, trokutna vrlo komplikiranu,
- (2) u kvadratnoj mreži je pristupno vrijeme do određenih elemenata mnogo manje nego u trokutnoj,
- (3) u kvadratnoj mreži količina podataka je mnogo manja nego u trokutnoj, jer su dovoljne koordinate samo jedne točke a za ostale samo visine,
- (4) trokutnom mrežom moguće je mnogo bolje aproksimirati reljef nego kvadratnom,
- (5) trokutne mreže su pri jako nehomegenoj razdiobi fleksibilnije nego kvadratne.



Sl. 12.2 a) točke u kvadratnoj mreži; b) karakteristične točke i linije; c) kombinacija trokutne i kvadratne mreže nastala iz a) i b)

U pravilnom rasporedu točaka u DMR osim kvadratne mreže u određenim slučajevima kao osnova uzima se mreža trapeza.

S obzirom na *veličinu područja* koji obuhvaćaju DMR dijelimo na

- a) *lokalne* DMR razvijene na manjim područjima, najčešće, po narudžbi određenog korisnika za rješavanje određenog zadatka
- b) *regionalne*, koji pokrivaju veća područja pa i čitave države, a namijenjeni su širem krugu korisnika.

Pri projektiranju DMR jedne države uputno je osloniti se na prikaz reljefa izohipsama na topografskim kartama. U obzir dolaze ova mjerila (Ackermann 1994):

1:200 000
1:50 000/1:25 000
1:10 000/1:5000

na kojima su najčešće ekvidistancije redom 50 m, 10 m i 2 m. Obično se uzima da je visinska točnost jednak 1/4 ili 1/5 ekvidistancije pa bi visinska točnost DMR bila za te tri razine 10 m, 2 m i 0,5 m. Za DMR na području jedne države obično se uzima pravilan raspored točaka. Ackermann (1994) predlaže za navedene tri razine razmak između točaka od 100 m, 40 m i 10 (5) m.

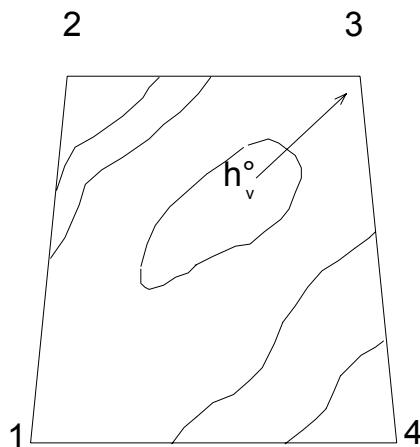
Pri izradi DMR postavlja se i pitanje u kojem *koordinatnom sustavu* izraditi DMR. U osnovi lokalnih DMR gotovo isključivo je pravokutna koordinatna mreža državnog koordinatnog sustava. Regionalni DMR vrlo se često rade na osnovi geografskog koordinatnog sustava, tj. položaj točaka u takvim sustavima definiran je geografskom duljinom i širinom. Geografski koordinatni sustav prikladan je za regionalne DMR, jer bez obzira kako veliko bilo područje imamo jedan koordinatni sustav.

DMR mmožemo izraditi korištenjem postojećih karata ili nekom od metoda geodetske izmjere npr. fotogrametrijskom izmjerom.

Većina regionalnih DMR izrađuje se danas iz postojećih karata. Najprimjerenija metoda je digitalizacija izohipsa - ručna ili automatska. Nakon digitalizacije određenim se softverom izračunavaju visine u pravilnoj mreži.

DMR mogu se izraditi i čitanjem visina interpolacijom s karte. Visine se, najčešće, čitaju u presjeku linija neke pravilne mreže. To je metoda kojom su izrađeni prvi DMR Hrvatske u doba, kad nije bilo na raspolaganju dovoljno digitalizatora.

12.1.1. DMR Hrvatske



Sl. 12.3. Točki 3 pridružena je najveća visina

Prvi DMR Hrvatske izrađen je u Radioteleviziji Zagreb 1973. godine, a proglašeni model 1982. godine. Dobiven je čitanjem visina s topografske karte 1:50 000 u točkama presjeka mreže meridijana i paralela. Razmak između točaka duž meridijana iznosi $\Delta\lambda=6''$ (≈ 180 m), a duž paralela $\Delta\varphi=7''5$ (≈ 160 m). DMR sadrži oko 4 000 000 točaka. Nedostatak modela je što, npr. točka br. 3 na slici 12.3. nema pravu visinu, već najveću visinu unutar trapeza (Kovač 1982).

Geodetska služba Hrvatske radiotelevizije izradila je novi DMR digitalizacijom izohipsa s topografske karte 1:25 000. Tim DMR-om, ispravljenim i dopunjeno kotama s topografske karte 1:50 000 raspolaže danas i tvrtka Gisdata, Zagreb. Razmak između točaka je 25×25 m (URL 15).

Državna geodetska uprava financira izradu DMR-a skaniranjem i vektorizacijom izohipsa s Hrvatske osnovne karte 1:5000. Rezolucija DMR-a je 5×5 m. Od ukupno 9821 lista do sada je DMR izrađen za 1975 listova (URL 3).

12.1.2. DMR bivše Jugoslavije

Prvi DMR bivše Jugoslavije izradila je Savezna uprava za radio veze 1983. godine. Izrađen je digitalizacijom izohipsa s topografske karte 1:50 000 i određivanjem visina interpolacijom u točkama presjeka mreže meridijana i paralela. Razmak između točaka duž meridijana iznosi $\Delta\lambda=4''$ (≈ 120 m), a duž paralela $\Delta\varphi=5''$ (≈ 110 m).

Jedan list TK 50 sadrži $225\times 180=40\ 500$ točaka što za 600 listova iznosi 24 300 000 točaka. Za pohranjivanje podataka jednog lista treba 81 KB, a za sve listove 48.6 MB.

Visine se pohranjuju za srednju točku svakog trapeza veličine $4''\times 5''$. Ako trapezom prolazi jedna izohipsa, onda srednja točka dobiva visinu te izohipse. Ako trapezom prolaze dvije ili više izohipsa, srednja točka dobiva visinu najviše izohipse. Ako trapezom ne prolazi ni jedna izohipsa, onda se visina srednje točke određuje interpolacijom između najbližih točaka susjednih izohipisa po formuli (Starčević 1983, str.60):

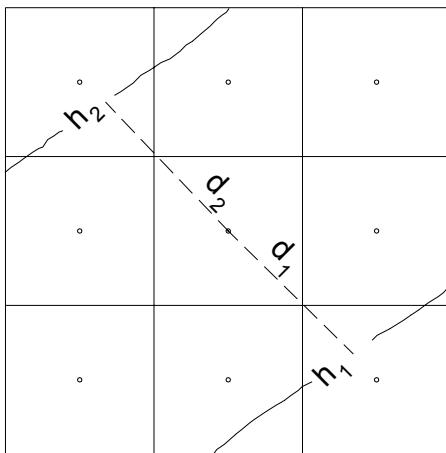
$$h(i, j) = \frac{\frac{h_1 + h_2}{d_1 - d_2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \quad (12.1)$$

Indeksi i, j u formuli (12.1) određuju se po formulama

$$i = \frac{\varphi - \varphi_0}{\Delta\varphi} + 1, \quad j = \frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta\lambda} + 1 \quad (12.2)$$

gdje su φ_0 i λ_0 koordinate početne točke bloka.

Značenje oznaka u formuli (12.4) vidljivo je sa sl. 12.4.



Sl. 12.4. Načelo određivanja visine srednje točke četverokuta

Budući da sve točke DMR nemaju prave visine, to smanjuje mogućnost upotrebe modela u druge svrhe, npr. za prikaz reljefa izohipsama.

12.2. Primjene DMR

12.2.1. Određivanje visine bilo koje točke

Ako je raspored točaka u DMR u pravilnoj kvadratnoj mreži, tada se može odrediti u kojem se kvadratu nalazi točka i određenom interpolacijom odredi se visina točke. Petrović i dr. (1988) predložili su u tu svrhu bilinearnu transformaciju

$$h = a + bx + cy + dxy$$

Za određivanje četiri nepoznata parametra a , b , c i d potrebne su četiri jednadžbe koje se dobiju ako se u prethodnu jednadžbu uvrste visine i koordinate vrhova kvadrata u kojem se nalazi točka.

Ako je raspored točaka nepravilan, tada visinu bilo točke unutar modela možemo odrediti kao opću aritmetičku sredinu iz svih točaka koje se nalaze unutar kružnice zadanog polumjera

$$h = \frac{h_1 v_1 + h_2 v_2 + \dots + h_n v_n}{\sum_{i=1}^n v_i}, \quad v = \frac{1}{d^2} \quad (12.3)$$

12.2.2. Prikaz reljefa izohipsama

U DMR s pravilnim rasporedom točaka izohipse se mogu dobiti interpolacijom između susjednih točaka digitalnog modela reljefa.

Kod nepravilnog rasporeda točaka postoje dvije mogućnosti. Jedna je da se prvo odrede visine u pravilnom rasporedu točaka, npr. metodom opće aritmetičke sredine, a zatim interpolacijom između točaka pravilne mreže odrede i iscrtaju izohipse. Tim postupkom se dobivaju visine u programu SURFER (Hodler 1989, Lapaine i dr. 1992). Druga je mogućnost da program generira trokutnu mrežu, koja onda služi kao osnova za interpolaciju. Takav princip upotrijebljen je u modulu TIN programskega paketa ARC/INFO.

12.2.3. Prikaz reljefa sjenčanjem

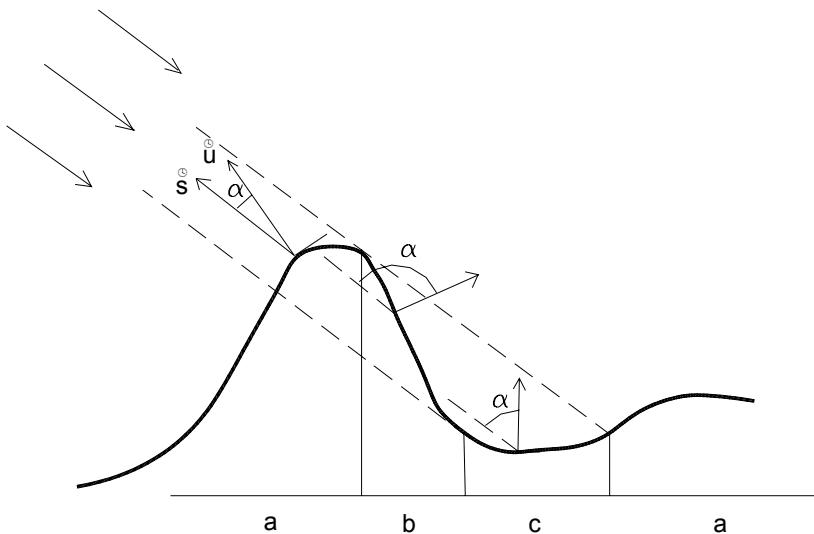
Osvijetlimo li model reljefa iz određenog pravca, tada su dijelovi modela osvijetljeni, pojedini dijelovi su u sjeni, a na određenim dijelovima postoji bačena sjena (Hügli 1979) (sl. 12.5).

Postupak računalnog sjenčanja reljefa svodi se na proračun razine zacrnjenja svakog piksela zasebno u krajnjoj rasterskoj slici. Ta razina zacrnjenja predstavlja teoretski intenzitet reflektirane svjetlosti od plohe koja se prikazuje sjenčanjem. Intenzitet svjetlosti koji će ploha reflektirati ovisi o nagibu plohe, položaju izvora svjetlosti te nizu drugih faktora poput vrste tla, vegetacije i slično, koji se mogu ali i ne moraju uzeti u obzir.

Matematička veza tih elemenata dana je fotometrijskom funkcijom koja ima niz oblika. Najjednostavniji njen oblik poznat je pod nazivom Lambertov zakon kosinusa i uzima u obzir samo kut između topografske plohe i zraka svjetlosti koje na nju padaju: $I=k \cdot \cos \alpha$.

Kut α je kut između vektora vanjske normale na plohu (\vec{u}) i vektora zraka svjetlosti (\vec{s}). Koeficijent k opisuje refleksivna svojstva plohe, u najjednostavnijem slučaju može se uzeti $k=1$. Kosinus kuta α računa se po poznatoj formuli za kut između dva vektora

$$\cos \alpha = \frac{\vec{u} \cdot \vec{s}}{|\vec{u}| |\vec{s}|} \quad (12.5)$$



Sl. 12.5. Načelo sjenčenja: a) osvijetljeni dijelovi, b) u sjeni, c) bačena sjena

Vektore \bar{u} i \bar{s} očito je potrebno računati za svaku točku digitalnog modela reljefa. Međutim, ako pretpostavimo izvor svjetlosti u beskonačnosti, tada su sve zrake koje padaju na teren paralelne u prostoru te je smjer vektora \bar{s} dovoljno izračunati samo jednom za sve točke modela reljefa. Računanje vektora \bar{u} moguće je provesti na više načina ovisno o tome koliko se susjednih točaka modela uzima u obzir pri računanju nagiba plohe u određenoj točki. Dobiveni rezultati kosinusa kuta α kreću se u intervalu od -1 do 1. Vrijednosti manje od nule se uzimaju jednakе nuli i to su neosvjetljena (crna) područja. Interval od 0 do 1 se dijeli u 255 razina zacrnjenja po izrazu

$$I = 255 \cdot \cos \alpha$$

odnosno svakoj se plohi dodjeljuje jedna od 255 nijansi sivog tona. Vrijednost jednaka nuli predstavlja 100% zacrnjenja odnosno crnu boju, a vrijednost 255 predstavlja 0% zacrnjenja odnosno bijelu boju.

Dobivene vrijednosti intenziteta osvjetljenja svakog piksela I mogu se naknadno obrađivati. Vrlo često se na tako dobivenom sjenčanom prikazu reljefa naglašava kontrast tako da se svim pikselima sa zacrnjenjem od 0 do 30 pridjeli vrijednost 0, a onima sa zacrnjenjem u rasponu od 225 do 255 se pridjeli vrijednost 255.

Tako izrađena karta sjenčanog reljefa ima ograničenu upotrebu. Ukoliko je cilj sjenčanja isključivo prikaz reljefa bez dodatnih informacija, tada je takav prikaz zadovoljavajući. Međutim, ako je prikaz potrebno koristiti na kartama zajedno s ostalim sadržajem, tada on iziskuje daljnju obradu ili primjenu drugačijih algoritama za proračun zacrnjenja piksela (Piskor 1997).

Pravila kartografskog sjenčanja

Računalno sjenčanje reljefa po matematičkim modelima razlikuje se od klasičnog kartografskog sjenčanja rukom. Klasično kartografsko sjenčanje se ne bazira na fotometrijskoj funkciji već je u velikoj mjeri prikaz subjektivnog doživljaja crtača istovremeno zadovoljavajući niz kartografskih pravila. Osnovna razlika između računalno sjenčanog reljefa i reljefa sjenčanog rukom je u smjeru osvjetljenja. Kod računalnog sjenčanja, smjer zraka svjetlosti je u svakoj točki modela jednak, kod sjenčanja rukom, on se i po azimutu i po elevaciji prilagođuje različitim reljefnim oblicima s ciljem plastičnijeg prikaza. Tako je na istoj karti sjenčanoj rukom različito orijentirane oblike reljefa moguće uvijek osvjetljavati okomito na smjer pružanja. Također je moguće na mjestima niskih, ali važnih oblika reljefa smanjiti elevaciju izvora svjetlosti čime se naglašavaju mali reljefni oblici. Ovo je matematički teško zadovoljiti, a još je teže zadovoljiti sve zahtjeve tzv. klasične švicarske škole (Imhof, 1965) koji se postavljaju pred kartografa. Razlika između klasičnih matematičkih modela sjenčanja i sjenčanja rukom ogleda se u nekim od tih pravila.

- pri kartografskom sjenčanju reljef mora biti fiktivno osvjetljen sa sjeverne strane što je suprotno doživljaju iz prirode, ali se time izbjegava inverzni efekt, obratni utisak pri percepciji dolina i grebena
- prikazuju se samo vlastite sjene terena, a ne i bačene sjene
- tip tla i vegetacija ne utječu na jačinu sjene već na refleksivnu sposobnost tla
- osvjetljenje se na istoj slici može mijenjati po azimutu i po elevaciji radi plastičnijeg prikaza
- cijela se slika posvjetjava ili potamnjuje po potrebi ovisno o načinu reprodukcije karata
- na većoj nadmorskoj visini se povećava i kontrast među osvjetljenim i neosvjetljenim predjelima. Time doline postaju zamagljene a vrhovi oštiri
- ravni predjeli na karti moraju biti svjetli ili potpuno bijeli iako izvor svjetla nikada nije u zenitu.

Sve te zahtjeve mora dobar matematički model kartografskog sjenčanja zadovoljiti. Jedna od metoda koja ispunjava gotovo sve ove zahtjeve je Brasselova analitička izvedba švicarske škole (Brassel, 1974).

Ovisnost rezolucije digitalnog modela reljefa i mjerila prikaza

Kvaliteta prikaza dobivenog računalnim sjenčanjem digitalnog modela reljefa, pored niza već spomenutih faktora, najviše ovisi o rezoluciji korištenog modela. Nikakve dodatne obrade ni posebni matematički modeli ne mogu dati kvalitetan prikaz u nekom mjerilu ako je rezolucija korištenog modela premala za to mjerilo.

Da bi ljudsko oko sliku koja se sastoji od niza sitnih kvadrata (pixela) vidjelo kao glatku, jednoličnu površinu, dimenzije pixela trebaju biti takve da ih oko pri promatranju ne zamjećuje. To znači da pixeli moraju biti toliko sitni da se pri promatranju dva susjedna pixela u oku stapaju u jedan, odnosno da se niz pixela stapa u jednoličnu površinu.

Granična veličina pixela za kartografske primjene trebala bi biti 0,25 mm s time da manji pixeli omogućuju kvalitetniji prikaz (Yoeli, 1965). Budući da jedan piksel predstavlja jednu točku digitalnog modela odnosno jednu diferencijalnu površinu topografske plohe, očita je ovisnost rezolucije modela i dimenzija pixela. Rezolucija digitalnog modela je međusobna udaljenost dvije susjedne točke u smjeru jedne i druge koordinatne osi. Ona u stvari predstavlja dimenzije diferencijalne plohe određene sa četiri susjedne točke. Ako je n rezolucija digitalnog modela, tada je nazivnik optimalnog mjerila za prikaz sjenčanjem modela s tom rezolucijom određen s

$$m = \frac{n}{0.00025} \quad [m]$$

Taj izraz za model rezolucije 100 metara daje nazivnik mjerila 400 000 što znači da je optimalno mjerilo za prikaz ovakvog modela 1:400 000. S druge strane, za mjerilo prikaza od, na primjer, 1:100 000 potreban je model rezolucije 25 metara. Ako je potreban krupniji prikaz od onog koji rezolucija modela dozvoljava, moguće je digitalni model prije obrade interpolacijom progustiti i dobiti drugi model, veće rezolucije. Međutim, upitno je koliko će interpolirane točke odgovarati stvarnom stanju na terenu (Piskor 1997).

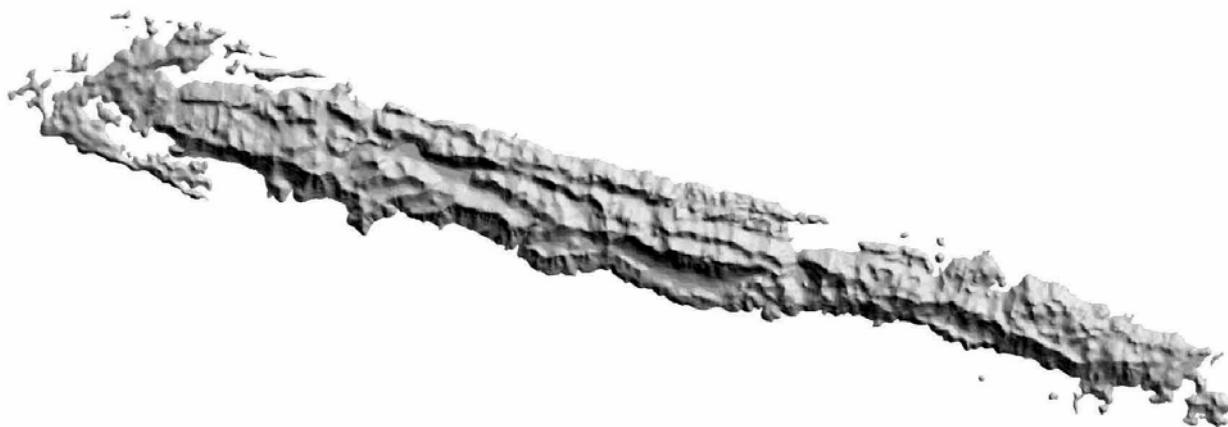
Sjenčanje pomoću gotovih softverskih paketa

Karte sjenčanog reljefa na osnovi digitalnog modela računalom se može izraditi na dva načina. Prvi način je korištenjem postojećih softverskih alata kojima se mogu dobiti vrlo realistični prikazi i koji pružaju niz drugih mogućnosti prikaza. Primjenom tekstura, atmosferskih efekata, različitih izvora i tipova osvjetljenja može se u tim programima dobiti fotorealistične prikaze reljefa, ali ti programi ne omogućavaju zadovoljavanje svih kartografskih pravila za prikaz reljefa sjenčanjem. Drugi način je pisanje vlastitog softvera kojim će se poštivati kartografska pravila i vršiti sjenčanje. Odabir načina prikaza ovisi prvenstveno o obliku i namjeni traženog kartografskog prikaza.

Digitalni model reljefa prikazan u prvotnom, mrežastom obliku, može se sjenčati već u samom CAD paketu u kojem je i nacrtan. Međutim, CAD programi su, kao što im i samo ime kaže, prvenstveno projektantski paketi, namijenjeni tehničkom crtanju i konstrukciji a ne grafičkom oblikovanju i prezentaciji. Za izradu vizualno atraktivnih prikaza treba koristiti softverske pakete namijenjene upravo takvim zadacima. Takvi alati pružaju mnogo više mogućnosti grafičkog oblikovanja od CAD alata. Ako se želi dobiti prespektivne prikaze terena, ti su alati nenadmašni u kreiranju fotoralističnih perspektiva. Također je moguće dobiti i dinamične prikaze terena, simulacije leta iznad terena i slično. Međutim, treba imati na umu da su to prvenstveno dizajnerski i prezentacijski alati koji imaju vrlo siromašne mogućnosti

vektorske obrade podataka. Takvu obradu treba završiti u CAD paketima, a zatim podatke prenijeti u alate gdje će se vršiti sjenčanje odnosno fotorealistično oblikovanje (renderiranje) terena (Piskor 1997).

Yoeli (1993) daje primjere prikaza reljefa sjenčanjem pomoću programskog paketa AutoCAD 12. Na sl. 12.6. dan je računalno podržan prikaz reljefa otoka Mljeta sjenčanjem. Prikaz je izrađen programom ArcView u mjerilu 1:200 000.



Sl. 12.6. Prikaz reljefa otoka Mljeta sjenčanjem (Poslončec-Petrić 2002)

Sjenčanje pomoću vlastitog softvera

Primjena postojećih softverskih alata ima svojih prednosti ali i nedostataka. Bogatstvo raznih mogućnosti zahtijeva od korisnika veliko iskustvo i znanje da bi se dobilo upravo ono što korisnik želi. S druge strane, ako se radi o velikim područjima koja su prikazana digitalnim modelom reljefa sastavljenim od milijuna točaka, obrada takvog modela grafičkim softverom redovito je mukotrpan ako ne i nemoguć proces. Naime, sjenčanje i fotorealistično oblikovanje (renderiranje) trodimenzionalnih objekata na računalu je jedan od najzahtjevnijih poslova koji se pred računalo mogu postaviti. Obrada velikih količina podataka i njihovo renderiranje iziskuje ogroman broj računskih operacija. Za ekonomičan rad na takvim poslovima prosječno računalo je nedovoljno, potreban je izuzetno jak hardver, posebne grafičke kartice s ugrađenom hardverskom podrškom trodimenzionalnom prikazu, mnogo radne memorije i što jači procesori. Stoga je u tom slučaju dobro rješenje pisanje vlastitog softvera i kreiranje rasterske slike direktno, bez posredovanja drugih aplikacija.

Kod gotovih softverskih alata korisnik treba samo odrediti položaj i intenzitet izvora svjetlosti, sva daljnja računanja provode se u pozadini, bez mogućnosti utjecaja na njih. Pisanjem vlastitog softvera korisnik sam određuje oblike fotometrijske funkcije i prilikom

proračunavanja intenziteta svjetlosti svake točke moguće je uzeti u obzir i kartografska pravila. Taj pristup je mnogo delikatniji, ali je i jedini moguć ako se radi o izradi karte sjenčanog reljefa velikog područja, na primjer cijele države.

Izrada karte sjenčanog reljefa područja cijele države je zahtjevan proces, no takva karta je od velike važnosti geologima i nizu drugih korisnika. Ona ima nekoliko prednosti pred svim ostalim prikazima za analize regionalne topografije. Nijedna druga karta neće u sitnom mjerilu dati tako detaljan prikaz topografskih oblika. To omogućuje proučavanje struktura površine Zemlje u širokom, regionalnom kontekstu. Za razliku od aerosnimaka, područje pokrivanja takvih karata ograničeno je jedino veličinom digitalnog modela reljefa. Na njima također nema distorzije kao na aerosnimkama ili radarskim snimkama te su oslobođene utjecaja vegetacije, atmosfere i gospodarskih obilježja što je slučaj na satelitskim snimkama.

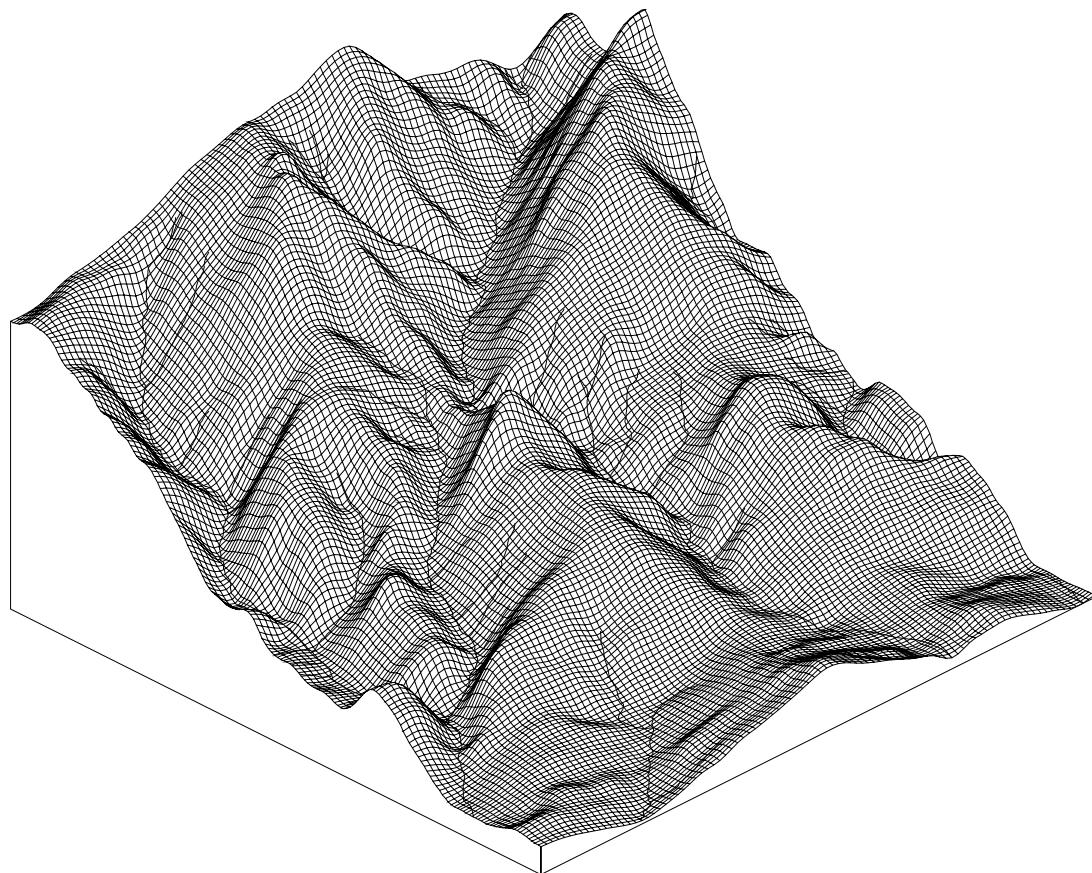
Jedini problem kod tih karata je njihovo umnožavanje. Klasični ploteri neće dati najbolju moguću kvalitetu prikaza već je kvalitetne slike moguće dobiti samo na filmu, direktnim čitanjem podatka o zacrnjenju svakog piksela i izradom fotografskog negativa u 255 nijansi sive boje (Piskor 1997).

12.2.4. Perspektivni prikaz reljefa

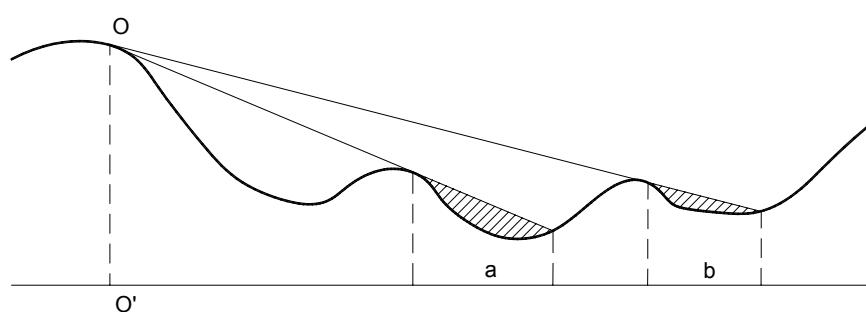
Preduvjet za kompjutorski podržanu izradu perspektivnih prikaza reljefa u obliku blokdijagrama (sl. 12.7.) je DMR s pravilnim rasporedom točaka.

Za izradu takvih prikaza služimo se na Geodetskom fakultetu u Zagrebu programom SURFER proizvodom tvrtke Golden Software INC., Golden, Colorado 80402. Taj program služi za grafičko prikazivanje izohipsa i perspektiva 3-dimenzionalnih ploha na osnovi proizvoljno raspoređenih točaka pomoću osobnih računala. Budući da program ne zahtijeva točke u pravilnoj mreži, kao ulazni podaci mogu poslužiti točke dobivene digitalizacijom izohipsa. Na osnovi ulaznih podataka potprogram GRID konstruira pravilnu mrežu točaka, koja služi potprogramu SURF za dobivanje aksonometrijskih ili perspektivnih prikaza reljefa. Moguće je dobiti prikaz pomoću x-, y-linija i/ili z-linija.

Primjenom opcije XYLine potprogramom SURF moguće je iscrtati linije koje leže ispod, iznad ili na samoj plohi. Takozvane granične linije (boundary lines) primjenili su Lapaine i dr. (1992) za prikaz vodotoka (sl. 12.7). S obzirom da program SURF ne rješava problem skrivenih linija za granične linije, taj je problem riješen uređivanjem u AutoCAD-u prethodnim prijenosom crteža u DXF formatu.



Sl. 12.7. Perspektivni prikaz dijela Medvednica s nacrtanim vodotocima (Lapaine i dr. 1992)



Sl. 12.8. Profil; dijelovi označeni s a i b se iz točke O ne vide

12.2.5. Karte vidljivosti

Svrha karata vidljivosti je da na pozadini topografske karte prikaže koja se područja iz određene točke promatranja vide, a koja ne. Takve su karte nužne, npr. pri izboru mjesta za gradnju televizijskih odašiljača i repetitora.



Sl. 12.9. Karta vidljivosti (Kovač 1973)

Pri ručnoj izradi takvih karata nužno je nacrtati profile pri čemu se visine u pojedinim točkama dobivaju interpolacijom s karte na kojoj je reljef prikazan izohipsama. Na svakom profilu dijelovi koji se iz zadane točke ne vide određuju se grafički (sl. 12.8).

Ti se dijelovi potom prenesu na kartu. Dijelovi koji se vide izvlače se punom linijom. Na dijelovima koji se ne vide linija se prekida (sl. 12.9). To je vrlo mukotrpan i dugotrajan posao. Točnost rezultata ovisi o mjerilu karte, ekvidistanciji izohipsa i njihovoј točnosti, gustini profila i točnosti njihove izrade te vještini interpretacije reljefa osobe koja čita visine s karte.

Izrada karte vidljivosti može se znatno ubrzati ako raspoložemo digitalnim modelom reljefa i odgovarajućim kompjutorskim programom. Jedan takav program za

izradu karata vidljivosti na osnovi DMR s pravilnim rasporedom točaka izradio je Yoeli (1985). Tim programom određuje se vidljivost svake točke DMR iz zadane točke promatranja. Svaka vidljiva točka označuje se s 1, a nevidljiva s 0. Tako nastaje datoteka spremna za dalju analitičku ili grafičku obradu.

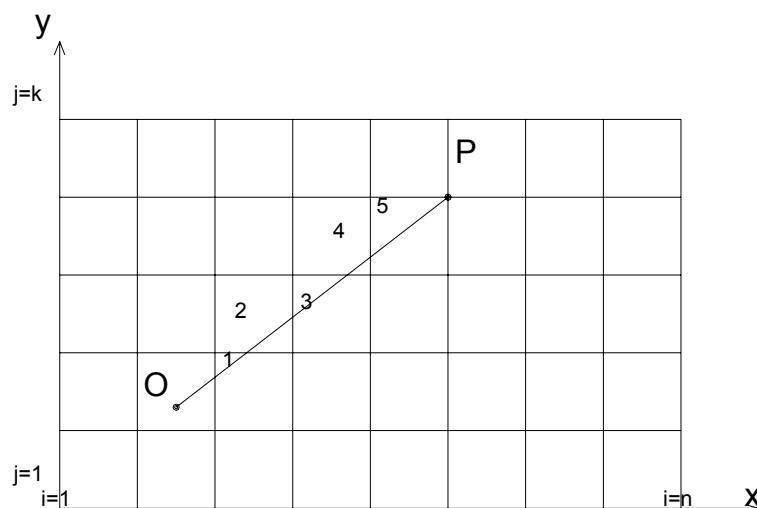
Vidljivost točaka DMR

Neka je 0 (sl. 12.10) točka promatranja čije su koordinate x_0, y_0 i visina h_0 zadane. Treba odrediti je li točka DMR označena s P vidljiva iz točke O. Koordinate točke P lako je izračunati, jer je razmak između redaka (Δy) i razmak između kolona (Δx) poznat:

$$x_p = x_1 + \Delta x (i - 1)$$

$$y_p = y_1 + \Delta y (j - 1)$$

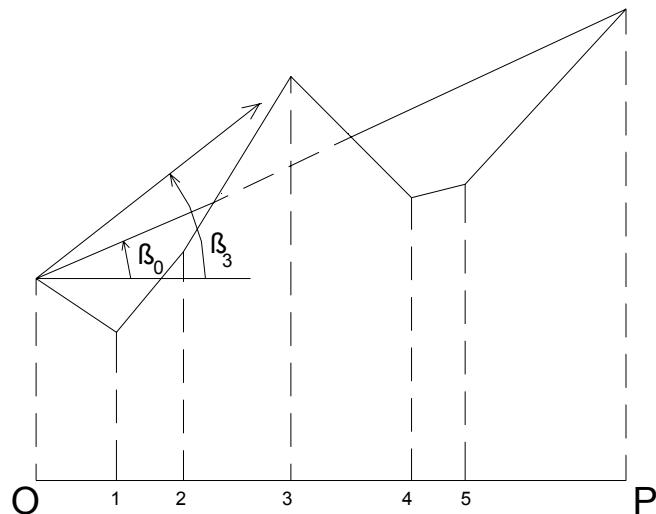
Presjekom pravca kroz točke O i P s pravcima paralelnim s osima x i y dobiju se koordinate međutočaka 1 do 5. Visine tih točaka dobiju se interpolacijom između susjednih točaka DMR (Yoeli 1985).



Sl. 12.10. Određivanje međutočaka između O i P

Program prvo ispituje jesu li visine svih međutočaka manje od visina O i P. Ako jesu vidljivost između točaka O i P postoji. Ako je visina bar jedne točke veća od visina O i P, vidljivost ne postoji. Ako ni jedan od ta dva uvjeta nije ispunjen, program računa tangens kuta β_0 od točke O na točku P (sl. 12.11):

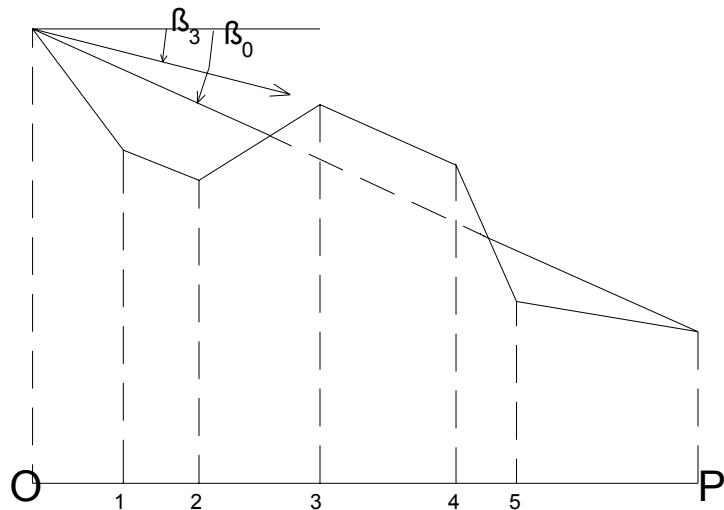
$$\tan \beta_0 = \frac{h_p - h_0}{\sqrt{(x_p - x_0)^2 + (y_p - y_0)^2}}.$$



Sl. 12.11. Vidljivost točaka O i P ako je $h_0 < h_p$

Ako je tanges kuta prema bilo kojoj međutočki veći od $\operatorname{tg}\beta_0$ točke O i P se ne dogledaju.

Ako točka O ima veću visinu od točke P (sl. 12.12), tada postoji nedogledanje među njima ako je tanges bilo koje međutočke manji od $\operatorname{tg}\beta_0$.



Sl. 12.12. Vidljivost točaka O i P ako je $h_0 > h_p$

Opisana razmatranja vrijede za relativno kratke udaljenosti. Za veće udaljenosti treba uzeti u obzir utjecaj zakrivljenosti Zemlje i utjecaj refrakcije.

Utjecaj zakrivljenosti Zemlje i refrakcije

Ako iz točke A promatramo točku B (sl. 12.13) dio visine h_B je ispod horizonta. Taj dio ispod horizonta označen je s e , a njegova približna vrijednost računa se po formuli (Yoeli 1985)

$$e = \frac{d^2}{2R},$$

gdje je R polumjer Zemlje.

Utjecaj refrakcije r , zbog nepravocrtnog kretanja svjetlosne zrake kroz atmosferu računa se po formuli

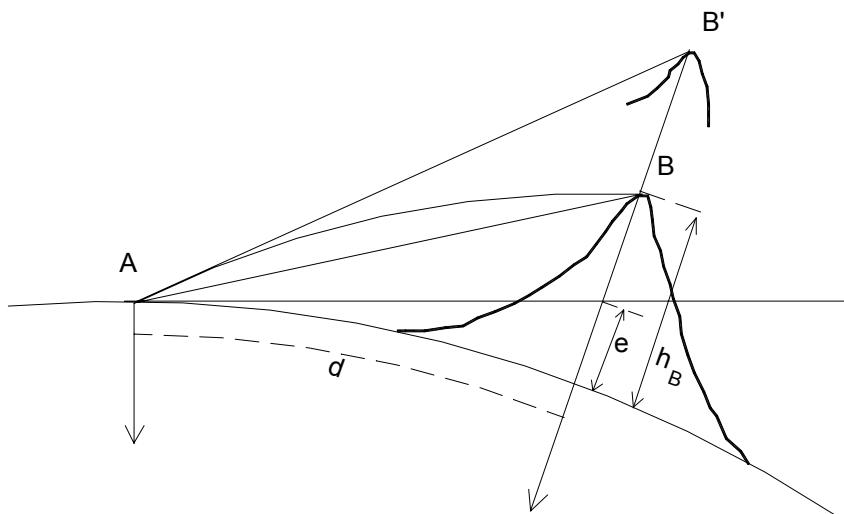
$$r = k \frac{d^2}{2R},$$

gdje se za vrijednost koeficijenta k obično uzima vrijednost $k=0.13$. Uzveši u obzir utjecaj zakrivljenosti Zemlje i refrakcije dobije se

$$h'_B = h_B - e + r$$

i konačno

$$h'_B = h_B - 0.87 \frac{d^2}{2R}.$$



Sl. 12.13. Utjecaj zakrivljenosti Zemlje i refrakcije na vidljivost točke B

13. PRIMJENA DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA U KARTOGRAFIJI

13.1. Uvod

Daljinsko istraživanje (engleski *remote sensing*, njemački *Fernerkundung*, francuski *télédétection*) je metoda prikupljanja i interpretacije informacija o udaljenim objektima bez fizičkog dodira s objektom. Zrakoplovi, sateliti i svemirske sonde su uobičajene platforme za opažanje u daljinskim istraživanjima. Termin daljinsko istraživanje je obično ograničen na metode koje se koriste elektromagnetskom energijom kao sredstvom za otkrivanje i mjerjenje značajki objekata. Takva definicija daljinskog istraživanja isključuje električna, magnetska i gravitacijska mjerjenja kojima se mjeri snaga polja, a ne elektromagnetsko zračenje (Gierloff-Emden 1989, str. 4). U užem smislu daljinsko istraživanje je prikupljanje informacija o Zemljinoj površini s uređajima smještenim u satelitima i interpretacija tako dobivenih informacija.

O daljinskim istraživanjima u užem smislu do sada je u Geodetskom listu objavljeno nekoliko članaka (Oluić 1969, 1977, Frančula i dr. 1994, Oluić, Oluić 1994, Oluić i dr. 1995, Hengl i dr. 1998). Nakon knjige Donassya, Oluića i Tomašegovića (1983) najznačajniji izdavački poduhvat o daljinskim istraživanjima u nas je knjiga dr. Marinka Oluića (2001).

U nas od 1980. godine izlazi i časopis specijaliziran za tematiku daljinskih istraživanja. To je Bilten Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (do 1990. Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti). Časopis izlazi jednom u godini i do danas je objavljeno 16 svezaka. U nekoliko članaka navode se i podaci o primjeni daljinskih istraživanja u kartografiji (Nikolić, Lazić 1987, Bajić 1988, Kralj 1989, Petrović 1989, Lapaine, Frančula 2001).

Na postdiplomskom studiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu izrađen je jedan seminarски rad (Stević 1990) i obranjena dva magistarska rada (Nikolić 1980, Javovorić 2001) iz područja primjene daljinskih istraživanja u kartografiji.

13.2. Uredaji za registriranje elektromagnetske energije

Svako tijelo na Zemljinoj površini emitira energiju dijela elektromagnetskog spektra određene frekvencije i valne duljine. Emitirana energija objekata posljedica je uglavnom Sunčevog zračenja. Ona zavisi od svojstava objekata: njihovog sastava, boje, sposobnosti apsorpcije Sunčeve energije i sposobnosti emitiranja vlastite energije. Jedan dio emitirane energije gubi se u prolazu kroz slojeve atmosfere, a manji dio primaju specijalna osjetila tzv. senzori ugrađeni u letjelicama. Registriranje promjena u vrsti i količini primljene elektromagnetske energije i njena vizualizacija je suština daljinskog istraživanja jer se na taj način dobivaju različite informacije o kvaliteti i kvantiteti objekata na Zemljinoj površini kao i odnosima među njima.

Uredaji za registriranje elektromagnetske energije dijele se prema različitim njihovim značajkama. S obzirom na izvore energije dijele se na pasivne i aktivne. Pasivni uređaji registriraju emitirano ili reflektirano zračenja objekata na Zemljinoj površini. U

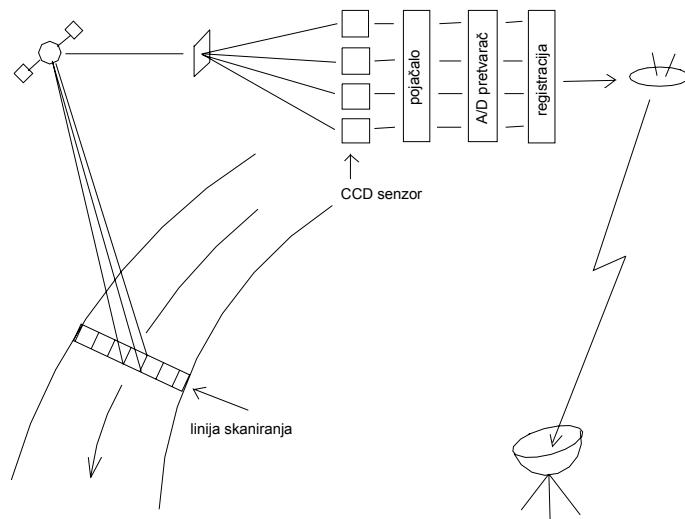
aktivnim uređajima koriste se vlastiti izvori energije, koja se odašilje prema Zemljinoj površini odakle se njen reflektirani dio prima i registrica, npr. u radarskim uređajima.

Uređaje dijelimo i s obzirom na geometrijska svojstva registriranih podataka. Fotografskim kamerama dobivaju se podaci u centralnoj projekciji. Optoelektronički skaneri daju podatke također u centralnoj projekciji ali nejedinstvenoj na čitavom snimku. Podaci dobiveni mehaničkim rotacijskim skanerima i radarima nisu u centralnoj projekciji (Buchroithner 1989, str. 29-49).

Duljina elektromagnetskih valova još je jedna značajka važna za podjelu uređaja daljinskih istraživanja. Za daljinska istraživanja Zemljine površine u obzir dolaze vidljivi dio spektra ($0,4\text{-}0,7 \mu\text{m}$), infracrveni ($0,7\text{-}15 \mu\text{m}$) i mikrovalni ($0,3\text{-}30 \text{ cm}$) (Gierloff-Emden 1989, str. 5).

S obzirom na oblik registriranih podataka neki uređaji daju podatke u analognom obliku (fotografska kamera), a drugi u digitalnom obliku (skaneri).

Senzor je sustav koji prima elektromagnetsko zračenje registrira ga, mjeri i pohranjuje u obliku prikladnom za dalju obradu. Spektralno područje u kojem senzor radi je vidljivo, infracrveno i mikrovalno i ono je najčešće podijeljeno na uže isječke koje nazivamo spektralnim kanalima. Od uređaja za registriranje elektromagnetske energije osvrnut ćemo se ukratko samo na višespektralne skanere, tj. skanere koji registriraju podatke u više spektralnih kanala.

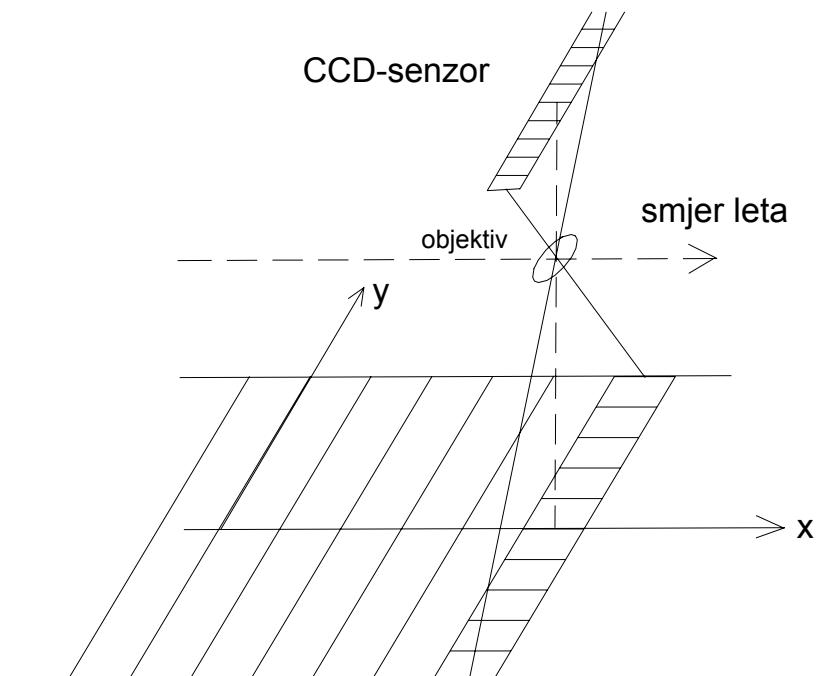


Sl. 13.1. Načelo rada mehaničkog rotacijskog skanera

13.2.1. Višespektralni skaneri

Višespektralne skanere dijelimo u mehaničke rotacijske skanere i optoelektroničke skanere tzv. linijske skanere (engleski *line scanner*).

Mehanički rotacijski skaneri skaniraju Zemljinu površinu po redovima okomitim na putanju satelita. Zračenje elementarnog dijela Zemljine površine pada na rotirajuće ogledalo, odnosno prizmu koja ga razlaže na spektralne dijelove, a detektori pretvaraju primljenu energiju u električne signale. Analogno-digitalni pretvarači pretvaraju električne signale u digitalan oblik, u kojemu se podaci šalju na Zemlju i registriraju na magnetske trake. To su magnetske trake s vrlo visokom gustoćom zapisa (High Density Digital Tape - HDDT) s kojih je podatke moguće prenijeti na kompjutorski kompatibilne trake (Computer Compatible Tape - CCT). Podaci se mogu registrirati na magnetske trake i na satelitu (Kraus, Schneider 1988, str. 122).



Sl. 13.2. Načelo rada optoelektroničkog skanera

Optoelektronički skaner registrira zračenje čitavog reda okomitog na putanju satelita istovremeno, jer je u jedan red smješteno više tisuća detektora tipa CCD (Charge Coupled Device) (Gierloff-Emden 1989, str. 84).

13.2.2. Važnije značajke senzora za daljinska istraživanja

Postoje četiri značajke senzora za daljinska istraživanja od važnosti za kartografiju (Lee 1991, Javorović 2001).

Spektralna rezolucija uključuje broj i širinu spektralnih kanala kojima raspolaže senzor. Npr. crno-bijela fotografija dobivena u jednom kanalu pokriva vidljivi dio spektra dok višespektralni ili multispektralni skaneri (MSS) raspolažu s više spektralnih kanala.

Prostorna rezolucija je mjera veličine objekta koji može biti razlučiv na snimku ili površina zemljišta prikazana jednim pikselom. Neke od postojećih rezolucija za civilne potrebe jesu 30×30 m, 10×10 m, 5×5 m, 1×1 m.

Radiometrijska rezolucija je najmanja razlika u iznosu elektromagnetskog zračenja koju senzor može detektirati. Obično se izražava brojem sivih tonskih vrijednosti unutar jednog kanala, npr. 64 ili 256.

Vremenska rezolucija je četvrta značajka. To je vremenski razmak između dva uzastopna snimanja senzora nad istim područjem, npr. 5 dana.

Za kartografiju su, nadalje, posebno važni ovi parametri: položajna točnost, visinska točnost i mogućnost raspoznavanja objekata.

13.3. Nužnost primjene daljinskih istraživanja u kartografiji

Već je Koeman (1971) pokazao kako se pomoću satelitskih snimaka mogu poboljšati prikazi reljefa na kartama sitnih mjerila. Ilustrirao je to brojnim usporednim prikazima satelitskih snimaka i isječaka karata istog područja. Usporedbom jednog satelitskog snimka i karte u tom članku uočava se da na području Himalaja u Tibetu nedostaje jedan planinski vrh visok oko 5000 m. S istog snimka i karte lako je, nadalje, uočiti da oblici dvaju jezera na karti nisu dobro prikazani.

Satelitski snimci pružaju kartografu važnu pomoć i u procesu kartografske generalizacije. Već Schwidetsky (1967) naglašava da je na satelitskim snimcima, jer su to direktna snimanja u sitnim mjerilima, ostvarena neposredna optička generalizacija. Polazeći od te tvrdnje Koeman (1970) ističe da satelitski snimci daju danas, prvi put u povijesti čovječanstva, sliku Zemljine površine u sitnim mjerilima (1:500 000 – 1:5 000 000) bez subjektivne intervencije kartografa. Do danas karte mjerila sitnijih od mjerila 1:500 000 bilo je moguće sastavljati jedino procesom kartografske generalizacije iz karata krupnijih mjerila.

Satelitski, pak, snimci jasno pokazuju makrooblike očišćene od nejasnoća prouzrokovanih sviškom mikrodetalja. Na taj način vrlo su pogodni izvornici za izradu karata sitnih mjerila na kojima i treba, prvenstveno, prikazati makrooblike. Na šest primjera Koeman (1970) pokazuje kako satelitski snimci pridonose objektivnijem prikazu makrooblika reljefa i obalne linije na kartama sitnih mjerila.

Danas kad se satelitski snimci mogu upotrebljavati i za osvremenjivanje i izradu topografskih karata, nužnost njihove primjene u kartografiji još je izraženija. To se najbolje vidi iz podataka u tablici 13.1.

Tablica 13.1. Pokrivenost kontinenata topografskim kartama u % površine 1987.
 (Brandenberger, Ghosh 1991)

Kontinent	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
Afrika	3	35	20	87
Australija i Oceanija	18	23	54	83
Azija	14	68	62	84
Europa	83	96	79	91
J. Amerika	7	30	53	78
S. Amerika	37	71	37	99
SSSR	100	100	100	100
Svijet	33	56	59	90
osuvremenjavanje 1980-1987	5	2	1	3

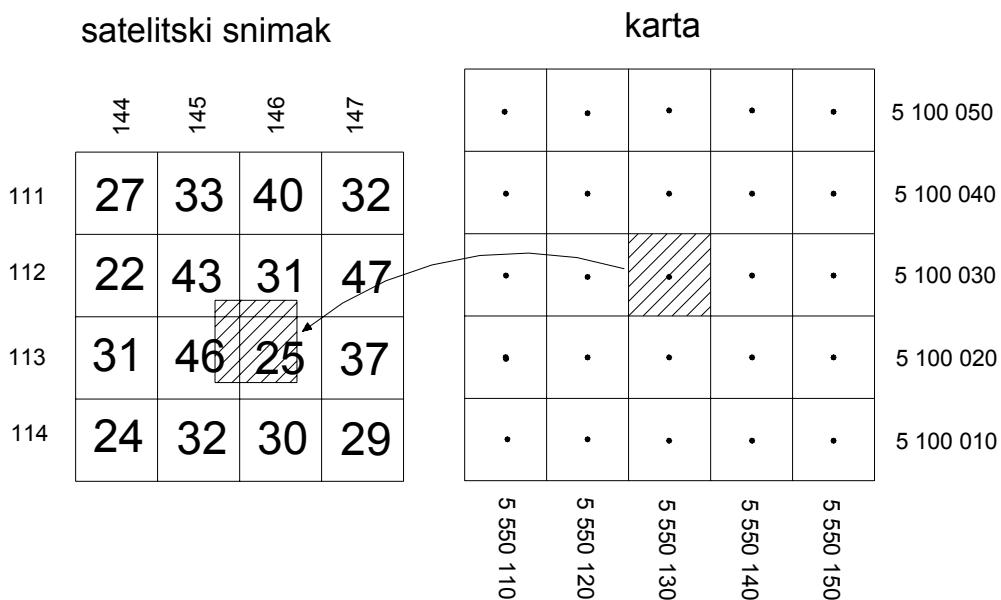
Iz podataka u tablici 13.1 vidljivo je da daljinska istraživanja imaju naročito veliku važnost za nedovoljno razvijene države Afrike, Azije i Južne Amerike. U osuvremenjavanju topografskih karata ima ta vrsta prikupljanja podataka podjednaku važnost za gotovo sve države svijeta.

13.4. Georektifikacija satelitskih snimaka

Da bi se satelitski snimci mogli upotrijebiti za izradu ili osuvremenjavanje karata, nužno ih je *georektificirati*. To je postupak prestrukturiranja slikovnih elemenata tako da odgovaraju položaju u određenoj kartografskoj projekciji, najčešće projekciji državne izmjere, a sastoji se od transformacije i preuzorkovanja.

Ako je satelitski snimak u analognom obliku, npr. fotografski snimak, treba ga u svrhu geokodiranja skanirati.

Crtanje slike u zadanoj kartografskoj projekciji izvršit će se fotoploterom. Za svaki piksel slikovne matrice treba odrediti sivu tonsku vrijednost. Budući da su poznate projekcijske koordinate svakog piksela te matrice, preslikamo ga na satelitski snimak. Pritom se ne dobiju cjelobrojne vrijednosti piksela satelitskog snimka, pa se siva tonska vrijednost dobiva interpolacijom između susjednih piksela (sl. 13.3). Postupak se naziva *preuzorkovanje* (resampling). Može se primijeniti metoda najbližeg susjeda (nearest neighbourhood) ili neke složenije metode interpolacije (Lotz-Iwen, Schreier 1989, Kraus 1990, str. 422-427, Javorović 2001). Šrafirani element s karte na sl. 13.3 preslikan na satelitski snimak dobit će, metodom najbližeg susjeda, vrijednost zacrnjenja 25.



Sl. 13.3. Načelo georektifikacije (Smith i dr. 1995)

Za transformaciju točaka između kartografske projekcije i satelitskog snimka primjenjuju se tzv. parametarska i neparametarska transformacija, ovisno o tome određuju li se u postupku transformacije parametri senzora satelita ili ne.

Najjednostavnije rješenje je *neparametarska transformacija* primjenom afine ili polinomne transformacije. Vrlo dobri rezultati postižu se polinomima drugog stupnja. Ako se satelitski snimak podijeli na četiri ili više dijelova, zadovoljavajući rezultati postižu se i afinom transformacijom. Utjecaj reljefa na položajnu točnost, isključujući planinska područja, je razmjerno malen i gotovo nikada ne izaziva vidljiva odstupanja (Buchroithner 1989, str. 60-61). Koeficijenti transformacije određuju se na osnovi određenog broja veznih (identičnih) točaka na karti i satelitskom snimku. Koordinate tih točaka na satelitskom snimku (red i kolona) najčešće se određuju na ekranu monitora.

Ako se radi o planinskom području i o visokim zahtjevima točnosti, tada se zadovoljavajuća točnost geokodiranja može postići jedino *parametarskom transformacijom*. U postupku parametarske transformacije određuju se parametri putanje satelita uključujući nagibe i rotacije, na osnovi veznih točaka. Drugim riječima, nastoji se uspostaviti geometrijski model snimanja. To je centralna projekcija kojom se točke terena zadane u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu (X,Y,Z) projiciraju u koordinatni sustav snimka (x,y). Traženih šest parametara su elementi vanjske orientacije (prostorne koordinate projekcijskog središta i tri rotacije).

Ako je snimak dobiven mehaničkim rotacijskim skanerom, tada se prethodno svaki redak okomit na smjer leta satelita *panoramskom korekcijom* prevodi u centralnu projekciju (Kraus 1989, str. 428-431). Kao što je prethodno spomenuto optoelektroničkim skanerima dobiva se svaki redak direktno u centralnoj projekciji.

Za određivanje šest parametara potrebne su po tri vezne točke u svakom retku skaniranja, što je praktički neostvarivo. Upotrebljivo rješenje zasniva se na činjenici da su elementi vanjske orijentacije susjednih redova gotovo isti. Prema tome izračunati elementi vanjske orijentacije praktički vrijede za sve one redove u kojima se nalazi jedna ili više oslonih točaka. Elementi vanjske orijentacije međuredaka izračunaju se interpolacijom (Kraus 1989, str. 453).

Tablica 2. Kartografski zahtjevi (Konecny 1992)

1. Položajna točnost	
mjerilo	±0,2 mm u mjerilu
1:25000	±5 m
1:50000	±10 m
1:100000	±20 m
1:200000	±40 m
2. Visinska točnost	
e (ekvidistancija)	σ_h
20 m	±4 m
50 m	±10 m
100 m	±20 m
3. Raspoznatljivost detalja	
Zgrade u gradu	2 m
staze	2 m
Sporedne ceste	5 m
Mali vodotoci	5 m
Glavne ceste	10 m
Blokovi zgrada	10 m

Postupak geokodiranja uključuje ove postupke. Prvo treba za vezne točke iz projekcijskih koordinata izračunati geografske koordinate λ i ϕ . Iz geografskih koordinata i visine računaju se potom pravokutne prostorne geocentrične koordinate (X_g , Y_g , Z_g). Potom se te koordinate transformiraju u prostorne pravokutne koordinate, čija x,y ravnina tangira elipsoid u središnjoj točki zadanoj područja (Kraus 1989, str. 350-353).

Kao što je vidljivo iz opisanog postupka za primjenu parametarske transformacije nužan je digitalni model reljefa iz kojeg se za svaki piksel može odrediti visina.

13.5. Kartografski zahtjevi

Da bismo mogli ocijeniti u kojoj su mjeri podaci dobiveni posredstvom satelita prikladni za izradu i osuvremenjavanje topografskih karata dani su u tablici 2 podaci o kartografskim zahtjevima na položajnu i visinsku točnost topografskih karata te raspoznatljivosti detalja.

U tablici 3 dani su podaci o idealnoj ekvidistanciji za planine, gore i ravnice u četiri mjerila za koja se prema današnjem stanju tehnologije mogu upotrebljavati satelitski snimci. S α_{\max} označen je maksimalni nagib terena.

Tablica 3. Idealna ekvidistancija u metrima (Hake 1975, str. 222)

	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
planine ($\alpha_{\max}=45^\circ$)	20	30	50	100
gore ($\alpha_{\max}=25^\circ$)	10	15	25	50
ravnice ($\alpha_{\max}=10^\circ$)	2,5	5	10	10

13.6. Najvažniji sateliti i senzori s mogućnošću primjene u kartografiji

Nakon što je 1957. lansiran prvi satelit u putanju oko Zemlje (Sputnik-1), već 1960. sa satelita Explorer 6 učinjeni su prvi snimci Zemlje iz svemira (Khorram 1992). Tokom sljedećih godina lansirani su mnogi sateliti u svrhu snimanja i istraživanja Zemlje. Od svih tih satelita za primjenu u kartografiji najvažniji su američki Landsat 4 i 5, francuski SPOT, ruski Resurs F (Hoffmann 1993, Kienko 1999) i indijski IRS-1C i IRS-1D.

Ovdje dajemo najvažnije podatke o tim satelitima i njihovim senzorima (Kraus, Schneider 1988, Konecny 1992, Strathmann 1993, Oluić 1994, Srivastava i dr. 1996, Corbley 1998, Eurimage 2000, Javorović 2001, Petrie 2002).

LANDSAT-4 (1982); LANDSAT-5 (1984); LANDSAT-7 (1999)

senzor: mehanički rotacijski skaner Thematic Mapper (TM), ETM+ (Landsat 7)

oblik podataka: fotografске reprodukcije i digitalni podaci (CCT, CD-ROM)

kanali: 1 - 7

površina snimka: 185x185 km

prostorna rezolucija: 30 m, 120 m (K6), 15 m (LANDSAT-7, pankromatski kanal)

položajna točnost: $\sigma_p = \pm 20$ m

visinska točnost: $\sigma_h = \pm 25$ m; $e = 125$ m

raspoznavanje objekata: 80 m

vremenska rezolucija: 16 dana

radiometrijska rezolucija: 256

cijena: CCT - 1 kanal DEM 3520, 7 kanala DEM 7720

u boji na papiru 1:250 000 DEM 3220 (Sve cijene su preuzete iz Strathmann 1993)

SPOT-1 (1986); SPOT-2 (1990); SPOT-3 (1993); SPOT-4 (1998); SPOT-5 (2002)
senzor: optoelektronički skaner Haute Resolution Visible (HRV)
oblik podataka: film 230 mm, CCT, CD-ROM
kanali: 4
površina snimka: 60x80 km (maksimalno)
prostorna rezolucija: 20 m, 10 m (pankromatski kanal), 2,5 m i 5 m (SPOT-5, pan. kan.)
položajna točnost: $\sigma_p = \pm 3$ m (pankromatski kanal)
visinska točnost: $\sigma_h = \pm 5$ m, $e = 25$ m (pankromatski kanal)
raspoznavanje objekata: 25 m
vremenska rezolucija: 26 dana (maksimalna)
radiometrijska rezolucija: 3x256
cijena: CCT pankromatski DEM 4700
crno-bijelo na papiru 96x96 cm 1:100 000/1:50 000 DEM 450

RESURS F (F1: 1979-1993)
senzor: Kosmičeskij fotoaparat (KFA 1000)
oblik podataka: film 30 cm x 30 cm
mjerilo snimka: 1:250 000 - 1:280 000
površina snimka: 80 km x 80 km
prostorna rezolucija: 3,5-7 m
položajna točnost: $\sigma_p = \pm 4$ m
visinska točnost: $\sigma_h = \pm 15$ m, $e = 75$ m
raspoznavanje objekata: 25 m
cijena: dijapositiv/negativ USD 1000

IRS-1C (1995); IRS-1D (1997)
senzor: linijski skaner
oblik podataka: CD-ROM, DAT
kanali: 5
površina snimka: 70 km - 148 km (širina)
prostorna rezolucija: 5,8 m (pankromatski kanal); 23,6 m i 70,8 m
visinska točnost $e = 10$ m
raspoznavanje objekata: 10-18 m
vremenska rezolucija: 5 dana
radiometrijska rezolucija: 64 (pankromatski kanal); 128

Primjenu u kartografiji sigurno će naći i podaci dobiveni posredstvom satelita ERS-1 što ga je u srpnju 1991. u putanju oko Zemlje lansirala Europska svemirska agencija. Taj satelit s radarom i sintetiziranom antenom (Synthetic Aperture Radar - SAR) namijenjen je prvenstveno istraživanju leda u morima i oceanima, a u ograničenom opsegu i za primjenu na kopnu (Schreier 1993).

Odlukom ruske vlade od 1993. dostupni su i snimci dobiveni fotografskim sustavom KFA-3000 (Resurs F3). Snimci dobiveni pomoću tog sustava raspolažu prostornom razlučivošću 2-3 m. Na osnovi istraživanja koje su proveli Klostius, Kostka i Sulzer (1994) tvrde da su snimci KFA-3000 povećani u mjerilo 1:10 000 prava alternativa austrijskoj fotokarti 1:10 000. Zbog suviše malo podataka u literaturi o tim satelitskim fotografskim sustavima nismo se na njih u ovom prikazu detaljnije osvrnuli.

Mogućnost primjene podataka daljinskih istraživanja u kartografiji bitno je poboljšana uspješnim lansiranjem satelita IKONOS-2 američke tvrtke Space Imagine u rujnu 1999. Podaci s tog satelita s prostornom rezolucijom od 1 m u pankromatskom području i 4 m u multispektralnom području komercijalno su dostupni od ožujka 2000. Najmanja moguća narudžba za područja izvan Sjedinjenih Američkih Država je površina od $11\text{ km} \times 11\text{ km}$ po cijeni od 3000 USD. Traženo područje može se ograničiti i poligonom s maksimalno 300 točaka. Za isporučene snimke s IKONOS-a treba računati s pokrivenošću oblacima i do 20%, što je prilično veliki nedostatak. Za potrebe geokodiranja (georeferenciranja) treba dostaviti digitalni model reljefa ili posebno platiti njegovu izradu. Meinel i Reder (2001) testirali su snimke s IKONOS-a na području Dresdена i nacionalnog parka Sächische Schweiz. Sami su izvršili geokodiranje pomoću veznih točaka položajne točnosti unutar 1 m i digitalnog modela reljefa s razmakom točaka od 5 m, odnosno 2 m i visinske točnosti od 0,5 m. Nakon geokodiranja slikovni podaci bili su položajne točnosti unutar 2 m.

Američka tvrtka DigitalGlobe (prije Earth Watch) lansirala je u listopadu 2001. satelit QuickBird (2) s prostornom rezolucijom od 61 cm u pankromatskom području i 2,44 m u multispektralnom području. To je do sada najbolja prostorna rezolucija u snimanju Zemlje iz svemira za civilne potrebe (Oluić, D. 2002).

Satelitski snimci mogu se danas dobiti već transformirani u određenu kartografsku projekciju. Tako se podaci Thematic Mappera (Landsat 4 i 5) mogu dobiti transformirani, na osnovi dimenzija internacionalnog elipsoida, u jednu od ove tri kartografske projekcije: kosa prostorna Mercatorova projekcija (Space Oblique Mercator - SOM), poprečna konformna cilindrična projekcija šesterostupanjskih zona (Universal Transverse Mercator - UTM) i za polarna područja uspravna stereografska projekcija (Polar Stereographic-PS). Podaci se mogu dobiti i transformirani u traženu kartografsku projekciju, ako se za traženo područje dostave topografske karte (EOSAT 1990).

13.7. Inozemna istraživanja o primjeni daljinskih istraživanja u kartografiji

13.7.1. Istraživanja o primjeni satelitskih podataka u izradi i obnovi topografskih karata

Usporedba kartografskih zahtjeva (tablice 2 i 3) s položajnom i visinskom točnošću te raspoznavanjem objekata senzora na satelitima Landsat 4 i 5, SPOT i Kosmos pokazuju da satelitski snimci ne mogu biti jedini izvornici za izradu topografskih karata. Međutim, satelitski snimci mogu se uspješno primijeniti u obnovi tih karata.

Detaljnije podatke o mogućnostima primjene satelitskih snimaka u izradi i obnovi topografskih karata dajemo na osnovi provedenih nekih istraživanja u svijetu, za SPOT-ove snimke.

Područje Kanade s više od 9 milijuna kvadratnih kilometara pokriva 918 listova topografske karte mjerila 1:250 000 i 12 922 lista karte mjerila 1:50 000.

Kanadski centar za primjenu geometrije počeo je 1985. u suradnji s francuskim Nacionalnim geografskim institutom istraživanje o mogućnostima primjene podataka dobivenih pomoću SPOT-satelita u izradi topografske karte 1:50 000. U do sada provedenim istraživanjima došlo se do sljedećih zaključaka:

- geometrijska točnost podataka dobivenih iz satelitskih snimaka zadovoljava nacionalne norme;
- linearni i površinski objekti približno su isti kao i oni dobiveni iz aerofotogrametrijskih snimaka; za identifikaciju točkastih objekata nužna je terenska dopuna; ne može se dobiti pozicijska točnost jednaka aerofotogrametrijskoj;
- poluautomatska metoda interpretacije, koja kombinira ljudsku inteligenciju i računalnu brzinu najučinkovitija je metoda za integriranje satelitskih podataka u topografske karte;
- rezultati projekta ne omogućuju da se donese konačan zaključak o probitačnosti primjene satelitskih snimaka u izradi topografskih karata; moguće je, međutim, zaključiti da se raslinstvo, vode i ceste mogu uspješno prenositi sa satelitskih snimaka u topografske karte (Begin 1991).

KLM aerocarto i Geodetski fakultet Tehničkog sveučilišta u Delftu proveli su istraživanje o mogućnosti primjene SPOT-stereosnimaka za izradu topografske karte mjerila 1:50 000. To istraživanje pokazalo je da se glavni infrastrukturni detalji mogu izvrsno identificirati. Za manje objekte, međutim, točnost i cjelovitost interpretacije nije bila dovoljna.

Sa stajališta točnosti SPOT-stereomodel zadovoljava zahtjeve točnosti izrade karte 1:50 000 za ne suviše gusto naseljena područja.

Usporedba troškova s klasičnom aerofotogrametrijskom metodom pokazuje da se najviše uštede primjenom SPOT-snimaka postiže u snimanju, terenskoj kontroli, pripremi, kartiranju i uređivanju podataka. Ako troškove aerofotogrametrijske izrade označimo sa 100, tada su troškovi izrade karte iz SPOT-snimaka 51. Podaci se odnose na manje naseljena područja (Netherlands remote sensing board ?).

I Europska organizacija za eksperimentalna fotogrametrijska istraživanja (OEEPE) organizirala je istraživanje mogućnosti interpretacije SPOT-snimaka za izradu topografskih karata, u kojem je sudjelovalo pet specijaliziranih institucija. Na osnovi izvršenih interpretacija došlo se do sljedećih zaključaka:

SPOT-snimci ne omogućuju identifikaciju svih vrsta zemljišta koje se na kartama prikazuju; dobro se mogu interpretirati vode, poljoprivredno zemljište i šume;

vodene površine, s izuzetkom uskih tjesnaca s gustom vegetacijom mogu se uvijek identificirati;

šume se mogu točno interpretirati ako se radi samo o jednoj klasi;

velika gusto naseljena područja mogu se vizualno dobro interpretirati ako se prihvati određeni stupanj generalizacije; mnoga mala izgrađena područja mogu se često otkriti, ali je njihovo svrstavanje u izgrađena područja mnogo teže;

linijski objekti jasno su vidljivi; glavne ceste mogu se vizualno dobro interpretirati; postotak otkrivanja i identifikacije manjih cesta vrlo je visok, pogotovo pri rezoluciji od 10 metara; međutim, točna klasifikacija cesta nije moguća samo na osnovi interpretacije;

rijeke šire od 5 m lako se otkriju pri razlučivosti od 10 m.

Ocenjujući na kraju prikladnost SPOT-podataka za izradu topografskih karata zaključeno je:

1. SPOT-podaci nisu dostatni kao jedini izvornik o objektima za izradu topografske karte mjerila 1:50 000;
2. SPOT-podatke moguće je primijeniti u obnavljanju sadržaja topografske karte, pogotovo cestovne mreže;
3. za područja gdje nema dobrih topografskih karata SPOT-podaci mogu poslužiti kao glavni izvornik u njihovoj izradi (Ahokas, Jaakkola, Sotkas 1990).

Izrađujući jedan list topografske karte 1:50 000 na području Etiopije Kihlbom (1992) zaključuje, među ostalim, da točnost dobivenih izohipsa ne odgovara u potpunosti uobičajenim međunarodnim standardima.

Hoffmann (1993) izvještava o obnovi jednog lista austrijske topografske karte mjerila 1:50 000 na granici s tadašnjom Čehoslovačkom. Na čehoslovačkom teritoriju karta pokazuje stanje iz 1931. godine. Sadržaj lista obnovljen je pomoću podataka sa SPOT-a i Landsata metodom kompjutorski podržane kartografije. Tako obnovljeni list ni po čemu se ne razlikuje od lista obnovljenog konvencionalnim metodama.

Ispitivanja u Meksiku na dva lista topografske karte 1:50 000 izrađena 1972. na osnovi snimanja iz 1970. pokazala su da je pomoću TM i pankromatskih SPOT-snimaka moguće registrirati oko 70% promjena nastalih od 1970. do danas. Čitava obrada podataka izvršena je pomoću osobnog računala i programskih paketa ARC/INFO i ERDAS (Sanchez 1991).

Članice OEEPE-a odlučile su u okviru istraživačkog projekta istražiti mogućnost upotrebe snimaka s IKONOS-a za izradu i obnovu topografskih karata. Nabavljena su dva snimka, jedan s područja Velike Britanije (Chandlers Ford) i jedan s područja Švicarske (Lucerne). Snimci, zajedno s odgovarajućim topografskim kartama, poslati su učesnicima ispitivanja. Četiri institucije poslale su kompletne izvještaje.

Ispitivanje je pokazalo ograničenu dosupnost snimaka s IKONOS-a i veće cijene od uobičajenih cijena aerofotogrametrijske izmjere.

Ispitivanje koje je proveo Natural Land Survey of Sweden pokazalo je da se snimci s IKONOS-a mogu upotrijebiti za obnavljanje većine objekata s karte mjerila 1:10 000.

Ispitivanja sprovedena u Ordnance Surveyu (V. Britanija) pokazalo je da se snimci s IKONOS-a mogu u potpunosti primijeniti za obnovu karte mjerila 1:50 000. U obnovi karata mjerila 1:25 000 i 1:10 000 mali linearni objekti ne mogu se sa sigurnošću identificirati, pa su nužne opsežne terenske dopune (Holland i dr. 2002).

13.7.2. Istraživanja o primjeni satelitskih snimaka u izradi fotokarata

Rat u Perzijskom zaljevu potvrdio je važnost točnih i brzo izrađenih fotokarata. Vojna kartografska agencija (Defense Mapping Agency - DMA) Sjedinjenih Američkih Država izrađuje danas fotokarte mjerila 1:100 000 na osnovi Landsatovih TM-snimaka. Osim sadržaja TM-snimaka fotokarta sadrži pravokutne koordinate sustava WGS84 i geografske nazine. Dodatno iz drugih izvornika ručno se digitaliziraju i neki objekti, koji se ne mogu uočiti na TM-snimcima, npr. neke ceste, željezničke pruge i građevine. Tako digitalizirani objekti prevode se iz vektorskog formata u rasterski i uklapaju s ostalim sadržajem. Pomoću elektrostatskog plotera u boji, razlučivosti 400 dpi, izrađuje se probni otisak. Reproduksijski originali za četvorobojni tisk izrađuju se fotoploterom razlučivosti 1000 dpi (Seebald 1991).

Alwashe (1992) izvještava o izradi fotokarte grada At'Taifa i njegove okolice u Saudijskoj Arabiji na osnovi TM i SPOT snimaka. Fotokarta je izrađena u mjerilu 1 : 20 000 i priložena u navedenom radu. Autor zaključuje da postignuti rezultat opravdava upotrebu satelitskih snimaka za izradu karata gradova u navedenom mjerilu, jer ušteda u vremenu i troškovima iznosi i više od 100%.

13.8. Perspektive

Postoje realne osnove za prepostavku da se s kamerama žarišne daljine 60 m (što je tehnički ostvarivo) dobije na snimcima piksel nastao preslikavanjem dijela zemljишta veličine 15x15 cm. (Kraus, Schneider 1989, str. 272). Konceny (1996) navodi da američki vojni sateliti KH 11 i KH 12 imaju digitalne senzore koji na području veličine 16x16 km dosežu rezoluciju od 15 cm.

Kad u doglednoj budućnosti sateliti i senzori takvih mogućnosti postanu dostupni i za civilne potrebe, postat će podaci daljinskih istraživanja nezaobilazni izvornici za izradu i održavanje topografskih karata.

14. TOPOGRAFSKE KARTE

Na topografskim kartama prikazuju se stvarni, vidljivi općegeografski objekti. One su rezultat svojevrsne inventarizacije čovjekove okoline. Osim što služe za informiranje i orijentiranje, te za izvođenje drugih karata, one služe raznovrsnom organiziranom ljudskom djelovanju na prikazanom području kao topografski temelj za otkrivanje, istraživanje i lociranje daljih tematskih pojava i stanja i prikaz određenih nakana (Lovrić 1988).

Primjena digitalnih metoda naročito je važna u osuvremenjivanju topografskih karata i promjeni njihove grafike.

14.1. Osuvremenjivanje topografskih karata

Proces osuvremenjivanja (održavanja) topografskih karata prikazat ćeemo na primjeru kompjutorski podržanog osuvremenjivanja topografske karte mjerila 1:25 000 (TK 25). Postupci koji se već primjenjuju u Njemačkoj su tzv. hibridni postupci, jer omogućuju istovremenu obradu vektorskih i rasterskih podataka (Wimmer 1991, Jäger 1994).

Proces počinje skaniranjem izdavačkih originala TK 25. Preporučuje se rezolucija 320 l/cm ili približno 800 dpi. Ručnim precrtyavanjem s ortofota izrađuje se original promjena, koji se također skanira.

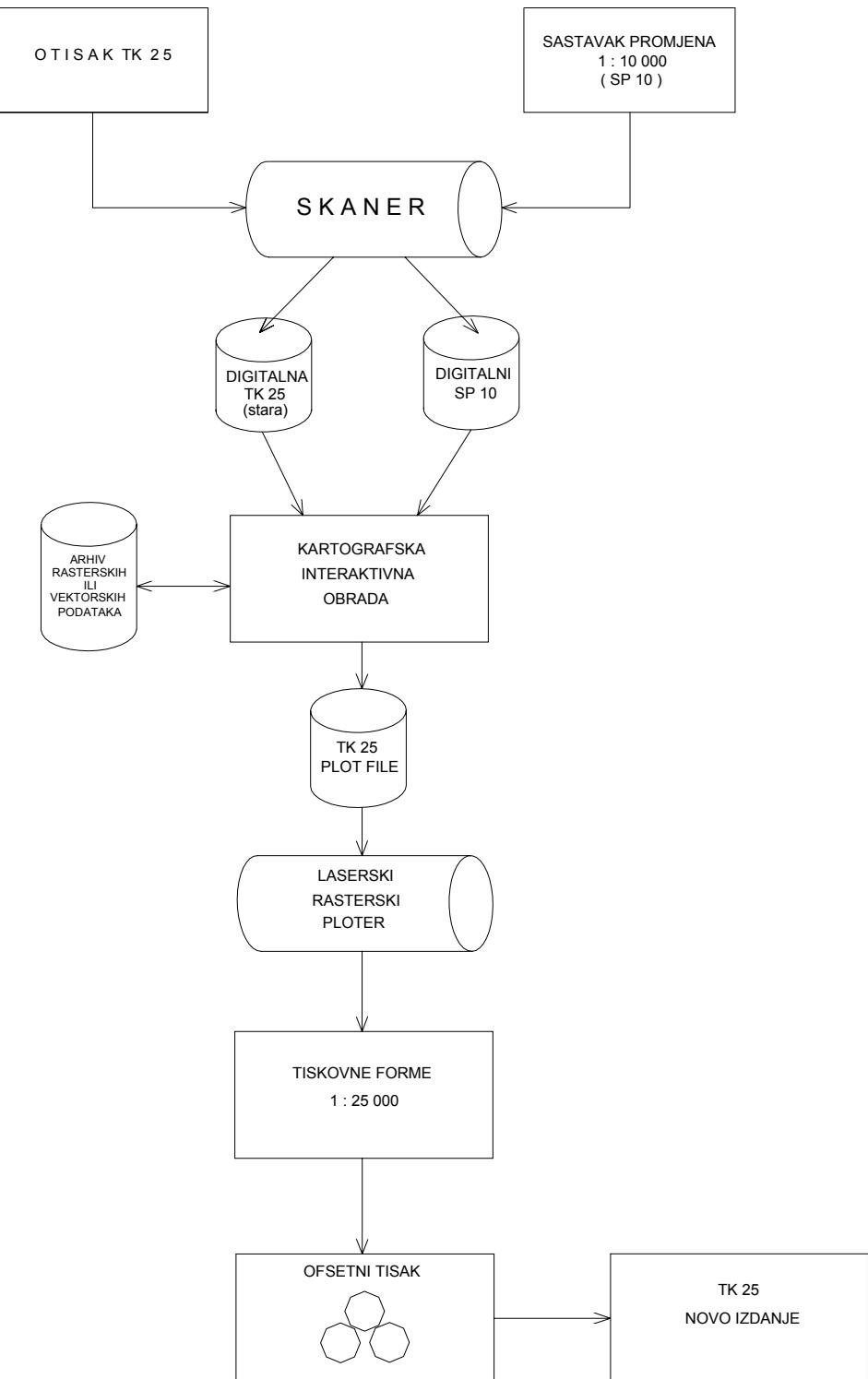
Svi skanirani originali se komprimiraju i transformacijom svedu na teoretske dimenzije. Svakom izdavačkom originalu pridruži se jedan bit a svakom bitu odgovarajuća boja. Na taj način pojavljuje se na ekranu monitora TK 25 u svojim originalnim bojama. Novoizgrađeni objekti, koje treba unijeti u kartu, pojavljuju se u posebnoj, lako uočljivoj boji, npr. crvenoj. Kartograf vektorizira na ekranu monitora te elemente i pridružuje im odgovarajuće kartografske znakove iz datoteke kartografskih znakova, koja mu je na raspolaganju.

Nakon što su svi novi objekti vektorizirani prevode se u rasterski oblik i uz nužan retuš spajaju s postojećim sadržajem.

Potom se u rasterskom formatu izračunaju izvaci boja za četverobojni tisak i s laserskim fotoploterom izrade reproduksijski originali. Iz tih originala izrađuju se ploče za offsetni tisak nove TK 25.

Osim tiskanja nove naklade uputno je paralelno stvarati i arhiv podataka u rasterskom formatu.

Proces osuvremenjivanja TK 25 prikazan je na sl. 14.1 (Jäger 1994, Lovrić, Križovan 1995).



Sl. 14.1. Načelo hibridnog osuvremenjivanja TK 25

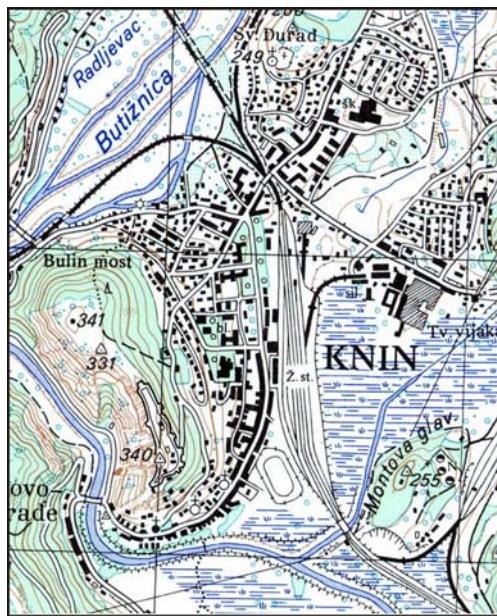
14.2. Nova grafika topografskih karata

Do sada je kartografika topografskih karata bila primjerena klasičnim fotomehaničkim kartografskim postupcima. Danas, kada su aktualni digitalni postupci, potrebno ju je mijenjati. Hurni (1995) se bavio razradom postupaka za digitalnu izradu karata, nastojeći kad je god to moguće povećati grafičku i sadržajnu kvalitetu s obzirom na konvencionalne postupke izrade karata. Harbeck (1996) ističe da dosadašnja filigranska grafika topografskih karata proizlazi iz njihove trostrukе uloge u prošlosti. Topografske karte služile su osim za orijentaciju i planiranje u uredu i na terenu i kao osnova za raznovrsna mjerjenja, a bile su ujedno i dokument izmjere. Danas u doba digitalne tehnologije od tri navedene uloge topografskim je kartama preostala ona najvažnija, vizualizacija krajolika, pa otuda i potreba za promjenom njihovog grafičkog oblikovanja.

U nas se detaljno bavio promjenom grafike topografskih karata Frangeš (1998) u svojoj doktorskoj disertaciji. Postavio je pritom ova načela:

- primjerena čitljivost, povećanjem minimalnih veličina, ali ne vidljivo na štetu grafičke gustoće, te primjenom poznatih oblika;
- preglednost, ostvarenjem uvjeta jednostavnosti, kontrastnosti i slojevitosti, što nije moguće provjeriti u potpunosti, jer su izrađivani samo isječci a ne cijeli listovi karata za koje je preglednost i karakteristična;
- točnost, kontrolom položajne točnosti s obzirom na predložak te dosljednim provođenjem znakovne točnosti;
- primjerena zornost, ispunjenjem zahtjeva simbolike, osobito signaturama i bojom, tradicionalnosti i hijerarhijskom organizacijom kartografike, s posebnom pozornošću na izvođenje niza signatura iz osnovnog oblika i na duljinu signatura;
- estetika, provođenjem harmoničnosti, skladom svih primjenjenih elemenata kartografike, i ljepote, simbolikom i izborom boja te tipografijom;
- umnožljivost, ostvarenjem uvjeta kvalitete, s posebnim naglaskom na rezoluciji, i ekonomičnosti, pripremom za šestobojni tisk (CMYK + siva za sjene + smeđa za izohipse); ta je želja najslabije ostvarena budući da je, zbog tehničkih i materijalnih mogućnosti, na raspaganju bio tintni pisač u boji rezolucije 720 toč/inču.

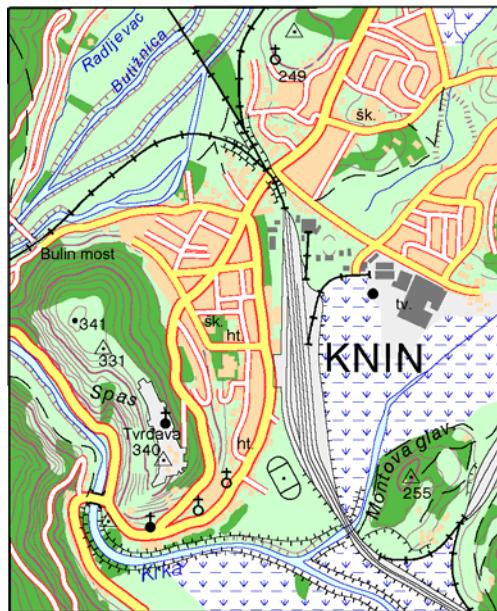
Na osnovi tih načela izrađene su različite varijante isječaka pokusnih karata Zagreba, Vukovara, Knina i Rijeke. Na slici 14.2. su pokusne karte Knina, na kojima je težište istraživanja usmjereno na prikaz reljefa izohipsama i signaturama nasipa i usjeka u nijansama smeđe boje, a još je posebna pozornost posvećena prikazu željezničke pruge s kolodvorom. Izrađeno je 13 različitih varijanti topografske karte Knina u mjerilu 1:25 000. Na predočenoj I. varijanti (sl. 14.2.b) signature su za crkvu, kapelicu, športski stadion i trigonometrijsku točku prevelike, a izohipse predebele. Na II. varijanti (sl. 14.2.c) veličina signatura je uskladjena, no nijansa smeđe boje za prikaz izohipsa je presvjetla. Konačno je na slici 14.2.d dana primjerena varijanta kartografike.



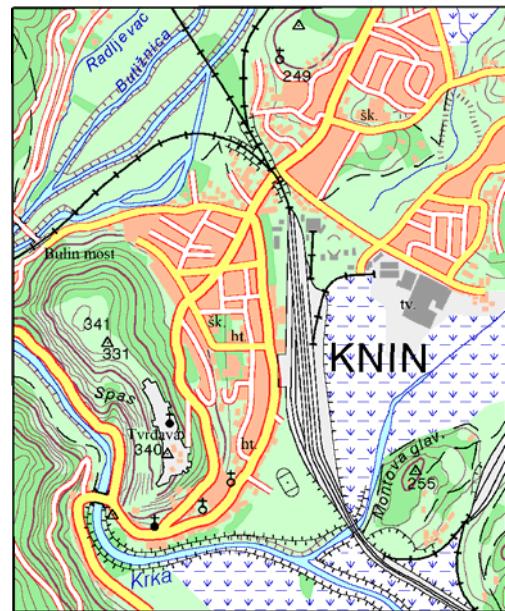
a)



b)



c)



d)

Sl. 14.2 Isječak topografske karte Knina u mjerilu 1:25 000: a) skenirani predložak; b) I. pokušna varijanta; c) II. pokušna varijanta; d) III. pokušna varijanta (Franeš 1988).

15. DIGITALNI KARTOGRAFSKI SUSTAVI

U digitalne kartografske sustave ubrajaju se:

- kartografski informacijski sustavi uključujući stolnu kartografiju
- kartografski podsustavi u sklopu geoinformacijskih sustava (vidi § 16.6)
- elektroničke karte i atlasi.

15.1 Kartografski informacijski sustavi

Kartografski informacijski sustav (KIS) čine hardver, softver i podaci za kompjutorski podržanu izradu karata. Ulazni podaci se uzimaju, najčešće, s postojećih kartografskih prikaza različite grafičke kvalitete (sastavljački ili kartografski i izdavački originali). Podatke dobivene s karata različitih mjerila, zbog različitog stupnja generalizacije, nije još moguće potpuno automatski objediniti. Tu su presudna intervencija kartografa bilo ručnim ertanjem ili interaktivno na ekranu monitora.

Slikovni podaci, npr. fotopodaci ili podaci dobiveni skanerima ili radarima sa satelita, mogu poslužiti kao izvornik iz kojeg se preuzimaju određeni podaci. Mogu, međutim, služiti i kao podloga za izradu topografskih i tematskih karata.

Baza podataka sastoji se od topografske baze podataka i tematske baze podataka. Na temelju tih baza KIS omogućuje kartografsku simbolizaciju tj. pridruživanje kartografskih znakova topografskim ili tematskim objektima i izradu topografskih karata, tematskih karata i slikovnih karata (fotokarata).

Kartografski prikaz može uslijediti na ekranu monitora ili na papiru odnosno filmu. Na papiru možemo dobiti rasterskim ploterom probni otisak u boji (unikat) a na filmu reproduksijske originale za tisk (sl. 15.1).

Hurni i Christinat (1996) definirali su zahtjeve koje moderan KIS mora ispunjavati. Ovdje su izneseni u skraćenom obliku.

1. Obuhvaćanje analognih i digitalnih kartografskih podataka

a) skaniranje

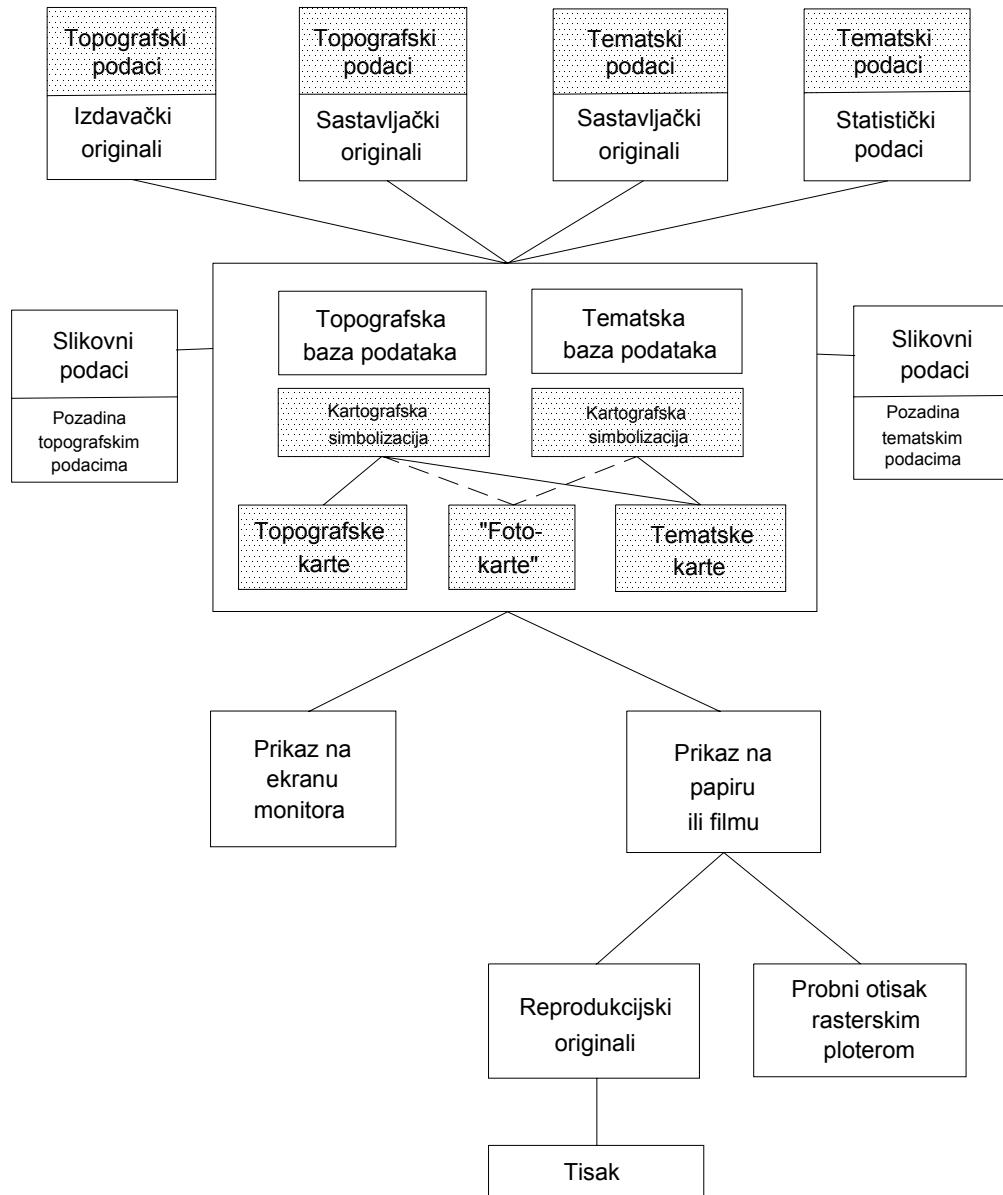
- skaniranje u refleksivnom i transparentnom modu
- točno pozicioniranje predloška po x i y osi
- tipične rezolucije 20 l/mm (508 dpi), 40 l/mm (1016 dpi) i 80 l/mm (2032 dpi)
- u skaniranju jednobojnih višetonskih predložaka minimum 256 sivih tonskih vrijednosti, a pri skaniranju u boji 3 x 256.

b) ručna digitalizacija

c) učitavanje podataka

- učitavanje najraširenijih rasterskih formata (TIFF, PCX, ScitexT30 i dr.)

- učitavanje najraširenijih vektorskih formata (AutoCad-DXF, Intergraph-DGN, PostScript i dr.)
- pretvaranje datoteka iz jednog formata u drugi
-



Sl. 15.1. Kartografski informacijski sustav: ulaz i izlaz podataka (Kelenhofer 1994)

2. Vizualizacija podataka na ekranu

- WYSIWYG (what you see is what you get - što vidiš (na ekranu) to ćeš i dobiti (na izlaznom uređaju))
- brzo dobivanje i mijenjanje slika
- različiti stupnjevi povećanja (zoom)
- definiranje prozora, funkcija za translaciju po x i y osi s preklapanjem ili bez njega
- različiti prikaz kurzora (točka, kružić, križić)

3. Interni koordinatni sustav

- rasterski sustav (koordinate piksela)
- metarski sustav crteža (koordinate piksela×rezolucija)
- sustav karte (koordinate piksela×rezolucija×mjerilo karte)
- mogućnost definiranja ishodišta u sva tri sustava u bilo kojoj točki
- određivanje duljina u vektorskom i rasterskom sustavu
- određivanje površina u vektorskom i rasterskom sustavu

4. Predradnje

a) globalna obrada rasterskih podataka

- uklanjanje deformacija (Helmertova, afina, projektivna i ostale nelinearne transformacije)
- promjena kartografske projekcije, mogućnost programiranja
- preklapanje više rasterskih datoteka
- strukturiranje rasterskih datoteka u slojeve
- translacija, rotacija, promjena mjerila horizontalno/vertikalno
- aritmetičke i logičke operacije
- skeletiranje i zadebljavanje linija
- otkrivanje prekida linija i čvorova

b) globalna obrada vektorskih podataka

- uklanjanje deformacija (Helmertova, afina, projektivna i ostale nelinearne transformacije)
- promjena kartografske projekcije, mogućnost programiranja
- preklapanje više vektorskih datoteka
- translacija, rotacija, promjena mjerila horizontalno/vertikalno
- prepoznavanje i brisanje dvostruko digitaliziranih elemenata
- algoritmi za redukciju podataka (pojednostavljenje linija)

5. Uređivanje rasterskih podataka

a) obrada u slojevima

- kartografski objekti svrstani po bojama ili tipovima u slojeve moraju biti dostupni za obradu kao cjelovita slika u boji
- mogućnost obrade pojedinog sloja ili više slojeva zajedno

b) rastersko uređivanje

- crtanje linija različitih širina
- različiti oblik kista za crtanje (okrugao, uglast)
- prostoručno crtanje (npr. za prikaz stijena)

- konstrukcija geometrijskih elemenata (pravokutnik, kružnica, šrafure)
- pozicioniranje signatura kao grupe piksela (interaktivno, automatski po koordinatama iz datoteka, horizontalno, vertikalno, zakrenuto)
- ispunjavanje površina omeđenih konturama

6. Uređivanje vektorskih podataka

a) općenito

- obrada 2D- i 3D-vektora
- pridruživanje atributa objektima po tipovima ili bojama, njihovo svrstavanje u slojeve i obrada
- pridruživanje kartografskih znakova vektorskim objektima (WYSIWYG-simbolizacija)

b) vektorsko uređivanje

- obrada linijskih elemenata: konstrukcije (pravaca, poligona, krivulja i njihovih kombinacija), modifikacije (paralelno pomicanje, kopiranje, pojednostavljenje), automatsko svrstavanje u slojeve pri križanju u različitim razinama (npr. cesta i željeznička pruga), poluautomatsko pridruživanje kota izohipsama
- konstrukcija, brisanje i modifikacija jednostavnih geometrijskih objekata (kuće) i složenih simbola (signatura)
- obuhvaćanje i modifikacija složenih površinskih objekata

7. Hibridna obrada vektorskih i rasterskih podataka

a) opći zahtjevi

- istovremena obrada vektorskih i rasterskih podataka prikazanih na ekranu jedni iznad drugih
- izlaz (npr. u PostScriptu) slike sastavljene iz vektorskih i rasterskih podataka

b) pretvaranje iz vektorskog u rasterski oblik (signaturizacija)

- svi kartografski znakovi (signature) pohranjeni su u posebnoj datoteci odakle se pozivaju i pridružuju vektorskim podacima (npr. digitaliziranoj osi ceste pridružuje se prikaz s dvije paralelne linije)
- vizualizacija vektorskih podataka na ekranu da bi se prije rastriranja izvršila nužna pomicanja
- pretvaranje iz vektorskog u rasterski oblik globalno i lokalno ograničeno, interaktivno i u serijskoj obradi

c) pretvaranje iz rasterskog u vektorski oblik (vektorizacija)

- ručna vektorizacija
- poluautomatska vektorizacija s interaktivnim intervencijama

- prepoznavanje dvostrukih linija i vektorizacija osi
- prepoznavanje crtanih linija i digitalizacija kao neprekinute linije
- raspoznavanje jednostavnih uzoraka, signatura i slova

8. Obrada teksta (imena na karti)

- učitavanje teksta u različitim vektorskim formatima
- interaktivno pozicioniranje imena
- automatsko pozicioniranje imena iz baze podataka
- smještaj imena duž krivulje

9. Digitalna obrada slika

- prikaz reljefa prikazanog sjenčenjem i ortofota u 256 sivih tonskih vrijednosti
- prikaz RGB-slika u boji
- interaktivni retuš, filtriranje i druge operacije

10. Izlaz podataka

a) izlaz na nosioce pogodne za umnožavanje tiskom

- različite rezolucije
- slobodan izbor oblika rasterske točke, gustoće i ukrštenosti rastera
- osvjetljavanje rastera različitih tonskih vrijednosti i orijentacije na isti film
- istovremeno osvjetljavanje rastriranih višetonskih predložaka i linijskih crteža uz mogućnost koroniranja

b) ostale mogućnosti izlaza

- izlaz na ekran i različite pisače i plotere
- izlaz podataka u različitim vektorskim i rasterskim formatima

15.1.1. Stolna kartografija

Izrada karata pomoću osobnih računala i programa poput Freehanda ili CorelDrawa (vidi § 8) u obliku prikladnom za daljnje umnožavanje naziva se stolna kartografija (Desk Top Mapping - DTM) po analogiji sa stolnim izdavaštvom (Desk Top Publishing - DTP). Tom metodom mogu se izrađivati kvalitetne tematske karte (Dickmann 1996).

15.2. Elektroničke karte i atlasi

Terminologija na području digitalne kartografije nije još, što je razumljivo, potpuno razvijena i ustaljena pa tako termina elektronička karta i elektronički atlas nema u velikom kartografskom rječniku objavljenom 1995, a koji sadrži oko 11 500 termina iz područja

kartografije i srodnih znanosti (American Society of Civil Engineers 1995). Međutim, elektronička karta i elektronički atlas postepeno se ustaljuju kao termini za dva nova proizvoda digitalne kartografije, pa je nužno dati definicije digitalne karte, elektroničke karte i elektroničkog atlasa.

Digitalna karta je karta u vektorskom i/ili rasterskom formatu pohranjena na nosioce pogodne za računalnu obradu. Sadrži softver i sve atributе za prikaz na ekranu monitora ili crtanje ploterom uključujući potpunu signaturizaciju, nazine i opis karte (Deutsche Gesellschaft für Kartographie 1993).

Elektronička karta je interaktivni kartografski sustav za pretraživanje i pokazivanje informacija. Sastoјi se od jedne ili više karata pohranjenih u rasterskom ili vektorskим formatu i baze podataka s opisnim podacima o pojedinim objektima. Sadrži i softver za pretraživanje i pokazivanje karata i opisnih podataka na ekranu osobnog računala ili radne stanice. Osim karata i teksta elektronička karta sadrži zvuk i pokretne i nepokretne slike (Christ 1994).

Elektroničke karte izrađuju se za posebne namjene. Elektronička karta u obliku plana grada služi za brzo pronalaženje potrebnih informacija, npr. određene ulice, hotela ili kazališta. Na elektroničkim kartama sitnih mjerila brzo se može pronaći određeno naselje i dobiti opsežne opisne, zvučne i slikovne informacije. Elektroničke karte često se primjenjuju za planiranje putovanja i traženje najkraćeg ili najbržeg puta između dva mjesta.

Elektronički atlas sastoјi se, pored uvodnog dijela, obično od tri segmenta.

Grafički dio služi za prezentaciju elektroničkih karata, dijagrama i drugih grafičkih prikaza.

Informacijski dio sadrži podatke o kartama i grafikonima, npr. tumač znakova, modul za određivanje udaljenosti, tekstualne podatke o mnogim objektima i sl.

Pretraživački dio omogućuje orijentaciju i pretraživanje svih informacija atlasa (Sieber, Bär 1996).

Ormeling (1995) razlikuje tri tipa elektroničkih atlasa:

- pokazne atlase
- interaktivne atlase
- analitičke atlase.

Pokazni atlasi sastoje se u grafičkom dijelu od skaniranih karata, koje se sadržajno i kartografski ne mogu mijenjati.

Interaktivni atlasi omogućuju izbor i kombinaciju varijabli (npr. područje, tip dijagrama, granice klase, boje). Interaktivnost je, međutim, ograničena ugrađenim mogućnostima. Karte su sastavljene od slojeva pa se sadržaj nove karte može sastaviti po izboru.

Analitički atlasi omogućuju korisniku da, kao i u geoinformacijskim sustavima, bira sadržaj karte i kartografski je uobičajuće prema vlastitim potrebama. Pritom često postoje i mogućnosti numeričko-kvantitativne analize.

Po teritorijalnom obuhvatu elektronički atlasi izrađuju se kao atlasi svijeta, kontinenata, država i oblasti. Po sadržaju dijele se u općegeografske i tematske, a po namjeni u znanstveno-priručne, turističke i školske (Bidenko, Kudrau 1992).

Elektroničke karte i atlase pojedini autori nazivaju multimedijskim kartama i atlasima (Sieber, Bär 1996), jer poput ostalih računalskih multimedijskih dokumenata integriraju u sebi osnovne multimedijске elemente (slike, zvuk, tekst) (Maštruko 1995).

15.2.1. Encarta 97 World Atlas

Encarta 97 World Atlas je elektronički ili multimedijski atlas svijeta pohranjen na CD-ROM. Karakteristika je takvih atlasa da osim karata sadrže tekst, slike, videosekvene i zvuk. Minimalna računalna konfiguracija za upotrebu tog atlasa je PC 486DX, 33 MHz, operativni sustav Windows 95, 8 MB RAM-a, 10 MB slobodnog prostora na disku, CD-ROM-jedinica, zvučna kartica. Mi smo atlas testirali na računalu PC Pentium 133 Mhz, 64 MB RAM, CD-ROM 10×.

Instalacija Encarta 97 World Atlasa je vrlo jednostavna i brza, a program se pokreće automatski čim se zatvore vrata CD-ROM-jedinice. Na ekranu se pojavljuje karta polukugle u, po svemu sudeći, ortografskoj projekciji. Pomoću miša se može okretati u bilo koji položaj. Prijelaz na karte krupnijih mjerila (zumiranje) moguć je na više načina. Postupnim skokovitim zumiranjem može se u deset koraka dobiti karta najkrupnijeg mjerila. Međutim, od najsitnijeg (1:125 000 000) do najkrupnijeg mjerila (1:375 000) moguće je doći i jednim korakom. Trokutić iznad globusa, koji se pojavljuje u donjem lijevom kutu ekrana, treba mišem spustiti na sam globus. Pomoću miša i "prozora" može se ekran ispuniti točno onim dijelom karte koji želimo.

Za izradu karata tog atlasa poslužila je digitalna karta svijeta u mjerilu 1:1000000 (Digital Chart of the World, Frančula, Kanajet 1993) pa i sadržaj najdetaljnijih karata Encarte 97 odgovara karti tog mjerila.

Isječak karte vidljiv na ekranu može se mišem pomicati u bilo kojem smjeru. Vrlo je lako prebaciti se i na bilo koji udaljeni dio Zemljine kugle. U lijevom gornjem dijelu ekrana mali je globus koji se mišem može okretati tako da u presjek nitnoga križa dođe dio koji želimo dobiti na ekranu. Mnogo preciznije može se to uraditi pomoću funkcije *Find*. Iz ponuđenog izbornika izabere se ime naselja ili države i trenutno dobije na ekranu isječak karte s tim imenom u sredini. Štoviše, slova su ispisana na bijeloj podlozi pa je ime lako uočljivo.

Geografske koordinate \square i \square ispisane u stupnjevima i minutama mogu se dobiti za bilo koju točku na bilo kojoj karti. Moguće je također mjeriti udaljenosti između točaka koje se pokazuju mišem.

U donjem desnom dijelu svake karte dano je grafičko mjerilo. Za svaku kartu može se dobiti tumač znakova i dodatna tekstualna objašnjena.

Atlas sadrži različite vrste karata. Osim općegeografskih karata postoje političke karte, tri vrste fizičkogeografskih karata (tektonske, karte prirodnih objekata i karte bez imena). Birati se mogu i satelitske karte snimljene po danu i po noći. Od karata prirode

postoje karte klimatskih područja te karte temperatura i padalina u siječnju i srpnju. Od karata stanovništva izrađene su karte gustoće naseljenosti i karte vremenskih zona.

Reljef je na općegeografskim kartama sitnih mjerila do mjerila približno 1:1250000 prikazan kombinacijom sjenčenja i hipsometrijske skale boja, a na kartama krupnijih mjerila hipsometrijskom skalom boja.

Za određeni broj mjesta na Zemljinoj kugli moguće je dobiti animirani panoramski prikaz u kojem se smjer promatranja mijenja od 0° do 360° .

Za 50 najvećih gradova svijeta dane su njihove karte u mjerilu približno 1:50000 s upisanim nazivima glavnih ulica i trgova.

Postojećim se kartama može dodavati i vlastiti sadržaj. Na bilo koja mjesta na karti moguće je smještati neki od ponuđena 224 znaka. Te vlastite na kartu umetnute znakove moguće je učiniti nevidljivima ili opet po potrebi vidljivima. Naravno, može ih se i izbrisati.

Svaku kartu s ekrana monitora moguće je kopirati u neki drugi dokument ili isertati priključenim pisačem ili ploterom. Jedino nije dopuštena upotreba tih karata u komercijalne svrhe.

Osim karata atlas sadrži bogatu bazu tekstualnih podataka. Za svaku državu dani su podaci o zemljištu i klimi, o glavnim rijekama i jezerima. Navedeno je puno službeno ime države, glavni grad, površina države te broj stanovnika nekoliko najvećih gradova. Dan je nadalje niz statističkih podataka o duljini života, pismenosti, etničkoj podjeli stanovništva. Navedeni su i osnovni podaci o političkom uređenju i gospodarstvu. Dani su podaci o povijesti, društvenom životu, običajima, tipičnim jelima, državnim praznicima, radnom vremenu trgovina i sl. čitav je tekst napisan u obliku hiperteksta. Kliknemo li mišem na kurzivom i bojom označene riječi, možemo dobiti detaljnija objašnjenja tih pojmove, kartografski prikaz ili izgovor nekih u svakodnevnom životu potrebnih riječi, npr. pozdrava, omiljenih jela i sl. Svaka je država predstavljena i s nekoliko fotografija u boji i pripadnim tekstovima te kratkom glazbenom sekvencom neke za taj predjel karakteristične melodije. Detalji iz života tipične obitelji u 30 država svijeta prikazani su s desetak fotografija, tekstrom i videosekvencom. Osim toga atlas nudi svima koji imaju pristup na Internet oko 7000 tzv. WEB-linkova, gdje se mogu dobiti dodatni podaci vezani uz pojedine države.

Prednosti multimedijskog atlasa u usporedbi s klasičnim tiskanim atlasima višestruke su. Encarta 97 World Atlas je zaista, kako i piše na ovtku, najdetaljniji atlas do sada izrađen. Ni jedan otisnuti atlas nema karte čitavog svijeta u mjerilu približno 1:400 000. Navedimo za ilustraciju da bi karta svijeta u mjerilu 1:400 000 imala dimenzije 100 m \times 50 m, što bi u formatu atlasa od 50 cm \times 50 cm iznosilo 20 000 stranica. U bazi podataka je 1 200 000 geografskih imena. Atlas sadrži 3000 fotografija u boji, 350 glazbenih sekvenci, 30 videosekvenci i 2800 izgovora stranih riječi. Tekstovi obuhvaćaju više od 1,5 milijuna riječi.

Najveća prednost multimedijskog atlasa s obzirom na otisnuti je brzina pretraživanja: mijenjanje mjerila karte, prebacivanje s jednog dijela Zemljine kugle na drugi, traženje određenog imena i sl. Osim toga nismo ograničeni danim formatima, već

isječak koji nas zanima biramo sami. Nadalje, svaku kartu dopunjenu vlastitim podacima možemo otisnuti na papir. Naravno da multimedijski atlas ima u odnosu na otisnute atlase i nedostataka. Kartografski prikaz na ekranu monitora nije po grafičkoj kvaliteti usporediv s otisnutim atlasima. Sve ceste razvrstane su samo u dvije klase i prikazane jednostrukim crvenim linijama različite širine. Na karti Europe nema Londona, Berlina, Moskve, Rima, ali su prikazani Torino, Kazan, Samara. Poveća li se mjerilo, pojedini se od tih gradova pojavljuju. Očito je na djelu algoritam za automatski smještaj naziva, koji u nekim komplikiranim situacijama ne daje optimalne rezultate. Npr. za smještaj Moskve ima dovoljno prostora, ali je na tom mjestu upisana Volga, koja po svemu sudeći ima prema tom algoritmu veći prioritet.

Prikaz Hrvatske

Na karti Hrvatske u tako krupnom mjerilu kao što je 1:375 000 prikazana su i mnoga mala sela pa nije čudo da ima pogrešaka u kategorizaciji naselja znakom i veličinom slova. Zadar, Karlovac, Sisak, Kutina, Đakovo, Ogulin nisu prikazani konturom naselja i odgovarajućom veličinom slova. Zadar je npr. prikazan istim znakom i veličinom slova kao Nin i Kali, a Karlovac kao Duga Resa. Nema Borova, Zaboka, Krapine, Murtera, Bakra. U blizini Zagreba nisu prikazani Bregana, Zaprešić i Podsused, a kao posebna naselja prikazani su Maksimir, Špansko, Gračani. Na Krku nisu prikazani Omišalj, Njivice, Malinska, Punat, Vrbnik, a prikazani su Risika, Lakmartin, Sušan i dr. Na Hvaru nema Jelse, a na Korčuli Lumbarde. Na Pelješcu nema Orebića, Trpnja, Lovišta. Na Visu nema Komiže, a na njezinu je mjestu upisan Vis. U Istri nema Lovrana, Žminja, Rapca, Buja, Marčane, a prikazana su mnoga manja naselja. Otoci Ugljan i Pašman prikazani su kao jedan otok. Dugi otok i Kornat prikazani su također kao jedan otok. Otok Sušac zapadno od Lastova nazvan je Susak. Autocesta Zagreb-Karlovac-Rijeka prikazana je dovršena do Rijeke.

To su neke od uočenih pogrešaka. Sigurno da takvih pogrešaka ima i u drugim dijelovima svijeta, ali toga su svjesni i u kartografskom odjelu Microsofta pa mole da im se jave uočene pogreške. Realno se nadati da će svako novo izdanje biti bolje od prethodnog. To jamče i imena savjetnika pri izradi ovog atlasa, među kojima su i neki od najuglednijih kartografa današnjice, npr. Barbara P. Buttenfield i Mark Monmonier.

16. KARTOGRAFIJA I GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI

16.1. Osnovni pojmovi i definicije

Informacijski sustav je sustav za obradu informacija. Geoinformacijski sustav je informacijski sustav u kojem su svi podaci geokodirani. Geokodiran znači određen koordinatama u nekom koordinatnom sustavu. To su, najčešće, sustav geografskih koordinata \square , \square ili pravokutni koordinatni sustav u određenoj kartografskoj projekciji.

Geoinformacijski sustav (GIS) sastoje se od hardvera, softvera, podataka i stručnjaka, a služi za sakupljanje, pohranjivanje, analize i prikaz prostornih podataka.

U engleskom jezičnom području takvi sustavi nazivaju se Geographic Information System (GIS). I u našoj stručnoj literaturi takvi se sustavi često nazivaju geografski informacijski sustavi.

U njemačkom jezičnom području prevladava termin Geo-Informationssysteme, dakle geoinformacijski sustavi. Smatram da je to prikladniji termin od geografski informacijski sustavi, jer prefiks *geo* objedinjuje sve geoznanosti, koje sudjeluju u stvaranju i upotrebi takvih sustava.

16.2. Kratak povijesni pregled

Prvi počeci geoinformacijskih sustava pojavljuju se usporedno u raznim dijelovima svijeta. Jedan je od prvih pravih GIS-ova, i sigurno prvi koji je nazvan tim imenom Canadian Geographie Information System (CGIS). Njegov je začetnik R. Tomlison. Kada je 1966. kanadsko ministarstvo poljodjelstva planiralo inventarizaciju zemljišta čitave Kanade u svrhu poljodjelskog oživljavanja malih farmi, Tomlison je predložio da se to obavi kompjutorski podržanim metodama. Prijedlog je prihvaćen i u razvoj toga GIS-a bio je uključen velik broj stručnjaka iz Ministarstva poljodjelstva i IBM-a. Sustav je postao operativan 1971. Danas sadrži u digitalnom obliku oko 10 000 karata s više od 100 različitih tema.

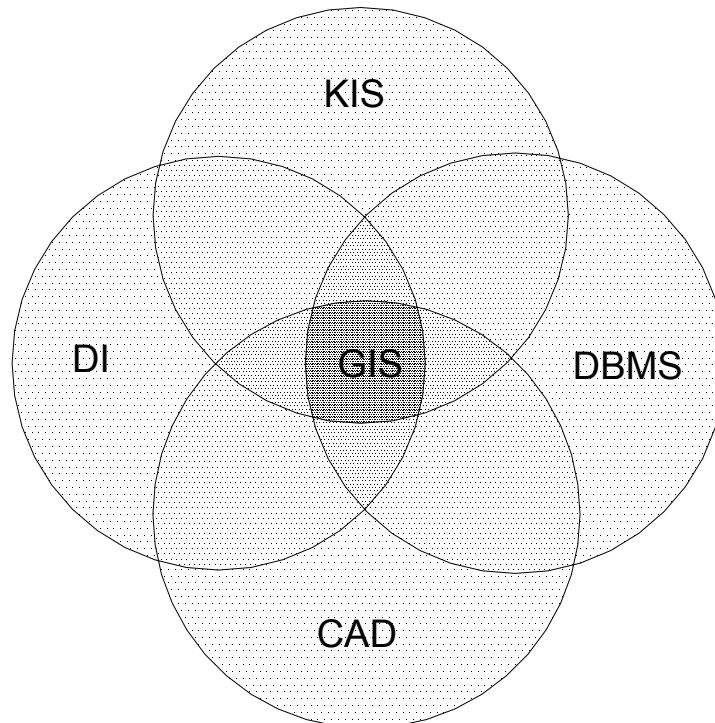
Ordnance Survey (OS) - nacionalna geodetska ustanova u Velikoj Britaniji – započela je 1971. sa sustavnom digitalizacijom planova i karata najkrupnijih mjerila i taj je posao nedavno završen. OS raspolaže danas s više od 230 000 listova karata u digitalnom obliku, što nema ni jedna druga zemlja na svijetu. Te karte, pretvorene u digitalni oblik po određenom standardu, redovito osvremenjivane, čine izuzetno vrijednu prostornu osnovu za mnoge GIS-ove.

16.3. GIS i ostali informacijski sustavi

Veze GIS-a i ostalih informacijskih sustava prikazane su na sl. 16.1. (Maguire 1991). Sustavi za kompjutorski podržano projektiranje (CAD) namijenjeni su za projektiranje i crtanje raznovrsnih objekata. Grafički su orijentirani. Upotrebljavaju znakove i grafičke elemente pomoću kojih se projektira u interaktivnom načinu rada. Imaju samo rudimentarne veze s bazom podataka. Upotrebljavaju samo jednostavne topološke

relacije i rade, uglavnom, s relativno malim količinama podataka i imaju ograničene analitičke sposobnosti.

Kartografski informacijski sustavi (KIS) služe za kompjutorski podržanu izradu karata. U prvom planu je prikaz, a manje pretraživanje i analize. Upotrebljavaju jednostavne strukture podataka bez topoloških informacija. Mogu biti povezani sa sustavom za upravljanje bazom podataka, ali se obično upotrebljavaju jednostavne operacije pretraživanja. Takvim sustavom izrađuju se vrlo kvalitetne karte u vektorskome formatu.



Sl. 16.1. Veze GIS-a s ostalim informacijskim sustavima: KIS - kartografski informacijski sustav; DI - daljinska istraživanja; DBMS - sustav za upravljanje bazom podataka; CAD - računalno oblikovanje (projektiranje)

Informacijski sustavi za daljinska istraživanja namijenjeni su sakupljanju, pohranjivanju obradi i prikazu rasterskih podataka dobivenih pomoću skanera sa satelita. Mogu, međutim, poslužiti za obradu bilo kakvih podataka u rasterskom obliku. Većina takvih sustava ima ograničene mogućnosti rada s vektorskim podacima i ograničene mogućnosti rada s atributima. Iako imaju velike mogućnosti u klasificiranju podataka, ipak su im mogućnosti analize prostornih podataka u usporedbi s GIS-om vrlo ograničene.

Sustavi za upravljanje bazama podataka (engl. DataBase Management System – DBMS) su vrlo razvijeni softverski sustavi za pohranjivanje i pretraživanje atributa negrafičkih podataka. Imaju ograničene mogućnosti pretraživanja, analize i prikaza grafičkih podataka.

Glavna karakteristika GIS-a je naglasak na analitičkim operacijama. Sposobnost GIS-a da analizira prostorne podatke je ključni element u njegovoj definiciji. To je karakteristika po kojoj se GIS razlikuje od sustava, kojima je primarni cilj izrada karata.

16.4. Elementi GIS-a

Četiri osnovna elementa GIS-a jesu (Bill, Fritsch 1991, str. 4; Caspary 1992).

- hardver 25% (udio u ukupnim troškovima) i u 2 godine pad vrijednosti za 50%
- softver 10% i u 4 godine pad vrijednosti za 50%
- podaci 65% i u 10 godina pad vrijednosti 50%
- stručnjaci (u prethodnim podacima nisu iskazani troškovi stručnjaka).

Što se tiče *hardvera* mogu poslužiti računala bilo koje vrste od osobnih računala, radnih stanica do velikih računala. Početkom 1990-ih godina trend je bio prema radnim stanicama i operativnom sustavu UNIX, a krajem 1990-ih u sve većoj je primjeni operativni sustav Windows NT. Od periferijskih jedinica bitni su digitalizatori i ploteri.

Danas na tržištu postoji velik broj GIS-softverskih paketa. Među najpoznatijima su ArcInfo, AutoCAD Map, Microstation MGE i IDRISI.

ArcInfo, proizvod tvrtke ESRI, mnogi smatraju vodećim GIS-softverom na svijetu. Uključuje stotine sofisticiranih alata za automatizaciju izrade karata, konverzije podataka, upravljanje bazom podataka, prostorne analize, interaktivni prikaz i pretraživanje, grafičko uređivanje i geokodiranje. ArcInfo služi za stvaranje GIS-a za razliku od ArcViewa, također proizvoda tvrtke ESRI, koji je orijentiran na interakciju s podacima GIS-a, koji je već kreiran. ArcInfo i ArcView zajedno s većim brojem drugih modula objedinjeni su u kompletan GIS pod nazivom ArcGIS.

AutoCAD Map je GIS-softver izgrađen na osnovi softvera za automatsko crtanje i projektiranje AutoCAD. Budući da AutoCAD ima vrlo veliku primjenu u planiranju, inženjerstvu, arhitekturi mnogi koji se njime služe mogu razmjerno lako uči na područje GIS-a. Softver podržava topologiju, pretraživanje, upravljanje podacima i izradu tematskih karata. Ima alate za transformaciju koordinata, digitalizaciju i uređivanje podataka.

Na osnovi softvera MicroStation tvrtke Bentley Intergraph je 1988. razvio kompletni GIS-softver MGE (Modular GIS Environment). Nakon verzije 8 Intergraph ne planira razvijati novu verziju, već preporuča dogradnju (upgrade) na svoj proizvod Geo Mediu, zasnovanu na Oracle bazi podataka.

IDRISI, razvijen na Clarke University Graduate School of Geography, najrašireniji je rasterski GIS-softver. Verzija za Windows pojavila se 1995. i imala je grafičko sučelje, fleksibilne kartografske alate i ugrađeni DBMS (Clarke 2001).

Treći važan element GIS-a jesu *podaci*. Sakupljanje, pohranjivanje i obrada geografskih podataka vrlo je skupo, jer je za rješavanje prostornih problema potrebna velika količina podataka. Iako procjene variraju, mnogi procjenjuju da na podatke otpada i do 70% ukupnih troškova pri uspostavi GIS-a (Maguire 1991).

GIS-stručnjake možemo podjeliti u menadžere, korisnike i kreatore (Toppen 1991).

Opći menadžer bavi se pitanjima funkcionalnosti GIS-a u specifičnim situacijama. To može biti geodetski stručnjak za područje primjene npr. u katastru. Osim svog osnovnog geodetskog obrazovanja mora imati opća znanja o GIS-u, npr. postdiplomski tečaj o primjeni GIS-a.

Informacijski menadžer vodi računa o funkcionalnosti sustava u odnosu na hardver, softver i bazu podataka. Njegovo osnovno obrazovanje može biti iz različitih disciplina (geodezija, geografija itd.), ali mora imati prošireno znanje i iskustvo u kompjutorskim znanostima. Mora imati znanja o mnogim GIS-sustavima i procjeniti troškove uvođenja određenog GIS-a.

Sistemski menadžer rukovodi instaliranjem sustava i kontrolira svakodnevni rad. Odgovoran je za prilagodbu hardvera i softvera potrebama različitih korisnika. Potrebno mu je veliko znanje iz područja kompjutorskih znanosti.

Povremeni korisnik upotrebljava GIS samo za specifične dijelove u svojim istraživanjima. Treba imati osnovna znanja o koncepciji GIS-a i bazi podataka.

Specijalizirani korisnik radi s GIS-om svakodnevno. Mora biti dobro upoznat sa širokim spektrom primjena. Rad s različitim strukturama podataka njegov je glavni zadatak.

Kreatore GIS-a čine sistemski analitičar, sistemski dizajner i GIS-programer.

Sistemski analitičar ima glavni zadatak da potrebe za GIS-om u nekoj organizaciji prevodi u opis informacijskog modela. Mora imati temeljno obrazovanje u kompjutorskim znanostima.

Sistemski dizajner razrađuje informacijski model u detalje.

GIS-programer razrađuje algoritme i sučelja.

16.5. Analize pomoću GIS-a

GIS se može primijeniti za rješavanje različitih problema. Pretraživanjem baze podataka može se odgovoriti na pitanje što se nalazi na danom *položaju* (npr. kakva je gustoća naseljenosti na danoj teritorijalnoj jedinici).

Suprotno tome možemo zahtijevati da se pronađu mjesta koja odgovaraju danim *uvjetima* (npr. u pojasu uz cestu širokom 200 m treba pronaći sve šume).

GIS može odgovoriti i na pitanje kako se neka pojava mijenjala tokom vremena. To je tzv. *trend*.

Moguće je naći *najbolji put* (najkraći, najbrži, najslikovitiji) između dva mjesta, npr. najkraći put do bolnice.

Pitanja povezana s *uzorcima* (engl. pattern) omogućavaju znanstvenicima da opišu i istražuju širenje neke pojave i odrede procese koji su odgovorni za njenu širenje. Npr. da li na području širenja neke bolesti postoji uzorak za koji se može prepostaviti da je izazvan radijacijom.

Na kraju mogu se procijenjivati različiti *modeli*, npr. pronaći ugrožena područja ako bi se razina mora podigla za 20 cm.

Pregled osnovnih pitanja koja se mogu istraživati pomoću GIS-a pregledno je dan u tablici 16.1.

Tablica 16.1. Osnovna pitanja koja se mogu istraživati pomoću GIS-a (Maguire 1991)

1. položaj	Što je na ... ?
2. uvjet	Gdje je to ... ?
3. trend	Što se promjenilo ... ?
4. put	Koji je najbolji put ... ?
5. uzorak	Što je uzorak ... ?
6. modeliranje	Što ako ... ?

16.6. Kartografski podsustav u GIS-u

Dok su još prije nekoliko godina mogućnosti kartografske vizualizacije GIS-ova bile vrlo skromne, danas svi kvalitetniji softveri za GIS omogućavaju izradu kvalitetnih karata.

Jedan od takvih kartografskih podsustava je CPS (Cartographic Production System) razvijen u ARC/INFO okolišu. Kartograf iz osnovne baze podataka formira svoju tzv. produksijsku bazu, koju zatim uređuje, prilagođava mjerilu i ostalim zahtjevima buduće karte. Iz atributne baze podataka može izlučiti toponime. CPS uključuje alate za odabir mjerila karte, položaja karte na listu papira, uređivanje izvanokvirnog sadržaja, promjenu kartografske projekcije, automatsko generiranje koordinatne mreže, tumača znakova i linearnog mjerila. Alati za pripremu grafičkih datoteka za tisk uključuju razdvajanje boja, postavljanje kontrolnih markica i sve ostale operacije koje obuhvaćaju pripremu za tisk (Lovrić, S. 1995).

16.7. Nacionalne topografsko - kartografske baze podataka kao osnova mnogih GIS-ova

Da se pri izradi različitih GIS-ova u pojedinoj državi posao ne bi višestruko ponavlja, dužnost je geodeta da uspostave nacionalne topografsko-kartografske baze podataka. Takve baze podataka sastoje se iz *digitalnih topografskih modela* (DTM) i *digitalnih kartografskih modela* (DKM).

DTM se, nadalje, sastoji od *digitalnog modela situacije* (DMS), u kojem je definiran položaj i oblik objekata u dvodimenzionalnom koordinatnom sustavu i *digitalnog modela reljefa* (DMR) u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu.

Da bi se utemeljio DTM, treba izvornik (zemljište) razložiti u topografske objekte i pritom izraditi *katalog objekata* (KO) sa svim potrebnim atributima.

Digitalni kartografski modeli (DKM) sekundarni su modeli i izvode se iz DTM pridruživanjem odgovarajućih kartografskih znakova topografskim objektima. U tu svrhu potrebno je izraditi *katalog kartografskih znakova*.

U nastavku dajemo podatke o nacionalnim topografsko-kartografskim bazama podataka u nekoliko najrazvijenijih država (Frančula, Kovačević 1993).

16.7.1. Sjedinjene Američke Države

Nacionalna topografsko-kartografska baza podataka izrađena je na osnovi ukupno 57 000 listova karte mjerila 1:24 000. Listovi su smanjeni u mjerilo 1:100 000 skanirani i vektorizirani. Baza je dovršena 1987. i javnosti su stavljeni na raspolaganje slojevi prometnice i vode.

Za čitavo područje SAD i dijelove Kanade i Meksika izrađen je DMR rezolucije 3" (oko 90 m).

16.7.2. Velika Britanija

Ordnance Survey (OS) - nacionalna geodetska ustanova - započela je 1971. sa sustavnom digitalizacijom karata najkrupnijih mjerila. Za gradove postoje karte u mjerilu 1:1250, ukupno 57792 lista. Poljoprivredna područja pokrivena su sa 159271 listom karata u mjerilu 1:2500. Čitavu državu pokrivaju 10556 listova karata u mjerilu 1:10 000. Svi su ti listovi danas u digitalnom obliku. Velika Britanija je prva država svijeta koja je sve svoje karte krupnih mjerila prevela u digitalan oblik. (Ordnance Survey 1995).

Digitalni model reljefa Velike Britanije izrađen je digitalizacijom izohipsa s karte mjerila 1:10 000. Može se dobiti u obliku digitaliziranih izohipsa s ekvidistancijom od 5 m, a za planinska područja 10 m ili u obliku pravilne mreže s razmakom točaka od 10 m. Visinska točnost modela u obliku izohipsa iznosi 1.1-1.5 m, a modela u pravilnoj mreži oko četvrtine ekvidistancije.

16.7.3. Francuska

Nacionalna kartografska baza podataka dobivena je skaniranjem i vektorizacijom karte mjerila 1:50 000. Obuhvaćene su administrativne granice, prometnice i hidrografija. Posao je završen 1992.

Podaci o zemljишnom pokrovu dobili bi se u drugoj fazi, obradom SPOT snimaka.

16.7.4. Njemačka

Na području današnje Njemačke sustavna istraživanja kompjutorskih podržanih metoda u izradi topografskih karata započela su 1973. godine. Odluka o uspostavljanju službenoga topografsko-kartografskog informacijskog sustava (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informations-system- ATKIS) donesena je 1986. godine. Potanko razrađen projekt tog sustava, opsega oko 1000 stranica, završen je prema planu do 1990. Time je stvorena pouzdana osnova za stvaranje nacionalne topografsko-kartografske baze podataka.

Budući da je ATKIS dugoročan projekt, vrlo je važno odrediti prioritete. Teoretski se zemljište može prikazati jednim digitalnim topografskim modelom (DTM). Zbog mnogih razloga to nije sprovedivo pa ATKIS predviđa tri DTM. Oni moraju odgovarati topografskim kartama krupnih, srednjih i sitnih mjerila. Nose oznake 25, 200 i 1000 da bi se pokazalo da sadržaj pojedinog modela približno odgovara topografskoj karti 1:25 000 (TK 25), preglednoj topografskoj karti 1:200 000 (PTK 200) i medunarodnoj karti svijeta 1:1 000 000.

U realizaciji ATKIS-a DTM 25 ima najviši prioritet. Položajna točnost tog modela za važnije linijske objekte, čvorove i izolirane točke treba biti ± 3 m, a za ostale objekte najmanje kao TK 50. Zahtijeva se da visinska točnost bude najmanje kao na TK 25.

Zbog relativno visoke položajne točnosti od ± 3 m za važnije objekte, osnovni izvornik pri izradi DTM bit će njemačka osnovna (državna) karta 1:5000. Na taj način DTM 25 zadovoljiti će gotovo sve korisnike, i civilne i vojne, osim onih kojima je nužan prikaz zemljišnih čestica (parcela).

16.8. Primjene

16.8.1. Zemljišni informacijski sustavi (ZIS)

Zemljišni informacijski sustav sadrži sve potrebne podatke o zemljišnim česticama (parcelama). ZIS objedinjuje pisane podatke katastra i zemljišne knjige i digitalizirane katastarske planove. Takav ZIS će do 2000. godine u potpunosti dovršiti Austrija. Katastar i zemljišna knjiga već su objedinjeni i uneseni u bazu podataka, a u toku je digitalizacija katastarskih planova (Roić, Mastelić-Ivić 1992).

16.8.2. GIS za vodove

GIS za vodove sadrži podatke za plinovode, vodovode, električne i PTT vodove. Osim trase voda sadrži podatke o materijalu od kojeg je vod izrađen, promjer voda, dubinu ukopavanja, godinu postavljanja voda.

Osnovu čini digitalna karta. Kao osnovni izvornik upotrebljavaju se karte mjerila 1:200 do 1:10 000.

16.8.3. GIS kao automobilski informacijski sustav (AIS)

Osnovu AIS-a čini digitalna karta prometnica u obliku čvorova i lukova. čvorovima i lukovima pridruženi su atributi, npr. luku kategorija ceste, stanje ceste, a čvoru npr. regulirano raskršće.

AIS treba da odgovori na pitanje: gdje se nalazimo? Gdje je moj cilj? U kojem smjeru skrenuti na sljedećem raskršću?

Postoje različiti sustavi za pozicioniranje, tj. određivanje stajališta. Senzori na kotačima omogućuju određivanje smjera kretanja i duljinu prevaljenog puta. Druga mogućnost je ugrađen GPS-uređaj.

Vozač dobiva informacije iz AIS-a preko malog monitora ugrađenog na komandnoj ploči automobila. Položaj automobila označen je točkom koja bljeska. Cesta kojom se treba kretati posebno je osvjetljena ili se na raskršćima strelicom označuje smjer kretanja.

Jedna od najvažnijih komponenti automobilskih informacijskih sustava je digitalna karta cesta. Ona mora biti ne samo geometrijski točna, nego i stalno aktualna. Zbog toga je i razumljivo da se danas čine veliki napor, prije svega u Japanu, Sjedinjenim Američkim Državama i u Europi, na izradi digitalnih karata cesta. Vodeću ulogu na tom području u svijetu imaju danas: JDRMA, ETAK, Navtech, EDRA i EGT. S nekoliko podataka osvrnut ćemo se na dvije od tih asocijacija.

JDRMA (Japan Digital Road Map Association) je Japanska asocijacija za digitalne karte cesta. Osnovana je 1988. i danas uključuje 82 tvrtke auto- i elektroindustrije. Izrađuje digitalne karte cesta u mjerilima 1:50 000 i 1:25 000 za čitav Japan. Nedostatak im je što za sada ne uključuju prometne zabrane (npr. zabrane skretanja i sl.)

EDRA (European Digital Road Map Association) je Europska asocijacija za digitalne karte cesta. članice EDRA-e su Bosch, ETAK i Tele-Atlas. Dosad su izrađene digitalne karte cesta Njemačke, Belgije, Nizozemske, Luksemburga, Italije, Austrije, Švicarske i Velike Britanije.

Danas se u svijetu razvija više od 160 automobilskih informacijskih sustava. Neki su već isprobani na cestama, ali ih se još malo nudi kao gotove komercijalne proizvode. Spomenimo dva od tih sustava.

TRAVELPILOT razvijaju tvrtke Bosch/Blaupunkt. Navigacija se temelji na računanju trajektorije iz GPS podataka, podataka sa senzora na kotačima i elektronskog kompasa. Digitalna karta cesta pohranjena je na CD ROM. Položajna točnost iznosi oko 5 m. Trenutna pozicija automobila prikazuje se na isječku karte na monitoru. Sustav se danas nudi za veći dio Njemačke i obuhvaća oko 300 000 km cesta. Detaljnije karte cesta ograničene su za sada na gradove s više od 100 000 stanovnika.

CARIN je automobilski informacijski sustav tvrtke Philips. Položaj automobila određuje se pomoću GPS-a, senzora na kotačima i elektronskog kompasa. Digitalnu kartu cesta ima na CD ROM-u. *S vozačem komunicira govorom.* Po potrebi informacije prikazuje i na ekranu monitora (Sünkel 1995).

16.8.4. GIS za popise stanovništva

Popisi stanovništva su vrlo opsežni poslovi koji se u mnogim državama svijeta obavljaju svakih deset godina. Popis obavljaju popisivači unutar popisnih krugova.

Planiranje popisa, tj. određivanje popisnih krugova olakšano je ako postoji GIS. On se temelji na kartama krupnih mjerila.

Uzet ćemo kao primjer Veliku Britaniju. Za popis 1991. bilo je 130 000 popisivača, svaki s oko 160 domaćinstava. Popisni krugovi su određeni na osnovi karata mjerila 1:1250, 1:2500 i 1:10 000. Iz GIS-a se za svakog popisivača izradila karta s granicama popisnog kruga, popis ulica i kućnih brojeva (Rhind 1991).

Drugi je primjer iz Sjedinjenih Američkih Država. Census Bureau je za popis 1991. izradio pomoću vlastitoga kompjutorski podržanoga kartografskog sustava više od 1.3 milijuna različitih jednobojnih karata iscrtanih elektrostatskim ploterima. To je 40 puta više karata od onih izrađenih za popis 1980. Karte je izradila skupina od 100 stručnjaka, što je približno jedna desetina broja stručnjaka koji su izrađivali karte za popis 1980. (Broome i dr. 1995).

17. BAZE PODATAKA

17.1. Uvod

Postupci kojima se podaci informacijskog sustava dovode u stanoviti red u kojem se mogu prihvatiti, memorirati, osuvremeniti i prikazati odgovarajućim korisnicima naziva se *organizacija podataka*.

Pod pojmom tradicionalne organizacije podataka podrazumijevamo *organizaciju datoteka* koja se primjenjivala od postanka računala pa do šire primjene baza podataka. Najvažniji su reprezentanti sekvencijalna, indeksno-sekvencijalna, relativna i direktna organizacija.

Razvojem obrade podataka sve više dolaze do izražaja nedostaci rada s datotekama. Podaci su u datotekama u različitim formatima, različite su starosti, redundantni su itd.

Baza podataka je skup međusobno povezanih podataka, zajedno memoriranih bez nepotrebne redundancije.

Glavnu karakteristiku baze podataka predstavlja njen integralno softversko rješenje *sustava za upravljanje bazom podataka* (Data Base Management System-DBMS). DBMS je posrednik. On služi u obradi podataka kao sučelje između datoteka i osoba koje traže podatke u njima.

Preslikavanje strukturiranih podataka u bazu podatka odvija se pomoću *logičkih modela* podataka. Način pohranjivanja podataka na disk i mehanizam pristupa do podataka utvrđen je *fizikalnim modelom* podataka.

17.2. Logički modeli podataka

Komunikacija korisnika s bazom podataka odvija se najčešće preko *standardnog upitnog jezika* (Standard Query Language - SQL). Da bi korisnik što jednostavnije i brže komunicirao s bazom podataka, postavljaju se na bazu podataka vrlo visoki zahtjevi. Zbog toga u osnovi stvaranja baze podataka mora postojati određeni model. Takav model naziva se logički model podataka, jer se logičke veze između različitih skupova objekata moraju uzeti u obzir.

Takav model čine skup entiteta i skup relacija. *Entitet* predstavlja objekt nekog sustava koji se može iz njega izdvojiti, identificirati i opisati. Opisana svojstva entiteta nazivaju se atributima. Ako je entitet parcela, onda su njeni atributi broj parcele, površina, vlasnik, kultura.

Između entiteta postoje odnosi (relacije). Jedna relacija nije ništa drugo nego veza dvaju entiteta.

Između entiteta odnosno objekata mogu postojati ovi odnosi (relacije) (sl. 17.1):

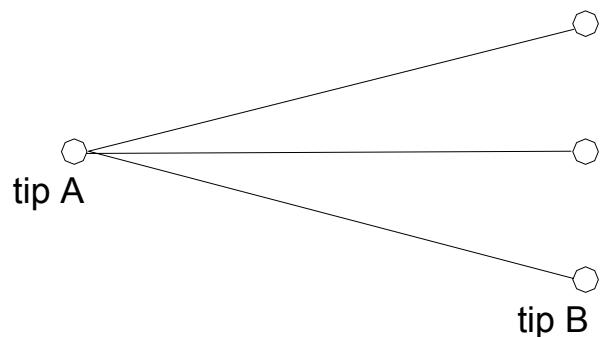
- 1:1 odnos: jednom objektu tipa A je obostrano jednoznačno pridružen jedan objekt tipa B;
- 1:n odnos: jednom objektu tipa A pridruženo je n objekata tipa B ili obrnuto;

- m:n odnos: postoji odnos između m objekata tipa A i n objekata tipa B.

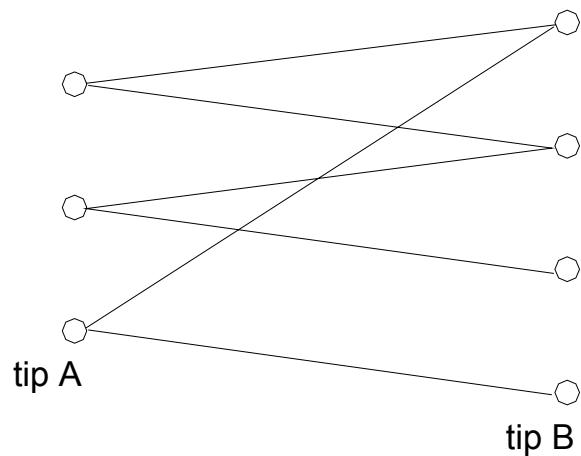
(1:1) odnos



(1:n) odnos



(m:n) odnos

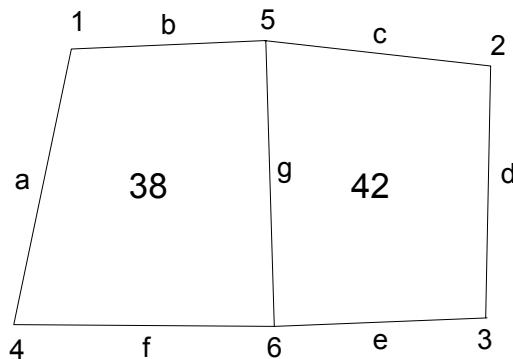


Sl. 17.1 Odnosi (relacije) između entiteta

Razmotrit ćemo najvažnije vrste logičkih modela. To su:

- špageti model
- hijerarhijski model
- mrežni model
- relacijski model
- objektno orijentirani model

Uzet ćemo primjer iz kartografije i to pohranjivanje dva susjedna poligona u obliku četverokuta (sl. 17.2.).



Sl. 17.2. Lukovi i čvorovi dvaju poligona

17.2.1. Špageti-model

Najjednostavniji logički model podataka je direktno prenošenje liniju po liniju s karte u model. Svaki entitet s karte dobiva svoj zapis u datoteci i definiran je nizom koordinata (sl. 17.3.).

Karta	38	x_1	y_1	x_5	y_5	x_6	y_6	x_4	y_4	x_1	y_1
	42	x_5	y_5	x_2	y_2	x_3	y_3	x_6	y_6	x_5	y_5

Sl. 17.3. Koordinate čvorova dvaju poligona u špageti-modelu

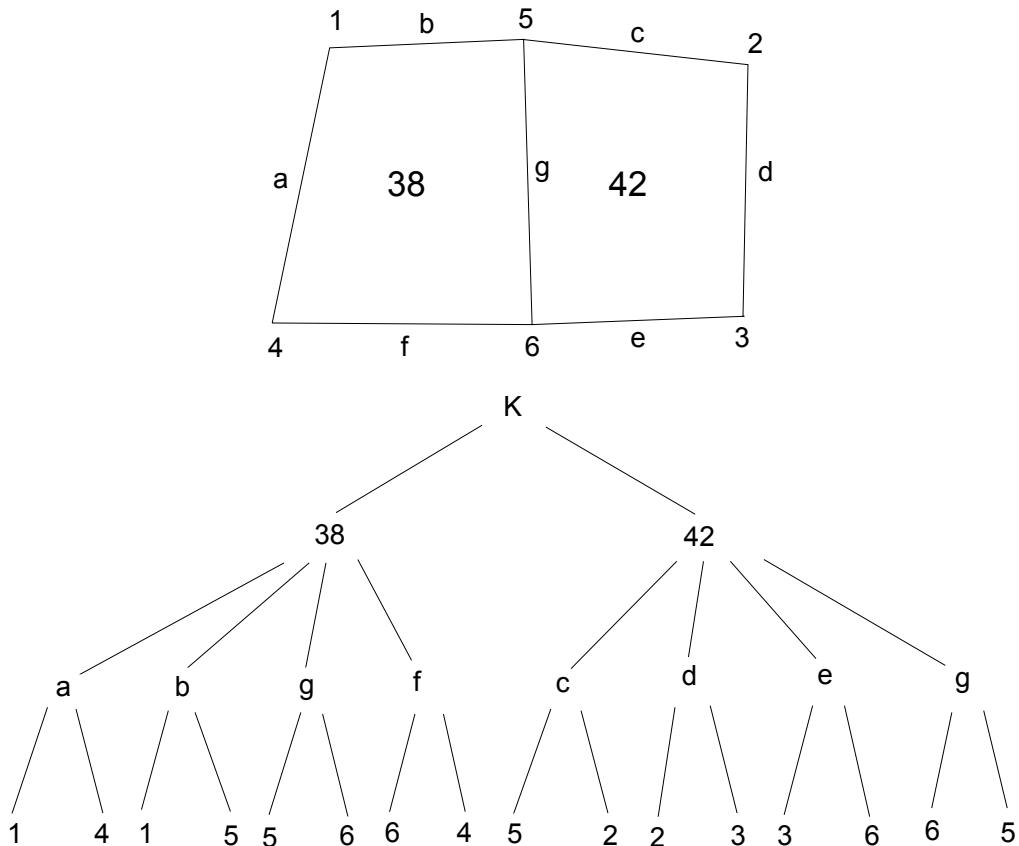
Budući da se poligon prikazuje nizom točaka koji završava početnom točkom, to se u dva susjedna poligona granični luk registrira dva puta.

Špageti model je vrlo neefikasan za većinu prostornih analiza, jer se odnosi koji postoje na originalu mogu iz modela podataka dobiti komplikiranim računanjem.

17.2.2. Hijerarhijski model

Hijerarhijski model jedan je od najstarijih modela. Ima strukturu stabla, a eksplicitno se vide odnosi otac-sin. Poligoni, lukovi i čvorovi hijerarhijski su strukturirani, što omogućuje selektivno dobivanje bilo koje klase (sl. 17.4.). Npr. ako treba ustanoviti da li su dva poligona susjedna, treba samo pretražiti oznake lukova i utvrditi postoji li zajednički luk.

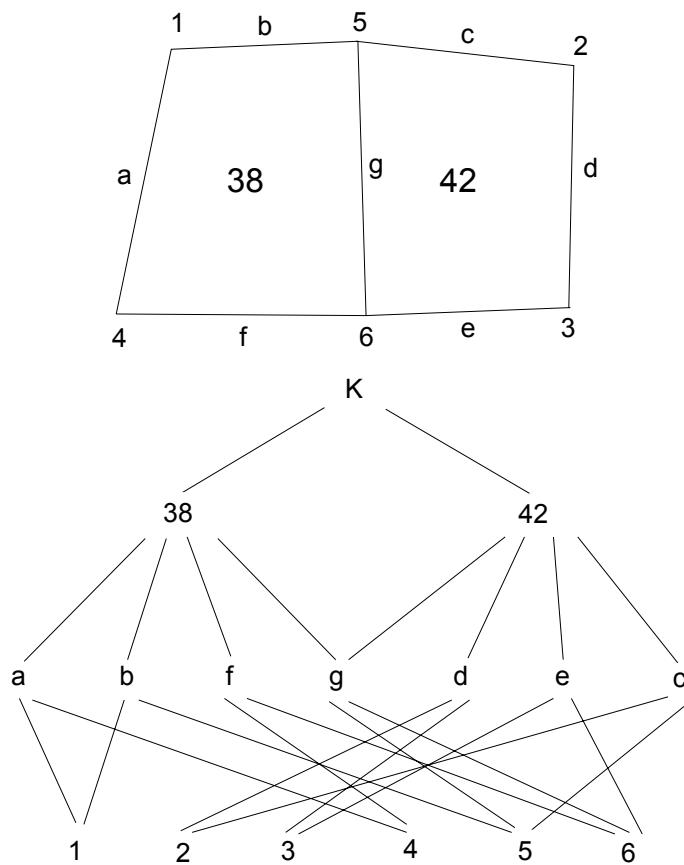
Na području GIS-a ovaj model našao je primjenu u paketu SICAD.



Sl. 17.4. Hiperarhijski model dvaju poligona (Bill 1991)

17.2.3. Mrežni model

Mrežni model karakterizira odnos vlasnik-član. Jedan vlasnik može imati više članova, a pojedini član može biti pridružen većem broju vlasnika (sl. 17.5.). Kod mrežnih modela problematično je proširivanje modela. I ovaj model podataka našao je primjenu za neke operacije u paketu SICAD.



Sl. 17.5. Mrežni model dvaju poligona (Bill 1991)

17.2.4. Relacijski model

U relacijskom modelu podaci su pohranjeni u obliku tabela (sl. 17.6.). Objekte treba pretvoriti u objekte digitalnog modela (DM). Objektom DM smatra se svaka najmanja topološki samostalna geometrijska jedinica, kojoj u tabeli odgovara jedan zapis (redak). Svakom objektu dodjeljuje se tekući identifikator (ID).

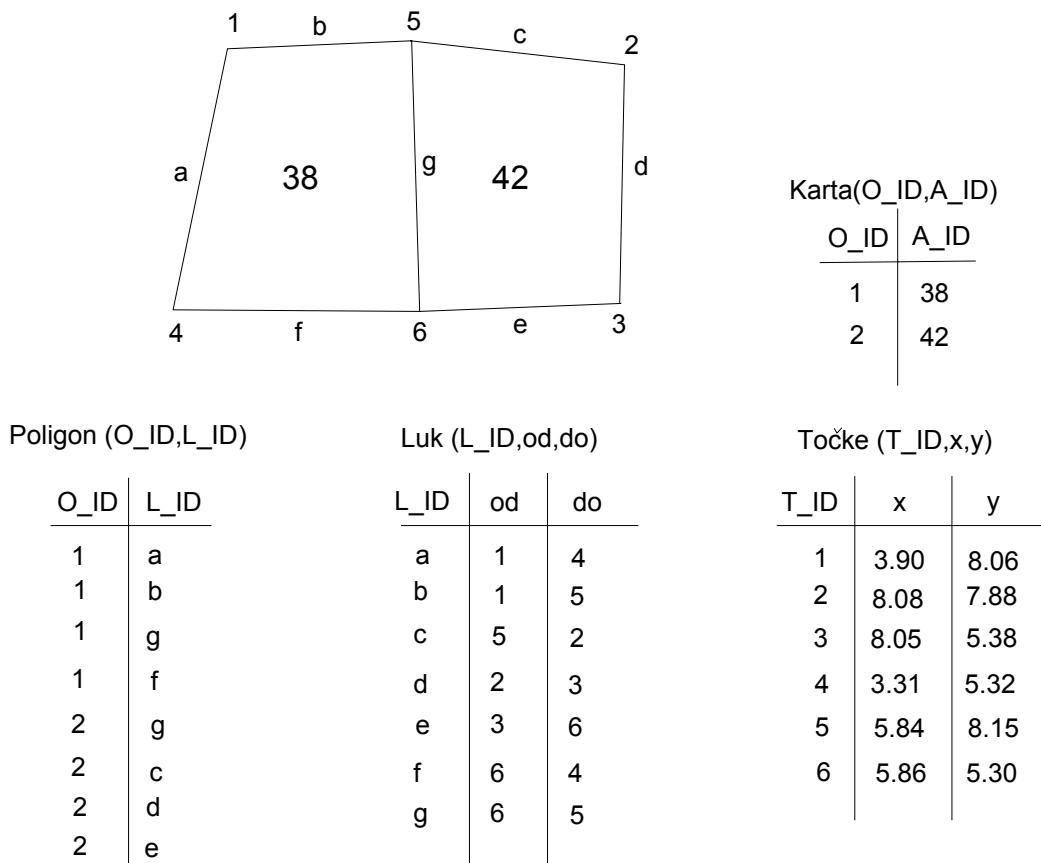
Relacijskim modelom prenosi se matematička teorija relacija na rad s bazom podataka. U radu s relacijskim modelom susrećemo se s ovim pojmovima:

RELACIJA - skup n-torki određen imenom i pridruženim atributima.

n-torka - uređeni skup atributa, koji se u tabelu unose jedan za drugim u jednom retku

ATRIBUT - unos određenog obilježja relacije, u tabeli odgovara jednom stupcu

Mnoge baze podataka (Oracle, dBBase IV itd.) zasnivaju se na relacijskom modelu.



Sl. 17.6. Relacijski model dvaju poligona (Bill 1991)

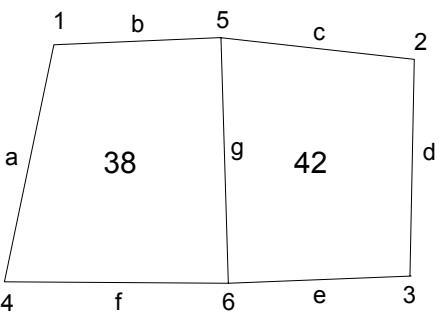
17.2.5. Objektno orijentirani model

Model podataka naziva se strukturno objektno orijentiran kada dopušta konstrukciju složenih objekata (sinonimi su kompleksni, strukturirani, molekularni).

Atributi n-torce ne smiju biti autonomni (kao u relacijskom modelu) nego mogu biti sastavljeni. U takvom sustavu koji podržava složene objekte pomoću posebnih operatora traže se, čitaju, kopiraju i brišu objekti s njihovim podstrukturama ili se kreće kroz strukturu objekta.

Posebna mogućnost u takvim sustavima je ugradnja objekata u neki drugi objekt pa i mogućnost stvaranja zajedničkih objekata (jedan objekt može se ugraditi u više drugih objekata).

Na objektno orijentiranom modelu zasniva se GIS-softver TIGRIS tvrtke Intergraph.



Karta						
ID	poligon					
	P_ID	atribut	L_#	luk		
				L_ID	vrsta	točka
						T_ID x y
1	1	38	4	a	pravac	1 .. .
				4		. . .
				b	pravac	1 .. .
				5		. . .
	2	42	4	d	pravac	2 .. .
			
			

Sl. 17.7. Objektno-orientirani model dvaju poligona (Bill 1991)

Glavna prednost ovog modela podataka u odnosu na relacijski model je što se u njemu složeni međusobni odnosi objekata mogu bolje obuhvatiti.

Objektno orientirani modeli imaju i nedostataku u odnosu na druge modele. Na prvom mjestu to je još uvijek nedostatak standarda, kojeg bi se svi pridržavali. Taj model nema ni kompletno razrađenu teoretsku osnovicu kao što je to relacijska algebra za relacijski model. Osim toga teži je za savladavanje od prethodno spomenutih modela (Berzen, Benning 1997).

18. TEKST NA KARTI

18.1. Uvod

Tekst na karti čine naslov karte i ostala izvanokvirna objašnjenja te u najvećem broju imena (Finka 1984) geografskih objekata i ostale oznake (slova i brojke) unutar okvira karte.

Karta bez teksta ima vrlo ograničenu vrijednost za korisnika. Npr. plan grada bez imena ulica je neupotrebljiv. Imena na karti otkrivaju gdje se nešto nalazi, što je i glavna svrha karte.

Sve do sredine 15. stoljeća karte su se izrađivale i umnožavale tehnikom rukopisa. Pojedini kartografi specijalizirali su se za pisanje, postali su kaligrafi. Oko 1450. godine kao tehnika kartografske reprodukcije javlja se drvorez. Knjigotisak, koji se temelji na Gutembergovom izumu pomicnih slova oko 1440. godine, nije imao značenje za kartografsku reprodukciju osim za izradu imena (Lovrić 1982, Slukan Altić 2003).

Izumom fotoslagačih strojeva početkom 20. stoljeća poboljšana je kvaliteta teksta. Postavljanjem kazaljke na neko slovo ili broj dovodi se u stroju njegova negativna ili pozitivna slika pred optički sustav za preslikavanje i pritiskom na dugme izvrši se preslikavanje. Kao rezultat dobije se negativ ili pozitiv na filmu ili papiru. Imena se potom izrezuju i lijepe na odgovarajuća mjesta (Krajziger 1962).

Digitalni fotoslog još je više ubrzao izradu imena na karti. Tekst se unosi preko tipkovnice računala, kontrolira na ekranu monitora i potom osvjetjava na film. Međutim, i dalje je nužno imena izrezivati, montirati i lijepiti. Veliki je nedostatak lijepljenih imena da se neka mogu odlijepiti, a to je u mnoštvu naljepnica teško primijetiti. Osim toga s vremenom se oko naljepnica nahvata prašina te je pri fotografiranju svako ime omeđeno tankim linijama, što stvara mnogo nepotrebognog retuša.

Na najbolji mogući način riješena je izrada imena na karti u kartografskim informacijskim sustavima uključujući stolnu kartografiju. Imena se na ekranu računala, na podlozi digitaliziranog sadržaja karte, smještaju na prava mjesta i potom osvjetjavaju na film. Razvijeni su već i ekspertni sustavi koji imena pohranjena u bazi podataka prema koordinatama smještaju na odgovarajuća mjesta na karti pronalazeći u blizini objekta na koji se odnose optimalan položaj (Kresse 1994).

18.2. Pismo

18.2.1. *Značajke pisma*

Mesaroš (1971) definira pismo kao sustav dogovorenih grafičkih znakova, prikladan za predočavanje i fiksiranje misli. Pisma se međusobno razlikuju po mnogim značajkama.

Vrste pisma

Razlikujemo pisma sa serifima, malim crticama kojima završavaju slova, i pisma bez serifa. Pisma se razlikuju i prema pismovnom rezu, tj. načinu izvedbe pismovne slike. Razlike mogu biti npr. u debljini temeljnih i spojnih poteza i u širini slova. Pisma bez serifa ujednačene širine poteza nazivaju se groteskna pisma. Pisma obično nose imena koja su im dali njihovi autori. *Times* je primjer pisma sa serifima, a *Univers* pisma bez serifa (sl. 18.1).



Sl. 18.1. a) slova sa serifima; b) slova bez serifa

Terminom *font* označava se skup slovnih znakova istog pismovnog reza i jednake veličine unutar jedne vrste pisma. Za druge pak autore font je skup slovnih znakova koji se razlikuju samo po odnosu debljine uzlaznog i silaznog poteza unutar određene vrste pisma (Žiljak 1990). Na sl. 18.1. prikazan je dio slovnih znakova za tri fonta vrste pisma *Times* i *Univers*.

Preporuka je da se na karti ne upotrebljava suviše različitih pisama. Bolje je upotrebljavati varijante jednog pisma nego različita pisma. Naglašena serifna pisma nisu danas na kartama opravdana. Imala su opravdanja na jednobojnim kartama s velikim udjelom crne boje ili na kartama sa šrafama. Serifi su na takvim kartama olakšavali čitanje. Danas se na kartama daje prednost pismima bez serifa (Morgenstern 1985).

Način pisanja

Prema načinu pisanja razlikujemo *verzal*, kada su sva slova ispisana velikim slovima i *kurent*, tj. ispisivanje malim slovima. Postoji i treća mogućnost u kojoj su sva slova velika, ali je prvo slovo veće od ostalih.

Važno je istaći da je tekst ispisani verzalom duži oko 30% od teksta ispisanih kurentom. Verzal naglašava važnost, ali i traži više slobodnog prostora.

Nagib pisma

Po nagibu razlikujemo uspravna (roman), udesno nagnuta (italic, kurziv) i ulijevo (unazad) nagnuta pisma. Kut nagiba iznosi obično 15° . Unazad nagnuto pismo upotrebljava se na kartama za imena voda. Takav način pisanja ima opravdanje na jednobojnim kartama, da bi se rijeke razlikovale od npr. cesta.

Veličina pisma

Veličina slova označava se u tipografiji točkama. Jedna točka je 0,352 mm (1/72 inča). U označavanju točkama služimo se cijelim brojevima, npr. 5, 7 ili 10 točaka, a ne troznamenkastim brojevima, koji su neizbjegni kad se veličina slova želi izraziti u milimetrima (Žiljak 1990). Veličina pisma u točkama mjeri se od dna silaznog poteza u slovima g, j, p do vrha uzlaznog poteza u slovima b, d, f, h, k, l i t.

U kartografiji se ustalilo označavanje veličine pisma visinom velikih slova u milimetrima. Pritom treba voditi računa da je visina velikih slova u milimetrima manja od visine slova dobivene preračunavanjem iz točaka u milimetre.

Kartografi često određuju veličinu slova za imena naselja u određenoj proporciji s brojem stanovnika. Shortridge (1979) je istraživanjem došla do zaključka da se razlike u veličini slova od 25% i veće mogu sigurno uočiti. Na osnovi toga utvrdila je da se u rasponu od 5,5 do 15 točaka sigurno može upotrijebiti svaki par veličina koji se razlikuje za 2 do 2,5 točke, npr. 5 i 7 kod malih veličina i 8,5 i 11 kod većih.

Boja pisma

Primjena upotrebe boje pisma je plava boja za imena voda na topografskim kartama.

Debljina pisma

Prema debljini pisma, tj. svjetlo-tamnoj slici postoji i do devet gradacija, od kojih navodimo ovdje ekstra svjetlo, svjetlo, normalno, poludebelo i debelo pismo.

Na topografskim kartama upotrebljavaju se najčešće pisma normalne debljine ali i ekstra svjetla (vrlo tanka) pisma.

Širina pisma

Po širini pisma, tj. horizontalnoj deformaciji pisma se također klasificiraju u devet gradacija od kojih navodimo ovdje samo suženo, normalno i prošireno pismo.

U kartografiji najveću primjenu imaju normalna i sužena (uska) pisma.

18.2.2. Računalno podržano oblikovanje pisma (slova)

Rasterski i vektorski pristup, koji danas dominiraju u grafici odlučujući je i u oblikovanju slova.

U rasterskom pristupu svako slovo se sastoji od mnoštva točkica (pixela). Ako takvo slovo jako povećamo, vidjet će se svaka točka, a rubovi postaju nazubljeni. To znači da se svaka veličina slova mora zasebno definirati. Takav pristup zahtijeva veliki utrošak memorije.

U vektorskog pristupa definira se ovojnica slova točkama, pravcima i krivuljama. Na taj način definirano slovo može se slobodno povećavati, ali i izobličiti na razne načine pa je utrošak memorije mnogo manji nego u rasterskom pristupu. To su razlozi da je vektorski pristup danas postao standard u oblikovanju slova. Prije ispisa, npr. laserskim pisačem, treba vektorski oblikovano slova rastrirati. To obavlja raster image processor (RIP) u računalu ili pisaču.

18.3. Baze podataka geografskih imena

U postupku prevođenja karata u digitalni oblik nužno je izraditi i bazu podataka geografskih imena. Kao izvornici obično služe karte krupnih mjerila. U Sloveniji su analizom utvrdili da karte mjerila 1:5 000 i 1: 10 000 sadrže oko 80-90% svih imena pa su te karte izvornici za njihovo prikupljanje. Procjenjuju da je tih imena oko 150 000 (Radovan 1993). Baza podataka geografskih imena u Sjedinjenim Američkim Državama sadrži više od milijun imena (Robinson i dr. 1995).

Za pojedina imena treba registrirati i određene atributе, npr. (Böhme (1980)):

- geografsko ime
- vrstu objekta (npr. grad, rijeka, planina itd.)
- podatak o veličini (broj stanovnika za grad, visina brda)
- položaj (npr. geografske koordinate)
- oznaku lista topografske karte
- pripadnost teritorijalnoj jedinici (općina, županija)
- statističku šifru (npr. za naselje).

18.4. Smještaj imena

18.4.1. Opće postavke

Fundamentalni rad o smještaju imena na karti objavio je Imhof (1962). Preporuke koje se ovdje daju u najvećoj se mjeri oslanjaju na taj rad.

Pri smještaju imena na kartu treba voditi računa o ovim činjenicama:

- a) Imena na karti nalaze se u okruženju ostalog sadržaja karte, ali i pored toga moraju biti lako čitljiva i međusobno uočljivo različita.
- b) Mora biti lako uočljivo na koje se objekte imena odnose.
- c) Treba izbjegavati da imena presijecaju ili prekrivaju elemente ostalog sadržaja karte.

d) Imena trebaju pomoći u uočavanju položaja, pružanja i važnosti pojedinih objekata.

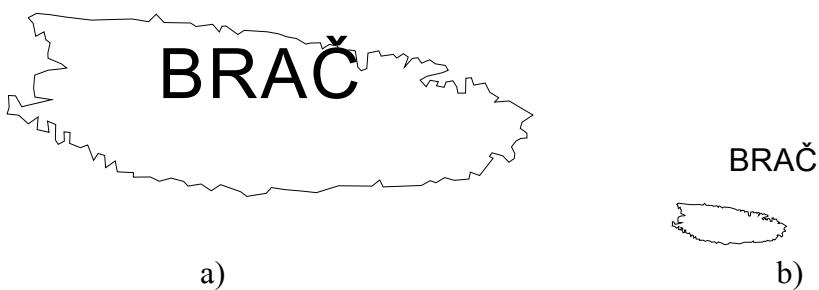
18.4.2. Tri vrste smještaja imena

Razlikujemo tri vrste smještaja imena:

- a) položajni smještaj za objekte i pojmove koji se prikazuju točkom,
- b) linearni smještaj za objekte i pojmove s linearnim pružanjem,
- c) površinski ili arealni smještaj za objekte i pojmove s površinskim rasprostiranjem.

Položajni smještaj odnosi se i na objekte kod kojih se ime ne može smjestiti unutar objekta, npr. naselja prikazanog konturom ili znakovima za zgrade. Kod linearnog smještaja ime se prilagođava pružanju objekta. Kod površinskog smještaja ime se postavlja unutar objekta i svojim položajem i pružanjem treba što je moguće više ukazivati na oblik i rasprostiranje objekta.

Da li ćemo za ime nekog objekta primijeniti položajni ili površinski smještaj ovisi i o mjerilu karte. Npr. na karti krupnog mjerila možemo za ime otoka primijeniti površinski smještaj, a u sitnjem mjerilu položajni (sl. 18.2).



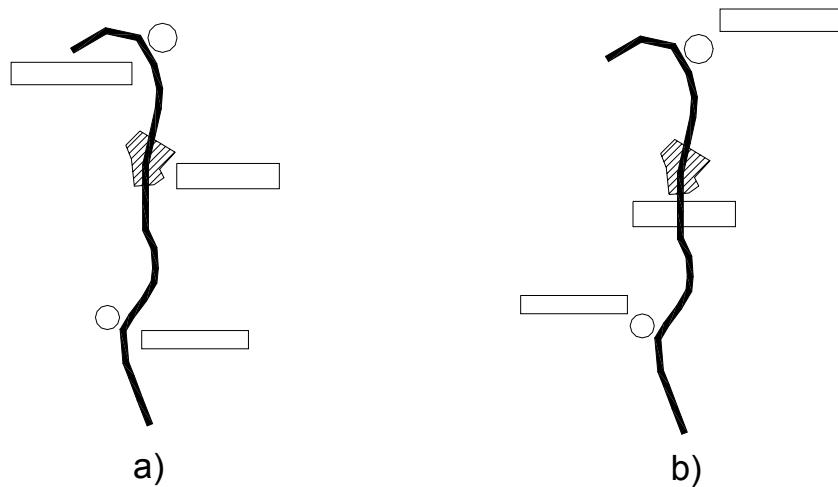
Sl. 18.2. a) površinski smještaj; b) položajni smještaj

Položajni smještaj

Ako na karti ima slobodnog prostora, najbolje je ime smjestiti desno i malo iznad znaka. Ako treba birati između položaja iznad ili ispod znaka, bolje je smjestiti ime iznad znaka. Nepovoljan je položaj znaka i imena u istom redu, jer ide na uštrb čitljivosti. Ako nema druge mogućnosti, onda je bolje smjestiti ime desno od znaka nego lijevo. Istražujući koliko se kartografi drže tih pravila Kresse (1994) je utvrdio da na smještaj imena odlučujuće utječe slobodan prostor tako da ime što manje siječe ili pokriva ostali sadržaj.

Imena treba smjestiti horizontalno, a na kartama s mrežom meridijana i paralela paralelno s linijama paralela.

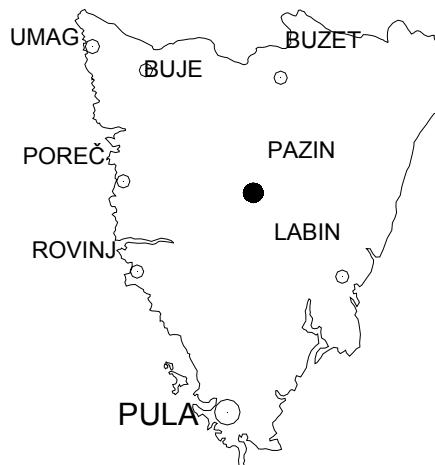
Položaj imena ovisi i o položaju objekta u odnosu na druge objekte. Npr. ako je naselje desno ili lijevo od rijeke ili neke granice treba i ime smjestiti s iste strane. Za naselja s obje strane rijeke, čiji je tok u smjeru sjever-jug, uputno je i ime tako smjestiti (sl. 18.3).



Sl. 18.3. Položaj imena u odnosu na rijeku: a) loše; b) dobro

Za naselja uz obale mora i jezera radi bolje čitljivosti preporučuje se imena za naselja na samoj obali smjestiti potpuno na površinu mora ili jezera, a imena za naselja u blizini obale na površinu kopna (sl. 18.4). Samo ako nema druge mogućnosti, može se ime za naselje na obali smjestiti tako da siječe obalnu crtu.

Za planinske vrhunce preporučuje se, također, položajni smještaj iako se na kartama susreće i pisanje u obliku luka, čije je središte točka vrha.



Sl. 18.4. Smještaj imena naselja na obali mora

Linearni smještaj

Linearni smještaj upotrebljava se za imena rijeka, cesta, željezničkih pruga, brodskih i zrakoplovnih linija. Ime se smješta uz liniju i prilagođava se njenom pružanju. Pritom treba izbjegavati vrlo krivudava mjesta. Ime se ne smije potpuno priljubiti uz objekt niti biti suviše udaljeno. Treba birati približno horizontalno pružanje. Nije uputno slova suviše razmagnuti, jer se time otežava čitljivost. Bolje je ime više puta ponoviti.

Površinski smještaj

Površinski smještaj imena upotrebljava se za imena rudina, šuma, brda, gora, planina, jezera, mora, otoka, skupina otoka, poluotoka, teritorijalnih jedinica (npr. županija, država), regija i sl. Područje mora biti toliko veliko da se ime može u njega smjestiti. Bez obzira je li područje na koje se ime odnosi ograničeno vidljivom prirodnom granicom (jezera, otoci, šume) ili nije (brda, predjeli i sl.) mora se pri smještaju imena voditi računa o njihovom protezanju. Kod objekata koji nemaju prirodne granice, uputno je granicu privremeno ucrtati da bi se smještaj imena što bolje prilagodio pružanju objekata. Ime treba protegnuti uzduž osi pružanja objekta do njegovih rubova, ali tako da sa svake strane ostane međuprostor od najmanje 1,5 slova. Ako oblik područja dopušta, preporučuje se horizontalan smještaj imena. Preporučuje se koso položena imena pisati ne pravocrtno već u luku konstantnog polumjera i duljini ne većoj od 60° . Koso položena imena treba pisati u smjeru lijevo dolje-desno gore i lijevo gore-desno dolje. Okomito položena imena u lijevom dijelu karte treba pisati odozdo prema gore, a imena uz desni rub karte odozgo prema dolje.

18.4.3. Računalno podržan smještaj imena

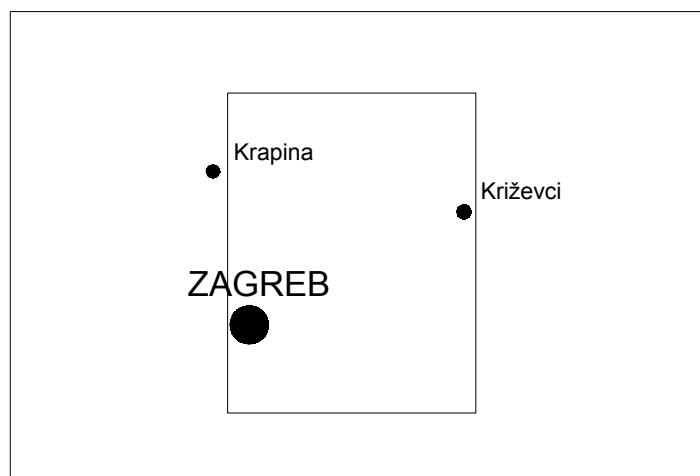
Poluautomatske metode

Suvremeni softverski paketi iz područja stolnog izdavaštva, stolne kartografije, geografskih informacijskih sustava i kartografskih informacijskih sustava raspolažu vektorski definiranim pismima. Može se izabrati vrsta i veličina pisma i interaktivno na ekrantu monitora, na podlozi ostalog sadržaja, smještati na odgovarajuća mjesta karte. Potom se čitava karta zajedno s tekstrom može iscrtati npr. tintnim pisačem u boji ili po slojevima osvijetliti na film.

Automatske metode

Cilj kartografa je potpuno automatski smještaj imena. To je ekstremno težak zadatak. Razlog je što dobar smještaj imena zahtijeva donošenje mnogobrojnih odluka što uključuje prostornu sintezu i prosudbu.

Za automatski smještaj imena na karti koristimo se bazom geografskih imena sastavljenom obično za čitavo područje neke države. Pretpostavimo da su imena smještena optimalno u odnosu na sve slojeve. Ako sada želimo izraditi kartu nekog manjeg područja, dogodit će se da je ime naselja ostalo izvan okvira karte ili da je unutar okvira ime naselja čiji je znak izvan okvira. Neka pak imena treba pomaknuti, jer ih okvir karte siječe (sl.18.5). Osim toga imena su na izvornoj karti smještena optimalno u odnosu na kompletan sadržaj karte tj. sve slojeve. Ako u kartu koju radimo ne uključimo sve slojeve, mnoga imena trebat će pomaknuti na prikladnija mjesta, koja su se otvorila izostavljanjem nekih slojeva. Prema tome smještaj naziva može se rješavati tek kad se utvrdi okvir karte, slojevi koje će karta sadržavati i mjerilo karte.



Sl. 18.5. Odnos položaja imena u bazi podataka i okvira karte

Yoeli (1972) je učinio prve pokušaje u računalskom automatskom smještaju imena na karti. Fischer (1982) prvi uzima u obzir i grafiku karte pomoću odgovarajuće rasterske datoteke. Također prvi daje rješenja za izbjegavanje preklapanja imena. Prvi ekspertni sustav za smještaj imena na karti izradili su Freeman i Ahn (1984).

Freeman (1991) navodi da je najveći izazov smještaj imena za površinske objekte, jer moraju biti prilagođena pružanju objekta. Mnogo je lakše smjestiti imena točkastih objekata, jer je glavni zahtjev da budu smještena blizu objekta. Najveći stupanj slobode postoji za linijske objekte. Iz toga slijedi da sustavi za automatski smještaj imena prvo treba da smjeste imena za površinske objekte, zatim točkaste i na kraju linijske objekte.

Kresse (1994) je u okviru svoje doktorske disertacije razradio koncepciju automatskog smještaja imena na karti. Istraživanjem je utvrdio redoslijed objekata po važnosti koje imena ne pokrivaju ili presijecaju. Na vrhu liste su velike rijeke, autoceste, trigonometrijske točke, važne zgrade, glavne željezničke pruge, a pri dnu liste potok, poljski put, sjene u prikazu reljefa i izohipse. Grafiku karte preslikava u rastersku matricu (bitmapu) pri čemu svaki piksel dobiva broj (težinu) prema prethodno utvrđenoj važnosti sadržaja karte. U procesu smještanja imena su reprezentirana pravokutnicima opisanim oko

njih. Smještaj se izvodi u dvije faze. U prvoj fazi svako ime se smješta kao da je jedino na karti. Potom se ispituju moguće pozicije i ovisno o sadržaju karte koji se na njima nalazi dobivaju težine. U drugoj fazi traži se metodom linearнog programiranja optimalan položaj za sva imena zajedno, da se onemogući preklapanje imena.

Svi dosadašnji pokušaji automatskog smještaja imena na kartama nisu dali potpuno prihvatljiva rješenja. Impresivni rezultati postignuti su na grafički jednostavnijim kartama srednje gustoće. Stoga danas u praksi prevladavaju poluautomatske metode. Računalni sustav smješta imena na osnovi određenog broja ugrađenih pravila. Koristeći se tom prvom aproksimacijom kartograf pomiče imena da bi izbjegao neka preklapanja i omogućio dobru čitljivost.

19. KARTOGRAFIJA, GIS I INTERNET

19.1. Internet

Računalnu mrežu čine najmanje dva računala koja su međusobno spojena kako bi mogla prenositi podatake. Međunarodna mreža računala sastoji se od raznih tipova mreža i po standardima koje upotrebljavaju i po samoj namjeni.

Internet je međunarodna računalna mreža koja uz veliki broj računala čini i opći skup podataka, informacijskih procesa i ljudi koji te podatke daju ili ih upotrebljavaju. Sačinjen je od mnogo nacionalnih mreža, pruža neizmjeran opći potencijal obavijesti, znanja, načina komunikacije i suradnju ljudi iz svih krajeva svijeta (Meter i dr., 1995).

Internet se može promatrati kao skup osnovnih komunikacijskih protokola, kao fizička zbirka raznog hardvera, na primjer usmjernika i drugog mrežnog hardvera, ili čak i kao zasebna ideja o povezivanju ljudi i komuniciranju. U tehničkom pogledu, Internet je mreža svih nacionalnih, akademskih, znanstvenih, komercijalnih i drugih svjetskih mreža. Tako povezan, Internet omogućava pojedincima iz svih tih mreža da međusobno komuniciraju i prenose informacije (Sušan i Petrić, 1996).

Američka agencija DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) je 1969. započela istraživački projekt za razvoj tehnike i tehnologije radi povezivanja različitih tipova računalnih mreža nazvan *Internettng Project*, a sustav mreža ARPANET. Cilj je bio razviti djelotvoran protokol koji bi omogućio umreženim računalima komunikaciju bez teškoća, neovisno o kojem se tipu mreže radi. Razvijen je protokol za povezivanje i komunikaciju različitih tipova računala i mreža, a zove se TCP/IC (*Transmission Control Protocol and Internet Protocol*). Premda je ovaj standard razvijen još sredinom sedamdesetih, sve do 1983. nije postao standardom ARPANET-a. Kako su potrebe američkog Ministarstva obrane narasle, ARPANET je podijeljen u dvije mreže, jedna je bila MILNET (*Military Network*), a služila je samo za povezivanje računala namijenjenih vojnim potrebama SAD-a, dok je preostala mreža zadržala naziv ARPANET. Razlog odvajanja bila je potreba za većom sigurnošću računala spojenih u MILNET. Početkom osamdesetih postao je ARPANET poznat pod nazivom Internet.

Broj računala povezanih na Internet rastao je iz dana u dan. U početku je Internet povezivao vrlo malo računala za vojne i istraživačke namjene, zatim je sve više i više sveučilišta postalo članicama Interneta, zatim je vlada SAD povezala većinu svojih institucija, da bi u kasnim osamdesetim bio omogućen pristup Internetu i raznim komercijalnim organizacijama (Meter i dr., 1995).

Computer Industry Almanac je izvjestio da je u 2000. godini bilo na svijetu 327 milijuna korisnika Interneta. Prema njihovim procjenama u 2002. bit će ih 490 milijuna, a 720 milijuna u 2005. Danas već u 25 država više od 10% stanovnika ima pristup Internetu. Upotreba Interneta povećavat će se još i brže zahvaljujući mobilnoj telefoniji. Wireless Application Protocol (WAP) omogućuje pristup Internetu preko mobitela s malim ekranom. Procjenjuje se da će za nekoliko godina više ljudi pristupati Internetu preko mobitela nego preko umreženih računala. U Japanu se to već dogodilo (Peterson 2000).

19.1.1. World Wide Web

Mreža Internet najviše se razvila krajem 1992. Tome je u najvećoj mjeri pridonio globalni informacijski sustav, nazvan World Wide Web (WWW ili web). Taj sustav upotrebljava hipertekst i multimedijске tehnike, što u znatnoj mjeri olakšava pristup krajnjih korisnika informacijskih sustava (Debevc, 1996).

Web je jedna od najzanimljivijih mrežnih usluga. Omogućava svakome tko ima pristup Internetu da svoje podatke predoči drugima na zanimljiv i oku ugodan način ili da na jednostavan način pristupi podacima koje netko drugi nudi.

Kao i većina drugih Internet usluga i web se temelji na korisničko-poslužiteljskom modelu, pri čemu se korisnički programi za web nazivaju preglednici (*browseri*), s kojima se može "listati" hipertekst.

Datoteke s kojima se web-poslužitelj služi nisu obične tekstualne datoteke, već se radi o datotekama pisanim u HTML-u, metajeziku koji je napravljen za web. Ono što je učinilo web popularnim bilo je njegovo grafičko sučelje (Meter i dr., 1995).

Web omogućava svakom korisniku Interneta da pristupi bilo kojem podatku spremljenom na mreži bez poznavanja načina na koji se ti podaci prenose i spremaju. Hipermajalni temelji weba proširuju potencijale Interneta, te čovjeku koji se ne bavi računalima pružaju mogućnost da na jednostavan način uz vrlo male troškove pribavlja i objavljuje informacije, mišljenja, multimedijalne zapise i druge materijale pred milijunskom publikom diljem svijeta.

Da bi se web bolje razumio, potrebno je što bolje shvatiti što je to hipertekst, odnosno hipermajija. Hipertekst organizira informacije kao isprepletenu mrežu međusobno povezanih tekstova. Hipermajija je pojam koji se odnosi na hipertekstualne dokumente koji pored teksta sadrže i multimedijalne objekte (slike, zvučni i videozapisi). HTML kroz široku paletu raznih naredbi omogućava da se u web-stranicama upotrijebe svi tipovi medijalnih objekata, pa je to i jedan od jačih argumenata zbog kojih se kaže da web počiva na hipermajalnim temeljima (Petrić, 1995).

Jezik za izradu web-stranica je HTML (HyperText Markup Language) koji uz pomoć jednostavnih kodova opisuje grafički izgled hipertekstualnog dokumenta, namijenjenog objavljivanju na Internetu putem web-servisa. Osim što određuje kako će se tekst i slike smještati na dokumentima, HTML definira i način na koji će se različiti dokumenti međusobno povezivati hipertekstualnim vezama (*linkovima*).

To nije programski jezik, niti su HTML-dokumenti pravi računalni programi. Gotovi računalni programi, često sastavljeni od izvršne datoteke i još par datoteka u kojima se čuvaju potrebni podaci, zapravo su nizovi naredbi koje se u pravilu primjenjuju na informacije koje unosi sam korisnik. Jezik HTML je skup gramatičkih i sintaktičkih pravila koja preglednicima za web kazuje na koji način da interpretiraju učitani dokument.

Pravila jezika HTML zasnivaju se na već postojećem standardu za opis tekstualnih dokumenata poznatijem po imenu SGML (Standard Generalized Markup Language), koji se dosta upotrebljavao prije pojave weba (Petrić, 1995).

HTML pomoću kojega se mogu pisati hipertekstualne datoteke ima brojne mogućnosti za formatiranje teksta, kao bilo koji program za obradu teksta. Osim samog teksta, unutar dokumenta mogu biti uključene i slike, tablice ili pak obrasci zahvaljujući kojima je moguć interaktivni rad (Meter i dr., 1995).

HTML je jezik za izradu dokumenata koji se učitani u HTML (web) preglednik prikazuje kao formatirana web-stranica. HTML se gotovo isključivo upotrebljava za izradu web-stranica na Internetu, premda njegova upotrebljivost time nije ograničena. Može se upotrebljavati za distribuciju bilo kakvih dokumenata u kojima su potrebna načela hiperteksta (Maštruk, 1996).

Izraz hipertekst (*hypertext*) za razliku od klasičnog teksta predstavlja tekst koji uz uobičajeni tekst sadrži i posebne pokazivače na druge tekstove. Pri tome nije neophodno da se svi tekstovi nalaze na istom računalu, već da mogu biti dostupni na drugom računalu koje se nalazi bilo gdje u svijetu. Pored tekstova pokazivači mogu pokazivati i na različite slike, video snimke i zvučne efekte što se naziva hipermedija (*hypermedia*) (Debevc, 1996).

Da bi se pristupilo nekom dokumentu na Internetu, potrebno je znati način pristupa do dokumenta, ime računala na kojem se nalazi, direktorij u kojem je pohranjen i samo ime dokumenta. Te podatke sadrži URL-adresa. URL je skraćenica od Uniform Resource Locator (Sušanj, Petric 1996) (vidi § 19.4 i § 21).

19.2. Kartografija i Internet

Green (1997) ukratko istražuje Internet u vezi s kartama i kartografijom. Prema njemu postoji mnogo mogućih načina upotrebe Interneta u kartografiji. Tablica 19.1. prikazuje neke od načina u kojima su kartografske informacije već dostupne preko Interneta. Neke su textualne, a druge u obliku karata.

Tablica 19.1. Neke upotrebe Interneta u vezi s kartografijom

Elektroničko objavlјivanje:	sažeci, časopisi, textualni dokumenti (članci, priručnici), recenzije knjiga, rječnici
Reklamiranje:	službe, izvori, događaji, softver, zapošljavanje, arhive, popisi adresa, konferencije, seminari i izložbe, vijesti
Obrazovanje:	moduli s uputama, udžbenici, istraživanja, pojedinosti o tečajevima, članci, bibliografije
Trgovina	npr. tvrtke koje prodaju karte
Organizacije:	npr. nacionalne kartografske organizacije
Baze podataka:	tekst, slika, arhiv
Često postavljana pitanja:	rješenja problema
Bilten:	izlaganje informacija za široku publiku
Veze:	Daljinska istraživanja/GIS/Kartografija/GPS
Softver:	demonstracijski i besplatni programi (shareware)
Interaktivne stranice:	kartografija, obrada slika
Informacijski sustavi:	npr. upotreba različitih mjerila karte kao sučelja za zumiranje

Karte se često primjenjuju kao sučelja za druge informacije na webu. Mogu biti upotrijebljene samo kao vizualni putokaz, kao način priopćavanja informacija ili kao primjer mnogim različitim vrstama dostupnih karata. Kako se razvija tehnologija Interneta, tako će se razvijati i načini na koje se karte mogu isporučiti i upotrijebiti; npr. upotreba animacije i interaktivno uključivanje i isključivanje slojeva karte pružaju dinamičnije mogućnosti za prikazivanje karata u rasterskom i vektorskom obliku te interakcije korisnika (vidi također Tunjić 1998).

Web-karte mogu biti statičke i dinamičke. Obje skupine uključuju karte koje se mogu samo pregledavati (view only) i interaktivne karte. Većina karata na webu danas su još uvijek statičke i nisu interaktivne. To su npr. skanirane karte postavljene na web. Neke vrlo stare i teško dostupne karte postaju na taj način dostupne mnogima. Statičke karte mogu biti i interaktivne. "Klikom" na pojedino mjesto izazivaju se određene operacije, npr. pridruživanje dodatnih informacija, zumiranje i sl.

Web ima nekoliko mogućnosti za prikaz dinamičkih procesa putem animacije. Tipičan je primjer globus koji se okreće ili kretanje oblaka na meteorološkim kartama.

Najveća prednost web-karata iz perspektive korisnika je njihova dostupnost i aktualnost. Dostupnost je 24 sata na dan bez ikakvih ograničenja. Problem aktualnosti karata ostaje i upotrebom CD-ROM-a. Tek web donosi bitan napredak. Primjer su meteorološke karte, također i autokarte, tj. stanje cesta u izgradnji.

Dostupnost i aktualnost, dvije glavne prednosti web-karata, nisu uvijek potpuno ispunjene. Neke web-stranice nisu redovito održavane pa korisnici gube povjerenje u te stranice. Mnogo je važnije da u praksi postoje i ograničenja u dostupnosti: pronalaženje web-karata, jezik, dostupnost svima, web-karte i geopodaci uz naplatu, dostupnost Interneta, brzina prijenosa podataka. Što se tiče jezika treba reći da je engleski dominantan. Ali tek 10% svjetskog stanovništva služi se tim jezikom, a 22% je nepismeno. Nadalje, napišemo li neko geografsko ime krivo nećemo pronaći traženu kartu ili geopodatke. Ekonomski činioci glavni su razlozi ograničenja u pristupu na web. Podaci dostupni bez naplate nisu uvijek najkvalitetniji. Ograničavajući faktor su i troškovi pristupa Internetu. Uvjeti su snažno računalo, modem, softver, telefonski troškovi. Najveći problem za korisnika je brzina prijenosa podataka.

Internet dobiva sve veću važnost u svjetskoj ekonomiji. Procjenjuje se da je više od 50% povećanja bruto domaćeg proizvoda (GDP) Sjedinjenih Američkih Država u 1999. postignuto zahvaljujući Internetu. Za web-kartografiju ne postoje tako precizni podaci. Sigurno je, međutim, da će taj dio internetske ekonomije naći odraza i u kartografiji. Web nije samo sredstvo za oglašavanje tradicionalnih kartografskih proizvoda, npr. karata na papiru i CD-ROM-u te kartografskog softvera. Kreiranje karata na web-stranicama postaje nova specijalizacija kartografa i kartografskih tvrtki, čiji proizvodi i usluge moraju postati dostupni i preko weba. Da bi preživjele, kartografske tvrtke i organizacije morat će se prilagođivati pravilima internetske ekonomije, a to neće uvijek biti lako.

Sadržaj karte ovisi u velikoj mjeri o mjerilu. U načelu karte na zaslonu (ekranu) monitora, pa prema tome i web-karte imaju promjenljivo mjerilo, jer se mogu povećavati i smanjivati (zumiranje). Kartografi mogu u kreiranju karata primijeniti tri vrste zumiranja.

Pri *statičkom linearnom zumiranju* slika se linearno povećava, ali sadržaj ostaje isti. Karta je spremljena kao slika. Ako je grafika vektorska, slika je jednako oštra, a ako je rasterska postaju vidljivi pikseli.

U *statičkom stupnjevitom zumiranju* dostupna je serija karata istog područja, svaka oblikovana za drugo mjerilo. Pri zumiranju softver automatski bira najprikladniju kartu za traženo mjerilo.

U *dinamičkom zumiranju* postoji izravna veza između mjerila i sadržaja karte. Što je mjerilo krupnije, prikazuje se više detalja na karti. Potrebna je izravna veza slike i baze podataka. Kartografska generalizacija i simbolizacija najčešće se mijenja s mjerilom. Naselje u sitnome mjerilu prikazuje se kružićem, a u krupnjem konturom naselja (Kraak, Brown 2001).

Kad se govori o kartografiji i Internetu treba spomenuti i pristup Internetu preko mobitela. Upotreba Internata preko mobitela sigurno će biti usmjerena na najnovije vijesti, vrijeme i sport. Najvjerojatnije će se i karte prikazivati na malim ekranima mobitela. Pritom će glavni izazov biti uspostava WAP specifičnog kartografskog poslužitelja, koji će nuditi karte u formatu prikladnom za male ekrane mobitela (Peterson 2000).

19.2.1. Multimedejska kartografija

Multimedija je interakcija s više oblika medija podržana računalom. Računalo je alat multimedije ali i nezin medij. Web je dramatično povećao broj korisnika i upotrebu produkata interaktivne multimedije.

Do približno sredine 1980-ih računala su se upotrebljavala kao pomoć u izradi karata na papiru. Napredak u pohrani podataka (CD-ROM, DVD) i Internet (web) omogućili su pod kraj 1980-ih i tokom 1990-ih ulazak kartografije u eru multimedije.

Multimedejska kartografija zasniva se na pet načela (Peterson 1999). Prvo od tih načela govori da se karte na papiru ne mogu takmičiti s interaktivnim medijima u bitnom svojstvu kartografije – *prikazu i komunikaciji prostornog i dinamičkog svijeta*.

Druge načelo vezano je uz *distribuciju karata*. Izum tiskarstva omogućio je da karte dopru do mnogo većeg broja ljudi nego prije toga. Analogno tome danas su računalne mreže ubrzale distribuciju karata još znatno više. Internet, a posebno web redefinirao je način izrade i upotrebe karata. Tendencija je prema interaktivnim kartama koje omogućuju korisniku mijenjanje perspektive, projekcije i stupnja detaljnosti. Karte su osim toga suvremenije. Npr. meteorološke karte mijenjaju se svakih nekoliko sati.

Treće načelo zasniva se na *problemima vezanim uz upotrebu karata*. Mnogo ljudi ima teškoća u upotrebi karata i stoga imaju vrlo lošu predodžbu krajolika koji ih okružuje. Rješenje bi mogla pružiti interaktivna multimedija. Korisnik karte nije više ograničen na samo jedan "pogled" koji nudi klasična karta već može isprobati razne alternativne prikaze koji će mu pomoći da stvori bolju sliku krajolika.

Četvrto načelo vezano je uz *suštinsku vrijednost multimedije* i uvjerenje da multimedija vodi do poboljšanog prijenosa informacija i znanja. Postoje istraživanja koja potvrđuju ali i osporavaju te tvrdnje.

Peto načelo govori o *općoj moralnoj obavezi kartografa* da prostorne informacije na efektivan način prosljeđuje do što većeg broja korisnika.

Kartografija je u procesu promjene. Nužno je promijeniti i neke ustaljene definicije. Npr. trebalo bi redefinirati i pojam karte tako da se odnosi na interaktivni kartografski prikaz. Ako korisnik ne može kontrolirati proces izrade karte, onda to nije karta. Ako nema mogućnosti interakcije, to također nije karta. Karta nije ni prikaz, koji ne omogućuje animaciju. Ono što mi danas nazivamo kartom to su samo statički elementi karte.

Interaktivne karte, čiji se sadržaj mijenja na korisnikov zahtjev, općenito su dostupne na webu. Uskoro će ta interaktivnost imati mnogo veće mogućnosti:

- dinamički smještaj imena objekata na optimalna mesta
- generiranje pravokutne mreže ili mreže meridijana i paralela na karti koju stvaramo
- umetanje detaljne karte u kartu sitnjeg mjerila
- stvaranje datoteke za kvalitetan tisk, na osnovi dinamički kreirane karte, direktno iz web-preglednika.

Kakva je u svemu tome uloga kartografa? Kartografi moraju, naravno, identificirati najprikladnije tehnologije za pripremu i distribuciju kvalitetnih karata na webu i investirati u njih. Oblikovanje karata za web je proširenje djelatnosti kartografa, koje zahtijeva nove načine oblikovanja. Kartografi se moraju intenzivno posvetiti tome novom poslu ako ne žele taj važan dio tržišta prepustiti stručnjacima drugih struka. Kroz izradu digitalnih karata kartografi su već stekli većinu potrebnih znanja. Dodatno su im još potrebna znanja (Wilfert 1998):

- u oblikovanju dokumenata s HTML-om
- u izradi digitalnih dokumenata prilagođenih prikazu na zaslonu monitora
- o audio- i videotehnici
- programiranju, npr. u Javi.

Evolucija sustava plaćanja preko Interneta omogućit će i sve veću primjenu karata u raznim područjima. Dok se novo tržište ne ustali, proći će neko vrijeme, ali će njegov rast biti ubrzan ako ga struktura cijena bude podržavala. Cijene naručenih karata mogu se temeljiti na sadržaju karte i njenoj veličini. Web-kartografija prema narudžbama korisnika velika je prilika da različite industrijske skupine zajednički rade vrlo profitabilno (Willcox 1999).

Za izradu karata na webu postoji na tržištu veći broj softverskih paketa. Neki od najpoznatijih jesu (Limp 1999):

- ArcView IMS (ESRI Inc.)
- GeoMedia Web Map (Intergraph Corp.)
- MapGuide 4 (Autodesk Inc.)
- Smallworld Web (Smallworld).

19.3. GIS i Internet

Web-GIS je relativno novi pojam. Označava primjenu tehnologije Interneta s njegovim normama u prijenosu i prikazu podataka u GIS-u. Korisnost određenog GIS-projekta znatno će se povećati ako što veći broj korisnika ima jednostavan pristup podacima GIS-a pri čemu se ti podaci mogu spajati s podacima iz drugih sustava, analizirati i prikazati. U tu svrhu ujedinile su se praktički sve tvrtke prisutne na tržištu GIS-a i osnovale OpenGIS-Consortium (OGC) (URL 14) (Kurzwernhart 1999).

Članice OGC-a nedavno su predložile i prikazale značajno otvoreno sučelje koje bi moglo izazvati revoluciju u upotrebi geoprostornih informacija na webu. Radi se o rezultatu projekta o

mogućnosti zajedničkog rada više različitih sustava ili uređaja na mreži pod nazivom Testiranje kartografije na webu (Interoperability program *Web Mapping Testsbed – WMT*). Činjenica je da tisuće web stranica sadrže slikovne prikaze ili karte Zemlje, ali ne funkcioniraju zajedno. Zamislimo upotrebu preglednika za web koji ima bezograničan pristup i s kojim se može pregledavati i istraživati velik, šarolik i široko distribuiran sadržaj geoprostornih podataka. To je cilj projekta WMT OGC-a. Dugo vremena izolirane za primjene na stolnim računalima ili uredskim poslužiteljima (serverima), geoprostorne tehnologije danas se transformiraju kako bi bile što bolje prilagođene webu. Geoosposobljene (Geo-enabled) web usluge uskoro će integrirati prostor i vrijeme pri odlučivanju, učenju i istraživanjima. Te će usluge davati više od samih karata, ali karte će biti važan početak. Projekt WMT temelji se na polaznoj definiciji karte kao filtriranog podskupa geoprostornih podataka u skladu s položajem, mjerilom i namjenom, a prikazanog kartografskim znakovima. Prema Willcoxu (1999), rezultat će se pokazati fundamentalnim pri distribuciji karata izabranog i bogatog sadržaja. Prema prijedlogu OGC-a, sadržaj pojedine karte može, teoretski, biti neograničen. Stoviše, podaci se mogu prikupljati iz izvora različitih tehnologija i objedinjavati u istu kartu prema korisnikovim potrebama. Internet je kartografska baza podataka. To je presudna pretpostavka jer omogućuje korisnicima da bez specijalnog softvera lako nađu i kombiniraju različite slojeve karte jednog te istog geografskog područja, bez obzira na vlasničke razlike u spremljenim podacima, analizama i prikazima.

19.4. Web-stranice s kartografskim sadržajima

Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ima svoje stranice na Internetu u sklopu web-stranica Geodetskog fakulteta (URL 1). Stranice sadrže sljedeće odjeljke: povijest, djelatnici, nastava, projekti, publikacije, hardver, softver.

U komunikaciji državnih geodetsko-kartografskih organizacija (DGKO) (National Mapping Agencies) s korisnicima njihovih usluga web ima posebno važnu ulogu. Kraak i Brown (2001) navode sadržaje koje bi web-stranice DGKO trebale sadržavati:

- organizacijske informacije
- informacije o analognim proizvodima: opisne informacije, uzorci karata koji se mogu učitati (download), pregledni listovi (samo pregledni ili interaktivni), informacije o cijenama; je li moguće direktno naručivanje?
- informacije o digitalnim proizvodima: opisne informacije, uzorci digitalnih karata koji se mogu učitati, informacije o cijenama; je li moguće direktno naručivanje?
- osim na vlastitom jeziku neke informacije morale bi biti i na jednom od svjetskih jezika.

S adrese (URL 2) može se doći na web-stranice bilo koje od 86 (prosinac 2003.) DGKO sa svih kontinenata. DGKO npr. Nizozemske, Velike Britanije, Kanade, SAD i Australije sadrže sve prethodno navedene podatke. DGKO Republike Hrvatske, Državna geodetska uprava, ima svoje web-stranice na adresi (URL 3). Stranice sadrže pored ostalog i natuknicu *Usluge i proizvodi* s tehničkim opisom i cjenikom, koji sadrže i podatke o topografskim kartama u analognom i digitalnom obliku.

Na stranicama Hrvatskoga hidrografskog instituta (HHI) iz Splita (URL 4) nalazi se i *Katalog pomorskih karata i navigacijskih publikacija*. Katalog sadrži pregledne listove svih karata koje izrađuje HHI. Neke od tih karata su interaktivne i omogućuju detaljniji prikaz pojedine karte.

Hrvatsko kartografsko društvo (URL 5) osnovano 2001. nudi na svojim stranicama i kratke biografije 40 hrvatskih kartografa od najstarijih vremena do danas.

Osnovni podaci o zbirci zemljopisnih karata i atlasa Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu mogu se naći na adresi (URL 6) ako se izaberu *Usluge i potom Čitaonice i zbirke*.

Stranice Međunarodne kartografske udruge (International Cartographic Association – ICA) (URL 7) sadrže na engleskom i francuskom jeziku ove informacije: plan aktivnosti za dvije godine, novosti, natječaji, publikacije, statut i ostali dokumenti, povjerenstva, članovi, srodne udruge. ICA je uočila važnost Internata za kartografiju i osnovala povjerenstvo *Maps and Internet*. Svrha je povjerenstva proučavanje i unapređivanje upotrebe karata na Internetu.

Na Internetu se mogu naći i udžbenici iz područja kartografije. Jedan od najnovijih je: *Menno-Jan Kraak i Allan Brown, Web cartography – developments and prospects* objavljen 2001. Web-stranice tog udžbenika (URL 8) sadrže kratke sadržaje svih poglavlja. Sve slike iz knjige na tim su stranicama u boji, a kad je to bitno one su dinamičke i interaktivne da bi ilustrirale sve one mogućnosti o kojima se u knjizi raspravlja. Uz svako poglavljje dane su, osim popisa literature, i veze na dokumente u kojima se nalaze detaljnije informacije ili ilustracije o temama koje se u pojedinom poglavljju obrađuju. Svi ti URL-ovi (ukupno 344) izravno su dostupni s web-stranica te knjige.

Kako na webu pronaći karte koje su nam potrebne? Pravog odgovora nema, jer ne postoje istraživanja o upotrebi karata na webu (Kraak, Brown 2001). Jedno od rješenja su programi za pretraživanje (tražilice). Traži se pomoću ključnih riječi, npr. *maps + Croatia*. Vrlo uspješna tražilica je Google (URL 10). Za korisnike iz Hrvatske sučelje je na hrvatskom. Izabere li se *napredno pretraživanje* i potom s *određenom frazom* te upiše npr. *energy map of croatia*, dobit će se web-stranice s traženim sadržajem. Ako se u traženju služimo ključnim riječima, rezultat neće uvijek biti karta, već i tekstovi o takvim kartama. Tražimo li samo karte, tada je bolje poslužiti se katalogom s indeksiranim sadržajem. Takvu mogućnost pruža i popularna tražilica AltaVista (URL 9), odaberemo li *Directory, Maps* i potom *Map Machine* ili *World Wide Country Maps*. Na tim stranicama karte su često grupirane prema geografskim jedinicama, npr. državama, koje se mogu birati iz odgovarajućeg izbornika.

Postoje na webu i specijalizirani kartografski čvorovi (web site), npr. MapQuest (URL 11). Često se navodi da su to najposjećenije kartografske web-stranice na svijetu. Npr. u ožujku 2000. te je stranice posjetilo više od 5,5 milijuna korisnika. Međutim, brzina i lakoća pronalaženja informacija na MapQuestu ide na štetu kvalitete kartografskog oblikovanja (Kraak, Brown 2001). Političke i fizičke karte te statistički podaci o mnogim zemljama mogu se naći na web-stranicama Atlapedia online (URL 12).

Vrlo dobra adresa za traženje geografskih karata je i Odden's Bookmarks (URL 13). Nastala je u Geografskom odjelu Sveučilišta u Utrechtu. Sadrži više od 21 500 veza (prosinac 2003) na različite kartografske materijale. Od 1996. do danas registrirano je više od 2.6 milijuna posjeta tim stranicama. Utipkamo li u rubriku *Search* npr. Zagreb, dobit ćemo međuostalim i novi plan Zagreba u krupnom mjerilu podijeljen na više listova. Strelice oko svakog lista omogućuju brzi prijelaz na susjedni list. Stranice sadrže i interaktivni abecedni popis ulica.

21. LITERATURA

- Aalders, H. (1977): Introduction to computer assisted cartography. ITC Enschede.
- Ackermann, F. (1994): Digital elevation models - techniques and application, quality standards, development. Proceedings of the symposium Mapping and geographic information systems, ISPRS, Vol. 30, Part 4, Athens, Georgia, USA, 421-432.
- Ahokas, E., Jaakkola, J., Sotkas, P. (1990): Interpretability of SPOT data for general mapping. OEEPE Official publication No 24.
- Alwashe, A. M. (1992): Urban planning maps by use of aerial photographs and SPOT/TM datamerge, demonstrated with the city of At'Taif, Saudi Arabia. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung* 5, 159-165.
- American Society of Civil Engineers (1995): Glossary of the mapping sciences. Prepared by a Joint Committee of the American Society of Civil Engineers, American Congres on Surveying and Mapping and American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Anand, V. B. (1991): Teaching and research in engineering computer graphics: A curriculum model. *Compugraphics'91*, Vol.II, 248-259, Sesimbra.
- Asche, H., Herrmann, M., Ch. (1994): Desktop Mapping in der thematischen Kartographie - Stand der Technik und Marktübersicht. U: *Kartographisches Taschenbuch* 1994/95, Kirschbaum Verlag Bonn, str. 75-94.
- Aumann, G. (1994): Aufbau qualitativ hochwertiger digitaler Geländemodelle aus Höhenlinien. DGK, Reihe C, Nr. 411, München.
- Bajić, M. (1988): Daljinska istraživanja radarom u geoznanostima. Bilten savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju, 9, 39-60.
- Bajić, M. (1994): Tehnički aspekti daljinskih istraživanja u Hrvatskoj: stanje i perspektive. *Zbornik radova*, 39. godišnji skup KoREMa, 14-26.
- Bajić, V., Husak, M., Kosina, S., Savin, M. (1992): Datoteka centroida naselja Hrvatske. Studentski rad nagrađen rektorovom nagradom, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Barnsley, M., Hobson, P. (1996): Making sense of senzors. *GIS Europe* 5, str. 34-36.
- Bašlavin, V. A., Vojnova, V. V. (1957): Redakcionaja podgotovka spravočnyh opščegeografičeskikh atlasov. *Trudy CNIIGAiK-a*, No 115, Moskva.
- Begin, D. F. (1991): System of integrated acquistion proceedings with satellite data. Technical papers 1991 ACMS-ASPRS annual convention Vol.3, Remote sensing, Baltimore, 1-5
- Berzen, N., Benning, W. (1997): Objekte und Datenbanken. *ZfV* 6, 249-262.
- Bidenko, S. J., Kudrau, N. V. (1992): Elektronnye karty: svojstva i vozmožnosti ispol'zovanija. *Geodezija i kartografija* 3, 50-53.
- Bill, R. (1991): Datenbanktechnologie - Überblick und die Einsatz in Geo-Informationssystemen. U: *Geo-Informatik, Anwendungen, Erfahrungen, Tendenzen*, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, 37-52.
- Bill, R., Fritsch, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1 Hardware, Software und Daten, Wichmann Verlag, Karlsruhe.

- Bobinac, M. (1999): Daleko veći disk. BUG 1,81-85.
- Böhme, R. (1980): Geographisches Namenbuch Bundesrepublik Deutschland. Kartographische Nachrichten 3, 92-102.
- Borčić, B., Kreiziger, I., Lovrić, P., Frančula, N. (1977): Višejezični kartografski rječnik. Geodetski fakultet Sveučilišta u zagrebu, Zagreb.
- Branderberger, A. J., Ghosh, S. K. (1991): Stand der geodätischen und kartographischen Arbeiten aller Lander. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 9, 475-480.
- Brassel, K. (1974): Ein Modell zur automatischen Schräglightschattierung. Internationales Jahrbuch für Kartographie, 66-77.
- Broome, F. R., Hantman, C. S., Marx, R. W., Trainor, T. F. (1995): Automated Mapping at the United States Census Bureau: 1980-1994. Cartography and Geographic Information Systems 2, 128-134.
- Brukner, M. (1978): Organizacija banke kartografskih podataka. Doktorska disertacija, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Brukner, M. (1994): GIZIS - osnove, Geografski I Zemljšni Informacijski Sustav. INA-INFO, Zagreb.
- Buchroitner, M. (1989): Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen -Digitale Methoden, Reliefkartierung, geowissenschaftliche Applikationsbeispiele. Enzyklopädie der Kartographie, Band IV/2, Franz Deuticke, Wien.
- BUG (1998): Naočale, monitori i grafičke kartice. BUG 12, 111-113.
- Car, A. (1991): Optimalno korištenje prometnica na području RZ Alpe-Jadran pomoću automobilskog informacijskog sistema (AIS). Geodetski list 7-9, 249-264.
- Caspary, W. (1992): Qualitätsmerkmale von Geo-Daten. ZfV 7, 360-367.
- Christ, F. (1994): Mairs Generalkarte auf CD-ROM - Ausbruch der deutschen Kartographie in die Ära der elektronischen Karten. Kartographische Nachrichten 2, 64-68.
- Clarke, C. K. (1990): Analytical and computer cartography. Prentice Hall, New Jersey.
- Clarke, C. K. (2001): Getting started with geographic information systems. Third edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Conway, C. M., McManus, G. E., Wood, C. H. (1998): A guide to map design and production using CorelDraw 7 and CorelDraw 8. Memorial University of Newfoundland Cartographic Laboratory Department of Geography, St. John's, Newfoundland.
- Corbley, K. (1998): High resolution satellite imagery a primary data source - Car navigation and digital maps. GeoInformatics 1/2, 6-7.
- Crnko, N. (1995): Svjetlo koje pamti. BUG 32/33, 55-59.
- Debevc, M. (1996): Škola oblikovanja WWW dokumenata. WIN.INI, br. 3, 1-5, Zagreb.
- Deutsche Gesellschaft für Kartographie (1993): Glossar, Begriffe und Abkürzungen der Rechnergestützten Kartographie und allgemeinen EDV. Arbeitskreis Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie.

- Dickmann, F. (1996): Graphik-Programme unter Windows - Die *low cost*-Alternative in der rechnergestützten Kartographie? *Kartographische Nachrichten* 5, 179-185.
- Donassy, V., Oluić, M., Tomašegović, Z. (1983): *Daljinska istraživanja u geoznanostima*. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.
- Drummond, J. (ed.) (1991): Automatic digitizing OEEPE, Official Publication No 23.
- Eidenbenz, Ch. (1989): Scanertechnik zur Erfassung von Plänen und Karten. VPK 2, 110-116.
- EOSAT (1990): Landsat products and services catalog I. EOSAT, Maryland.
- Eurimage (2000): Landsat-5, 7. GEOEurope 3, 15.
- Fialovszky, L. (?): Surveying instruments. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Finka, B. (1984): Ime i naziv. *Jezik* 1, 14-15.
- Fischer, E.-U. (1982): PLATEX - Ein Versuch zur batchorientierten Anordnung von Kartennamen. *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen*, Reihe I, Heft Nr. 88, 5-40.
- Frančula, N. (1974): KOKART - program za izradu kompjutorskih tematskih karata. Simpozij Komputer na sveučilištu, SRCE, Zagreb, C4/1-7.
- Frančula, N. (1974): Prenumeracija kartografskih mreža električkim računalima i crtačima. *Geodetski list*, 1-3, 13-17.
- Frančula, N. (1981): Primjena kompjutora u izradi karata SR Hrvatske. *Zbornik radova*, Niz D, br. 2, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Frančula, N., Gracin, L., Lapaine, M., Zdenković, M. (1981): Prilog automatskoj generalizaciji linijskih kartografskih elemenata. *Geodetski list* 4-6, 95-105.
- Frančula, N., Kanajet, B. (1993): Digitalna karta svijeta. *Geodetski list* 2, 176-177.
- Frančula, N., Kovačević, D. (1993): Inozemna iskustva u uspostavljanju nacionalnih topografsko-kartografskih baza podataka. *Geodetski list* 1, 15-27.
- Frančula, N., Lapaine, M. (ur.) (2003): Geodetski rječnik – Konačni izvještaj. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M., Petrović, S. (1984): Transformacija sadržaja karte iz jedne kartografske projekcije u drugu. *Zbornik radova* 6. međunarodnog simpozija Komputer na sveučilištu, Dubrovnik, 608.1-608.8.
- Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1993): Površina Republike Hrvatske na temelju digitaliziranih granica općina. 38th International Annual Conference KOREMA, Proceedings 38, Part 1, 372-375, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1994): Primjena daljinskih istraživanja u kartografiji. *Geodetski list* 3, 265-276.
- Franeš, S. (1995): Crtanje na računalu. Geodetski fakultet, Zagreb, 1-6.
- Franeš, S. (1998): Grafika karte u digitalnoj kartografiji. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet, Zagreb.
- Franzen, M. (1994): Das digitale orthophoto. *Eich und Vermessungsmagazin*, Nr. 75, 11-16.

- Freeman, H. (1991): Computer name placement. U: D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind (eds.) *Geographical information systems*, Longman Scientific & Technical, Harlow. Vol. 1, 445-456.
- Freeman, H., Ahn, J. (1984): AUTONAP - an expert system for automatic name placement. *Proceedings of the international symposium on spatial data handling*, Zürich, Vol. 2, 544-569.
- Gierloff-Emden, H. G. (1989): *Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen - Allgemeine Grundlagen und Anwendungen*. Enzyklopädie der Kartographie, Band IV/1, Franz Deuticke, Wien.
- Glossar (1993): Glossar – Begriffe und Abkürzungen der Rechnergestützten Kartographie und allgemeinen EDV. Deutsche Gesellschaft für Kartographie e.V. – Arbeitskreis Praktische Kartographie.
- Göpfert, W. (1987): *Raumbezogene Informationssysteme*. Wichmann, Karlsruhe.
- Gottschalk, H. J. (1971): Versuche zu Definition des Informationsgehaltes gekrümter kartographischer Linienelemente und zur Generalisierung. DGK, Reihe B, Heft 189.
- Green, D. R. (1997): Cartography and the Internet. *The Cartographic Journal*, 1, 23-27.
- Gründler, D. (1993): Osobna računala, građa i primjena. INA INFO, Zagreb.
- Grüner, W., Carstensen, N. (1993): Einsatz der Mustererkennung bei der Ersterfasung der ALK in Schleswig-Holstein. AVN 5, 191-199.
- Grünreich, D. (1992): Welche Rolle spielt die Kartographie beim Aufgaben und Einsatz von Geo-Informationssystemen ? KN 1, 1-6.
- Grünreich, D. (1993a): Kartographische Aspekte bei der Implementierung eines GIS dargelegt am Beispiel ATKIS. U: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 6, GIS und Kartographie, Wien, 128-136.
- Grünreich, D. (1993b): Stand der Forschung und Entwicklung in der digitalen Kartographie - ein Überblick. U: *Kartographische Schriften*, Band 1 Kartographie und Geo - Informationssysteme, 10-18.
- Güntsche, H. (1988): Datenstrukturen in raumbezogenen Informationssystemen. X. internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, Dümmler Verlag Bonn. B8/1-10.
- Gusić, I. (1995): *Matematički rječnik*. Element, Zagreb.
- Hake, G. (1975): *Kartographie* I. W. de Gruyter, Berlin, New York.
- Harbeck, R. (1996): Anspruch und Stellung der Kartographie in der GIS-Welt. U: *Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien; Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96*, 27-34.
- Haustein, W., Block, K. (1971): Die Zentralpunktkoordinaten und das Auswahlprogramm "POLYP". Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen 5, 350-362.
- Hengl, T., Jurišić, M., Bukvić, Ž. (1998): Agroekološko kartiranje i modeliranje u GIS- okruženju. *Geodetski list* 4, 241-250.
- Hodler, T. W. (1989): Surfer. *The American Cartographer* 3, 215-218.

- Hoffmann, Ch. (1993): Der Einsatz von Satellitendaten und computergestützter Kartographie zur Nachführung topographischer Karten. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 6 - GIS und Kartographie, Wien, 172-181.
- Holland, D., Guilford, B., Murray, K. (2002): Oeepe-Project on topographic mapping from high resolution space sensors. OEEPE, Official publication No 44.
- Hügli, H. (1979): Vom Geländemodell zum Geländebild: Die Synthese von Schattenbildern. VPK 10, 245-246.
- Hurni, L. (1995): Modelhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen. Dissertation, ETH Zürich.
- Hurni, L., Christinat (1996): Anforderungen an ein modernes digitales kartographisches Produktionssystem. VPK 9, 473-481.
- Illert, A. (1992): Automatisierte Digitalisierung von Karten durch Mustererkennung. Kartographische Nachrichten 1, 6-12.
- Imhof, E. (1962): Die Anordnung der Namen in der Karte. Internationales Jahrbuch für Kartographie, 93-128.
- Imhof, E. (1965): Kartographische Geländedarstellung, W. de Gruyter & Co, Berlin.
- Ivanov, V. V. (1965): O nekotorih vozmožnostjah avtomatizacii topografičeskikh kart. Geodezija i kartografija 1, 62-66.
- Jäger, E. (1994): Einsatz moderner Verfahren der hybriden Datenverarbeitung in der amtlichen Kartographie. U: Kartographische Nachrichten 4, 129-137.
- Javorović, I. (2001): Osuvremenjivanje topografskih karata pomoću satelitskih snimaka. Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Jenks, G. F., Conlson, M. R. C. (1963): Class intervals for statistical maps. Internationales Jahrbuch für Kartographie, 119-133.
- Kelnhofer, F. (1994): Kartographisches Informationssystem von Österreich (OE-KIS) im Maßstab 1:1 000 000. VGI 1-2, 71-79.
- Khorram, S. (1992): Remote sensing - past, present and future. First international conference on surveying and mapping, Teheran, 233-243.
- Kienko, Ju. P. (1999): Kratkij ekskurs v istoriju rossijskogo kosmičeskogo kartografirovaniya. Geodezija i kartografija 3, 44-51.
- Kihlbom, U. G. (1992): Map production from satellite data. First international conference on surveying and mapping, Teheran, 167-183.
- Kiš, M., Buljan, J., Vuković, S., Anić, O. (1993): Englesko-hrvatski informatički rječnik s računalnim nazivljem. Školska knjiga, Zagreb.
- Klostius,W., Kostka, R., Sulzer, W. (1994): Das KFA-3000 Bild als kostengünstige Datenquelle bei Aufgaben der regionalen Planung. Vermessung & Geoinformation 3, 213-219.
- Koeman, C. (1970): The impact of photography from space on small-scale- and atlas-cartography. Internationales Jahrbuch für Kartographie, X, 35-40.
- Koeman, C. (1971): Die Geländedarstellung von Hochgebirge in kleinmassstäbigen Karten überprüft durch Satellitenbilder. Kartographische Nachrichten 1, 1-16.

- Konecny, G. (1987): Cartographic data acquisition and supporting activities. *World cartography XIX*, 1-8.
- Konecny, G. (1992): Der Einsatz von Fernerkundungsdaten in GIS. *ÖZ* 2, 75-83.
- Konecny, G. (1996): Hochauflösende Fernerkundungssensoren für kartographische Anwendungen in Entwicklungsländern. *ZPF* 2, 39-51.
- Kosek, M. (1989): Kompjutorski podržana izrada tematskih karata. Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Kovač, I. (1973): Upotreba digitalnog reljefa Hrvatske u planiranju mreže odašiljača i pretvarača. *Savjetovanje Kartografija u prostornom planiranju*, Ljubljana, C4/1-10.
- Kovač, I. (1982): Digitalni model reljefa Hrvatske - izrada i upotreba za planiranje mreže odašiljača i pretvarača. *Geodetski list*, 10-12, 240-259.
- Kraak, M-J., Brown, A. (Ed.) (2001): *Web Cartography developments and prospects*. Taylor & Francis, London and New York.
- Krajziger, I. (1962): Izrada i reprodukcija karata, Zagreb.
- Kralj, A. (1989): Transformacija satelitske scanerske slike v Gauss Krugerjev sistem. *Bilten Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju*, 10, 61-64.
- Kraus, K. (1990): *Fernerkundung*, Band 2, Auswertung photographischer Grundlagen und digitaler Bilder. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Kraus, K., Schneider, W. (1988): *Fernerkundung*. Band 1, Physikalische Grundlagen und Aufnahmetechniken. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Kresse, W. (1994): Plazierung von Schrift in Karten. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie, Bonn, Heft Nr. 23.
- Krivičić, I. (1993): O površinama otoka Cresa i Krka. *Geodetski list* 4, 370-372.
- Kurzwernhart, M. (1999): Neue GIS-Technologien – was bringen sie in der Praxis ? VGI 1, 13-21.
- Lang, T. (1969): Rules for robot draughtsmen. *Geographical Magazin* 1, 50-51.
- Lapaine, M. (1999): Za Digitalnu kartografiju prof. Frančule. Rukopis. Zagreb
- Lapaine, M., Frančula, N. (1991): Primjena plotera ROLAND DXY-1100 u znanstveno-istraživačkom radu. *Zbornik radova Savjetovanja "Nove tehnologije u geodeziji"*. Neum, 227-240.
- Lapaine, M., Frančula, N. (1993a): Gilbert two-world projection. Proceedings, Vol. 1 of the 16th International cartographic conference, Cologne 3-9 May 1993, Bielefeld 66-82.
- Lapaine, M., Frančula, N. (1993b): Digitalna karta CROATIA. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za kartografiju, Zagreb.
- Lapaine, M., Frančula, N. (1994a): Awarded student's works. ITI '94 Proceedings of the 16th International conference on information technology interfaces, Pula, 479-484.
- Lapaine, M., Frančula, N. (1994b): Osvrt na afinu transformaciju. *Geodetski list* 2, 159-168.
- Lapaine, M., Frančula, N. (2001): Kartografija i daljinska istraživanja. Bilten znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju, vol. 15-16, 2001, 145-154.

- Lapaine, M., Frančula, N., Lovrić, P. (1993): Presjeci zrakoplovnih koridora s državnim granicama. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za kartografiju.
- Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1993): Površina hrvatskog mora i otoka. CAD Forum 1993, Zbornik radova, 47-52.
- Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1994): Ocjena točnosti površina određenih na temelju digitaliziranih granica. Zbornik radova KOREMA, 1 svezak, 246-249.
- Lapaine, M., Lapaine, M. (1991): Površina elipsoidnog trapeza. Geodetski list 10-12, 367-373.
- Lapaine, M., Sudeta, N., Lovrić, P., Lapaine, M. (1992): Zorni prikaz krajolika. CAD Forum, 153-158.
- Latinović, N. (2003): Izrada tematskih karata Republike Hrvatske programskim paketom MapViewer. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lausdown, J. (1987): Computer Graphics. Hodder and Stoughton.
- Lee, Y. C. (1991): Cartographic data capture and storage. Geographic information system, The microcomputer and modern cartography (ed. D. R. F. Taylor). Pergamon Press, 21-38.
- Limp, F. (1999): Don't hit warp speed with the wrong equipment. GEOEurope 12, 18-22.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (2002): Geographic information systems and science. John Wiley & Sons, LTD, Chichester.
- Lotz-Iwen, H. J., Schreier, G. (1989): Geocodierte Datensätze abbildender Satelliten. Internationales Jahrbuch für Kartographie, Band XXIX, 155-162.
- Lovrić, P. (1968): Imena na kartama. Geodetski list 7-9, 134-145.
- Lovrić, P. (1976): Oblici i sredstva kartografskog izražavanja. Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lovrić, P. (1982): Kartografska reprodukcija. Geodetski list 10-12, 231-239.
- Lovrić, P. (1988): Opća kartografija. SNL, Zagreb.
- Lovrić, P., Križovan, Z. (1995): Prezentacija ponude za izvedbu vojnih mjestopisnih zemljovida Vojno-tehničkom savjetu Ministarstva obrane Republike Hrvatske. Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kartografski laboratorij Križovan, Zagreb, 1-6.
- Lovrić, S. (1995): GIS i digitalna kartografija. Info TREND 7, 63-66.
- Maguire, D. J. (1991): An overview and definition of GIS. U: D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind (eds.) Geographical information systems, Vol.1 - Principles, Longmann, Harlow, 9-20.
- Makarović, B. (1977): Composite sampling for digital terrain models. ITC Journal, 406-433.
- Mahr, B. (1993): Rechnergestützte Kartographie bei Freytag-Berndt. U: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 6-GIS und Kartographie, Wien, 112-114.
- Markovica, D. (1998): Crtež i tekst u AutoCAD-u. Seminarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Maštruko, O. (1995): Multimedija. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, 731-753.

- Maštruko, O. (1996): WWW stranice, Esperanto Interneta. BUG, br. 5, 67, Zagreb.
- Mataija, M. (ur.) (1995): PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike. Zagreb.
- Matko, Z. (1991): Prečica do računara. Moj mikro 7-8, 12-14.
- Meinel, G., Reder, J. (2001): IKONOS-Satellitenbilddaten – ein erster Erfahrungsbericht. Kartographische Nachrichten 1, 40-46.
- Mesaroš, F. (1971): Grafička enciklopedija. Tehnička knjiga, Zagreb.
- Meter, D.; Sušanj, D.; Breyer, H. i Čuček, A-M. (1995): Internet@Hr - Kako na mrežu iz Hrvatske. Znak, Zagreb.
- Microsoft Press (1995): Informatički rječnik. Znak , Zagreb.
- Morgenstern, D: (1985): Aspekt einer Neukonzeption der Schrift in topographischen Karten. U: Betrachtungen zur Kartographie, Eine Festschrift für A. Heupel zum 60. Geburtstag, Bonn, 97-120.
- Muraja, D. (1997): Kakvo računalo kupiti? PC Chip, prosinac 1997.
- Murray, K. (1993): The graphics coach. New Riders Publishing, Carmel.
- Netherlands remote sensing board (?): Mapping from SPOT images. 1-4.
- Nežić, T. (1995): Izgradnja baze podataka i biblioteke kartografskih znakova za potrebe prikaza objekata plinovodne mreže. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Nikolić, M. (1980): Korišćenje satelitskih snimaka kao dopunskih kartografskih izvora pri izradi opštegeografske karte razmere 1:500 000. Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Nikolić, M., Lazić, S. (1987): Primjena satelitskih snimaka u kartografiji. Bilten Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju 8, 28-32.
- Olujić, D. (1994): Novi sateliti za istraživanje Zemlje. Bilten savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju 13, 93-100.
- Olujić, D. (2002): Lansiran novi satelit QuickBird. Geodetski list 1, 65-66.
- Olujić, M. (1969): Novi postupci aeroprospekcije i njihove mogućnosti primjene u geološkim istraživanjima. Geodetski list 7-12, 184-194.
- Olujić, M. (1977): O metodi daljinskih istraživanja. Geodetski list 1-3, 23-35.
- Olujić, M. (2001): Snimanje i istraživanje Zemlje iz svemira: Sateliti – Senzori – Primjena. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i GEOSAT, Zagreb.
- Olujić, M., Olujić, D. (1994): Rasterski orijentirani GIS i digitalno procesiranje snimaka. Geodetski list 4, 337-349.
- Olujić, M., Reid, K., Moore, J. McM., Guo, L. J. (1995): Evaluation of JERS-1 imagery for geological applications in Dinaric Alps. Geodetsli list 3, 197-211.
- Ordnance Survey (1995): Ordnance Survey Catalogue, Digital map data.
- Ormeling, F. (1996): Atlas information systems. Proceedings 17th Int. conference of the ICA, Barcelona, 2, 2127-2133.
- Pavešić, N. (1988): Postopki izboljšanja in obnavljanja slik. U: Seminar Digitalna obrada slike, JAZU, Zagreb, 27-54.

- Peterson, M. P. (1999): Elements of multimedia cartography. U: W. Cartwright, M. P. Peterson, G. Gartner (editors), *Multimedia cartography*, Springer, 3-40.
- Peterson, M. P. (2000): Maps and the Internet. *GIM International*, 9, 12-15.
- Petrić, D. (1995): Naučite HTML i oblikujte sami efektne World Wide Web stranice. Znak, Zagreb.
- Petrie, G. (2002): SPOT-5 launched successfully: with the first images received three days later! *Geoinformatics* 4, 6-7.
- Petrović, D. (1989): Primena digitalne obrade slika u kartografiji. *Bilten Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju* 10, 117-122.
- Petrović, S., Vučetić, N., Lapaine, M., Čolić, K. (1988): Computer - aided contour lines – some experiences. U: *Proceedings of the Third International Conference on Engineering Graphics and Descriptive Geometry*, Viena, Vol. 2, 95-102.
- Peuquet, J. D. (1991): Methods for structuring digital cartographic data in a personal computer environment. U: D. R. F. Taylor (ed.) *Geographic information systems, The microcomputer and modern cartography*, Pergamon Press, 67-95.
- Piskor, D. (1997): Sjenčanje reljefa. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Polić, S. (1991/92): Rješenje zadatka iz broja 1-2. *Matematičko-fizički list*, 3-4, 85-88.
- Poslončec-Petrić, V. (2002): Uspoređivanje programskih paketa za automatsko sjenčanje reljefa. Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Radovan, D. (1993): Digitalna evidenca zemljepisnih imen v GIS okolju. *Geodetski vestnik* 3, 209-212.
- Raisz, E. (1948) *General cartography*, McGraw-Hill Book Company, New York, Toronto, London.
- Reinhardt, W. (1991): Interaktiver Aufbau hochqualitativer Geländemodelle an photogrammetrischen Stereosystemen. DGK, Reihe C, Nr. 381, München.
- Remeta, I. (1995): Izrada Hrvatske državne karte digitalnim metodama. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Rhind, D. W. (1991): Counting the people - the role of GIS. U: D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind (eds) *Geographical information systems*, Vol. 2 - Principles and Applications, Longman, Harlow, 127-137.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptil, S. C. (1995): *Elements of cartography*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Roić, M., Mastelić-Ivić, S. (1992): Pregled radova na automatizaciji katastra u Austriji. *Geodetski list* 4, 479-488.
- Roje, S. (1998): Duet laserskih snova. *BUG* 2, 55.
- Sališčev, K. A. (1987): *Proektirovanie i sostavlenije kart*. Moskovskij universitet, Moskva.
- Sanchez, R. D. (1991): Personal-computer-assisted change detection for 1:50 000 scale map revision in Mexico using satellite data. Technical papers 1991 ACSM-ASPRS annual convention, Vol.3 *Remote sensing*, Baltimore, 389-395.

- Savin, M. (1992): Kompjutorski podržana kartografska generalizacija. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Schreier, G. (ed.) (1993): SAR Geocoding: data and system. Wichmann, Karlsruhe.
- Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (1975): Kartographische Generalisierung, Topographische Karten.
- Schwidefsky, K. (1967): Topographische Methoden heute und morgen. Kartographische Nachrichten 5, 161-168.
- Seebald, R. F. (1991): Digital production of Landsat image maps. Technical papers 1991 ACSM-ASPRS annual convention, Vol.3 Remote sensing, Baltimore, 401-405.
- Shortridge, B. G. (1979): Map reader discrimination of lettering size. The American cartographer 13-20.
- Sieber, R., Bär, H. R. (1996): Das Projekt "Interaktiver Multimedia Atlas der Schweiz". U: Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien; Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96, 211-226.
- Slukan Altić, M. (2003): Povijesna kartografija – Kartografski izvori u povijesnim istraživanjima. Meridijani, Samobor.
- Smith, S. E., Dewitt, B. A., Gonzales, E. P., Hurt, G. W. (1995): Georeferencing of satellite imagery for digital soil mapping. Surveying and Land Information Systems 1, 13-20.
- Spies, E. (1988): Computergestützte Kartenherstellung und digitale Kartographie. VPK 4, 140-145.
- Srivastava, PK., Ramakrishnan, R., Nandkumar, R., Padmanabhan, N., Gopala Krishna, B., Majumder, KL. (1996): Cartographic potential of IRS-1C data products. International archives of photogrammetry and remote sensing, Vol. XXXI, Part B4, ISPRS, Viena, 823-828.
- Stančić, Z. (1989): Digitalna fotogrametrija - izazov danas, metode za sutra. Geodetski list 7-9, 267-278.
- Starčević, D. (1983): Informacioni sistem o prostoru u upravljanju radio-frekvencijskim spektrom. Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu.
- Stević, D. (1990): Primena daljinskih istraživanja u kartografiji. Seminarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Strathmann, F. W. (1993): Taschenbuch zur Fernerkundung. 2. Aufgabe, Wichmann.
- Stupp, W. (2001): Erfassen, Archivieren und Drucken von Karten. KN 3, 143-151.
- Sünkel, H. (1995): Intelligent Vehicle Highway Systems - Internationale Entwicklungen, Grazer Geoinformatiktage '95 GIS in Transport und Verkehr, Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Universität Graz, Folge 80, Graz, 9-16.
- Sušanj, D. i Petrić, D. (1996): Velika knjiga o World Wide Webu. Znak, Zagreb.
- Szymanski, R. A., Szymanski, D. P., Morris, N. A., Pulschen, D. M. (1987): Computers and application software. Merrill Publishing Company, Columbus, Toronto, London, Melbourne

- Šijan, A., Lončarek, D. (1993): Informatički rječnik. Varaždin.
- Šipek, R. (1995): Ostale hardverske komponente. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 201-238.
- Šipek, R. (1995a): Monitori. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 37-53.
- Šipek, R. (1995b): Grafičke kartice. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 55-67.
- Šoštarić, K. (1999): Digitalne karte procedura slijetanja i polijetanja. Diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Štefanović, P. (1973): Automated cartography. ITC Enschede.
- Štemberger, D. (1986): Analize određivanja veličina većih teritorijalnih jedinica i postupaka sa primenom na teritoriju SFRJ. Doktorski rad, Beograd.
- Štemberger, D. (1992): Računanje površine lika proizvoljnog oblika na elipsoidu. Geodetski list 3, 301-313.
- Thapa, K, Burtch, R. C. (1991): Primary and secondary methods of data collection in GIS/LIS. Surveying and LIS 3, 162-170.
- Töpfer, F. (1974): Kartographische Generalisierung. VEB Hermann Haack Gotha, Leipzig.
- Toppen, F. J. (1991): GIS education in the Netherlands a bit of everything and everything about a bit? Cartographica 3, 1-9.
- Tunjić, I. (1998): Kartografija na Internetu. Seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Tutić, D. (1998): Računalni program "Kartografske projekcije". Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Vasić, M. (2000): Tri desetke – Aplikacije za obradu vektorske grafike. PCchip 62/63, 49-55.
- Vlašić, K. (1995a): Priručnik o skeniranju, tehnike i trikovi. Zagreb.
- Vlašić, K. (1995b): Skaneri. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 161-175.
- Vlašić, K. (1995c): Programi za stolno izdavaštvo (DTP). U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 433-458.
- Vlašić, K. (1995d): Grafički programi. U: M. Matajia (ur.) PC kompjutori i programi, biblija za PC korisnike, Zagreb, str. 459-498.
- Vučetić, N. (1995): Program za automatsku generalizaciju linijskih kartografskih elemenata. Seminarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Wagner, K. (1962): Kartographische Netzentwürfe. Bibliographisches Institut, Mannheim.
- Weber, W. (1982): Raster-Datenverarbeitung in der Kartographie. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 88, 111-187.
- Weber, W. (1991): Zum Entwicklungsstand der rechnergestützten Kartographie. Kartographisches Taschenbuch 1990/91, Kirschbaum Verlag, Bonn.

- Wilfert, I. (1998): Internet und Kartographie. U: 40 Jahre Kartographieausbildung an der Technischen Universität Dresden 1957-1997, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden 51-61.
- Willcox, I. (1999): High quality map delivery: The Web application the industry forgot. GEOEurope 12, 16-17.
- Wimmer, H. (1991): Graphische Datenverarbeitung am Bayer. Landesvermessungsamt - Stand und Entwicklung. U: Fünfte Informationsveranstaltung über die graphische Datenverarbeitung der Bayer. Vermessungsverwaltung, 8-36.
- Yoeli, P. (1965): Analytical hill shading (A cartographic experiment), Surveying and Mapping 4, 573-579.
- Yoeli, P. (1972): The logic of automated map lettering. The Cartographic Journal 2, 99-108.
- Yoeli, P. (1985): The making of intervisibility maps with computer and plotter. Cartographica 3, 88-103.
- Yoeli, P. (1993): Cartographic treatment of topographical relief with CAD systems. Proceedings 16th ICA Conference, Köln, Vol. 2, 1029-1040.
- Zanini, M. (1998): Dreidimensionale synthetische Landschaften – Wissensbasierte dreidimensionale Rekonstruktion und Visualisierung raumbezogener Informationen. Dissertation, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an der ETH Zürich, Mitteilungen Nr. 66, Zürich.
- Žiljak, V. (1990): Stolno izdavaštvo, Obrada teksta i slike računalom. DRIP, Zagreb.

22. URL-adrese:

URL 1: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

http://www.geof.hr (5. 12. 2003)

URL 2: National Mapping Agencies

http://whc.unesco.org/map-agencies.htm (5. 12. 2003)

URL 3: Državna geodetska uprava, Zagreb

http://www.dgu.hr (5. 12. 2003)

URL 4: Hrvatski hidrografski institut, Split

http://www.hhi.hr (5. 12. 2003)

URL 5: Hrvatsko kartografsko društvo, Zagreb

http://www.kartografija.hr (5. 12. 2003)

URL 6: Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

http://www.nsk.hr (5. 12. 2003)

URL 7: International Cartographic Association (ICA)

http://www.icaci.org (5. 12. 2003)

URL 8: Menno-Jan Kraak and Allan Brown, Web cartography – developments and prospects

http://kartoweb.itc.nl/webcartography/webbook (5. 12. 2003)

URL 9: AltaVista

http://www.altavista.com (5. 12. 2003)

URL 10: Google

http://www.google.com (5. 12. 2003)

URL 11: MapQuest

http://www.mapquest.com (5. 12. 2003)

URL 12: Atlapedia online

http://www.atlapedia.com (5. 12. 2003)

URL 13: Odden's Bookmarks

http://oddens.geog.uu.nl/ (5. 12. 2003)

URL 14: Open GIS Consortium

http://www.opengis.org/ (5. 12. 2003)

URL 15: GISDATA Effective solutions

http://www.gisdata.hr (5. 12. 2003)

23. KAZALO

Napomena: Kada se termin sastoji od dvije ili više riječi, prva je uvijek imenica. Na primjer, *elektronički atlas* uvršten je u Kazalo kao *atlas*, *elektronički*. *Hrvatsko kartografsko društvo* treba u Kazalu tražiti pod *društvo*, *Hrvatsko kartografsko*. Zarez znači da je uobičajeni redoslijed riječi obrnuti.

- A/D pretvarač 32, 187
algoritam 57, 187
Alta Vista 185
analitičar,
 sistemske 158
analogan 9-10, 187
ARC/INFO 99, 156, 187
ArcView 156, 187
ArcView IMS 184
ARPANET 179
ATKIS 160, 187
atlas, 187
 analitički 151
 elektronički 145, 150, 151
 geografski 79
 interaktivni 150
 multimedijski 151
 pokazni 150
Atlas MapMaker 110
atlas svijeta 81
atribut 20, 38, 187
AutoCAD 75-77, 121-122, 156
AutoCAD Map 156
baza podataka 13, 164, 187
 geografskih imena 173
baza podataka,
 nacionalno topografsko -
 kartografska 159
 tematska 145
 topografska 145
bitmapa 41, 188
boja pisma 172
blokdijagram 122, 123, 188
browser 180
brzina plotera 33
CAD 71, 120, 188, 188
CAD-programi 71, 75, 120
CARIN 163, 188
CARNet 185, 188
CCD 28, 32, 130, 188
CCT 130, 135
CD-R 25
CD-ROM 25, 151, 182, 183, 188
CD-RW 25, 188
centroid 111, 188
CGIS 155
CMYK 36, 188
CorelDraw 73
CPS 159
CPU 21, 22, 23
čip 188
čvor 14, 188
čvor,
 pravi 15
 viseći 15
ćelija 188
datoteka 188
datoteka centroida 111
DBMS 156, 164, 188
debljina pisma 172
deformacija projekcije 52
Descreening 67
digitalan 9, 10, 189
digitalizacija 38, 189
digitalizacija,
 automatska 38, 41, 189
 kontinuirana 27
 rasterska 38, 189
 ručna 38
 statička 27
 vektorska 38, 189
digitalizator 9, 26, 189
digitalizator,
 automatski 27
 rasterski 27, 189
 ručni 26, 189
 vektorski 26, 189
disk,
 kompaktni 189
 optički 24
dizajner,
 sistemske 158

- dizajniranje, računalom podržano 189
DMR 112, 189
DMR
 bivše Jugoslavije 115
 Hrvatske 114-115
DMR,
 lokalni 113
 regionalni 113
dpi 28
društvo, Hrvatsko kartografsko 185
DVD 25, 183
DVD-ROM 25
EDRA 162
ekvidistancija 160
ekvidistancija,
 idealna 135
elementi GIS-a 157
elipsa deformacija 80
elipsoid 52
Encarta World Atlas 151-153
energija, elektromagnetska 128
entitet 164, 189
ERS-1 136
ESRI 156, 189
Explorer 6 135
fakultet, Geodetski 61, 83, 107, 111,
 122, 128, 185
filter 30, 67
filter,
 descreen 67
filtriranje 67
font 171
format 189
 DXF 122
 EPS 74
 GIF 74
 JPEG 74
 PCD 74
 PCX 30
 plotera 33
 TIFF 30, 74
format,
 rasterski 189
 vektorski 189
FORTRAN 94
fotoaparat, Kosmičeskij 136
fotokarata 137
fotoploter 35, 190
fotopodaci 145
otosloj 170
otosloj, digitalni 170
Freehand 73
funkcija, fotometrijska 117, 122
generalizacija,
 kartografska 86
 optička 131
geokodiranje 68, 190
GeoMedia Web Map 184
georeferenciranje 68, 190
georektifikacija 68, 69, 190
GIS 154-162, 179, 184, 190
GIS
 kao automobilski informacijski
 sustav 162
 za vodove 162
GIS-softver 156
Golden Software 110
Google 185
graf 15
grafika,
 kompjutorska 9
 računalna 190
 rasterska 20, 190
 vektorska 20, 190
grafika topografskih karata 143
granice
 Hrvatske 55
 klasa 101
gustoća naseljenosti 104
hardver 21
hipermedija 180-181, 190
hipertekst 180-181, 190

- histogram 42
histogram,
 izlazni 63
 ulazni 63
HTML 180-181
ICA 185
IDRISI 156
IKONOS 137, 139-140
imena na karti 170
institut, Hrvatski hidrografski 185
Intergraph 77, 156
Internet 179-184, 190
IRS 190
IRS-1C 136, 190
IRS-1D 136, 190
istraživanje,
 daljinsko 13, 128, 190
izbor 88
izbor
 na osnovi broja objekata 89
 prema minimalnim veličinama 88
 prema važnosti objekata 90
 transformacije 50
izbor,
 bezvjetan 88
 uvjetni 88
izdavaštvo, stolno 149, 191
izglađivanje linije 91
izohipsa 160
izokola 80
izrada topografske karte 134, 137
izvornik 92
JDRMA 162
jedinica, osvjetljivačka 35
jezik plotera, programski 33
jezik, upitni 164
kamera, fotografска 129
kanal, spektralni 191
karta
 gustoće naseljenosti 105-106
 kontinenata 79
 naselja Hrvatske 110
 točaka 110-111
 vidljivosti 124
karta, 55
 digitalna 150, 162, 191
 elektronička 145, 150, 191
 geografska 79
 Hrvatska osnovna 115
 interaktivna 183
 izvedena 91, 97
 izvorna 91, 97
 multimedijkska 153, 191
 realna 191
 tematska 101
 topografska 13, 141, 143-144
 virtualna 191
 zrakoplovna 72
karta CROATIA, digitalna 72
kartica, grafička 22
kartograf 89, 183
kartografija 131, 155
kartografija,
 analitička 9
 digitalna 9, 191
 kompjutorska 9
 kompjutorski podržana 9
 multimedijkska 183
 stolna 145, 149
kartogram, površinski 101
katalog
 kartografskih znakova 160
 objekata (KO) 160
katastar 162
KFA-3000 137
KH 11 140
KH 12 140
ključ, kartografski 90
količina podataka 41
kompozicija karte 80
komprimiranje podataka 41
koordinate,

- Gauss-Krügerove 69
geocentrične 134
geografske 40, 51
projekcijske 69
prostorne pravokutne 134
korekcija, panoramska 133
krajolik 86
krivulja, tonska 44
KWR-1000 137
LANDSAT 135, 191
laser 24
linija 16, 191
linija, izolirana 16
linija poput stabla 16
luk 14, 191
Macintosh 73
maketa
 atlasa 82
 kompozicije 81
MAP 157
MapGuide 184
MapQuest 185
MapView 110
Master 45
matrica, slikovna 41
memorija, radna 22
menadžer,
 informacijski 158
 opcí 158
 sistemske 158
meridijan 79
meridijan, srednji 54
metoda najbližeg susjeda 132
MFLOPS 23
MGE 78
MHz 21
MicroStation 77-78
Microstation MGE 156
mikroprocesor 21
MIPS 23
mjerilo
- karte 85
površina 54
mjerilo,
 glavno 88
 linearno 54
mobitel 179, 182
model,
 CMYK 36
 digitalni kartografski 160
 digitalni topografski 160, 191
 fizikalni 164
 hibridni 157
 hijerarhijski 166, 167
 logički 164
 mrežni 168
 objektno orijentirani 169
 relacijski 166, 168
 špageti 166
model podataka 192
model podataka,
 logički 164
 rasterski 192
 vektorski 192
model reljefa, digitalni 112, 192
model situacije, digitalni 160
monitor 22
more, obalno 55
mreža,
 kartografska 79
 kvadratna 112
 pravilna 113
 pravokutna koordinatna 47
 računalna 179
 trokutna 112, 192
mreža meridijana i paralela 50, 79
multimedija 183, 192
nagib pisma 171
naglašavanje 92
namjena karte 87
numeracija točaka 58
objekt,

- linearni 90
- površinski 90
- oblast 151
- obnova topografske karte 137
- obrada
 - rasterskih podataka 63
 - slike, digitalna 63, 192
 - teksta 149
 - vektorskih podataka 47
- obrada, hibridna 148
- očuvanje površina 92
- određivanje granica klase 101
 - pomoću histograma 103
- određivanje visine točke 116
- OGC 184
- OpenGIS-Consortium 184
- operacija,
 - aritmetička 65
 - logička 65
- Ordnance Survey (OS) 155
- organizacija podataka 164
- original,
 - izdavački 145
 - kartografski 145
 - sastavljački 145
- orientacija,
 - kosa 80
 - obična 80
- oslabljivanje 92
- osnova geografske karte
- osnova, matematička 79
- osvremenjivanje 12
- osvremenjivanje, hibridno 142
- osvremenjivanje topografske karte
 - 134, 141
- osvjetljivač 35
- Paintbrush 110
- paralela 79
- PC ARC/INFO 99
- Pentium 21, 151
- Photoshop 44, 74
- piksel 18, 192
- pisač, 192
 - laserski 110
 - tintni 192
- pismo 170-173
 - bez serifa 171
 - sa serifima 171
- plan, katastarski 42
- ploha digitalizatora 40
- ploter 9, 12, 32
 - ploter
 - s nepomičnim papirom 34
 - s pomičnim papirom 34
- ploter,
 - elektrostatski 36
 - precizni 33
 - rasterski 35, 192
 - sublimacijski 37
 - termalni 37
 - tintni 36
 - vektorski 33, 193
- PMT 32
- poboljšanje čvora 69
- podatak,
 - geometrijski 18
 - grafički 19
 - kartografski 14
 - opisni 20
 - rasterski 193
 - vektorski 18, 193
- područje, spektralno 129
- pojednostavljivanje 91
- pokazivač 26
- poligon 14, 15, 17, 193
 - poligon,
 - izolirani 17
 - susjedni 17
 - ugniježdeni 18
- pomicanje 88, 97
- pomicanje, paralelno 64
- ponovljivost 27

- popis stanovništva 163
postupak, hibridni 141
površina
 epikontinentalnog područja 55
 Hrvatske 55
 hrvatskog mora 55
 teritorijalnog mora 55
 unutarnjeg mora 55
PowerPoint 75
praćenje linije 69, 193
prag 43
pregled 42
preglednik (browser) 180
presjek dužine i poligona 59
prevorba metode prikaza 88, 98
preuzorkovanje 132, 193
prikaz,
 kartografski 145
 panoramski 152
prikaz Hrvatske 153
pričekivanje, fotorealistično 75, 193
prikaz reljefa
 izohipsama 117
 sjenčenjem 117
prikaz reljefa, 112
 perspektivni 122
primjena DMR 116
proces generalizacije 88
profil 124
program,
 CAD 75
 grafički 71
 kompjutorski 94
 prezentacijski 74
 računalni 61, 83, 94
 rasterski grafički 73
 vektorski grafički 71
projekcija,
 Bonneova 79
 centralna 133
 ekvivalentna 52
 ekvivalentna azimutalna 80
 Gauss-Krügerova 54, 55, 61
 Gilbertova 81
 kartografska 51, 79
 konformna 54
 Mercatorova 137
 put, najbolji 158
 QuickBASIC 95
 QuickBird-2 137
 računala 21
 računala, osobna (PC) 21
 računanje površine 51
 radar 129
 RAM 22
 raspored točaka 114
 raspored točaka u DMR 112
 raspoznatljivost detalja 134
 razmak točaka 114
 rasterizacija 193
 red čvora 14
 rekonstrukcija, topološka 77
 relacija 164
 reljef 194
 renderiranje 75, 194
 resampling 132
 RESURS F 136
 rezolucija 22, 27, 194
 rezolucija
 digitalnog modela 120
 monitorsa 22
 skanera 28
 rezolucija,
 hardverska 29
 interpolirana 29
 okomita 28
 prostorna 131, 194
 radiometrijska 131, 194
 softverska 29
 spektralna 130, 194
 vodoravna 28
 vremenska 131, 194

- RGB 30, 194
run length code 42
SAR 137
sažimanje 88, 97
Sekcija za kartografiju 185
senzor 128, 194
senzor,
 aktivni 128, 194
 pasivni 128, 194
simbolizacija 148
sjenčanje reljefa 119-122, 194
skala vizualnih rastera 108
skaner 195
skaner,
 jednopravni 30
 linijski 130
 mehanički rotacijski 130
 optoelektronički 130
 rotacijski 30
 ručni 30
 stolni 30
 višespektralni 130
skaner s pomicnim papirom 30
skaniranje 29, 70, 195
skaniranje
 u boji 45
 u refleksivnom modu 145
 u transparentnom modu 145
 u sivoj skali 43
skaniranje, jednobojno 43
skeletiranje 70
skener 195
skeniranje 195
slika,
 rasterska 195
 vektorska 195
sloj 73
Smallworld Web 184
smještaj imena 173-176
smještaj imena,
 linearni 176
položajni 174
površinski 176
računalno podržan 176
snimak, satelitski 131
softver 79
spektar 195
spektar,
 infracrveni 129
 mikrovalni 129
SPOT 135-136, 138-140
Sputnik-1 135
SQL 164, 195
sredina, opća aritmetička 92
stablo 14, 15
stanica,
 grafička 23
 radna 23
stanjivanje 65
sučelje 26
SURFER 117
sustav
 digitalizatora, lokalni 47
 geografskih koordinata 51
 projekcije izvornika 53
 za upravljanje bazom podataka 164
sustav,
 digitalni kartografski 145
 geografski informacijski 155, 195
 geoinformacijski 155, 195
 informacijski 155
 zemljavični informacijski 13, 161
širina pisma 172
šum u obliku "soli i papra" 70
tastatura 40
tekst na karti 170
teselacija 195
TESTIR 104
Thematic Mapper (TM) 135
TIFF 74
TIN 192, 196
tisak, četverobojni 141

- TIGRIS 169
TK 25 141
točka 16
točka,
 identična 47
 oslona 47
 vezna 47
točnost 33, 51
točnost
 digitalizacije 51
 digitalizatora, unutrašnja 27
 mjerena površina 57
točnost,
 položajna 134
 visinska 134
topologija 14, 196
Töpfer 89
TCP/IC 179
transformacija,
 afina 49
 Fourierova 67
 geometrijska 68
 Helmertova 48
 neparametarska 133
 parametarska 133
 projektivna 49
 radiometrijska 63
 topološka 14
transformacija koordinata 47
TRAVELPILOT 163
Universal Transverse Mercator -UTM
 137, 196
UTM 137, 196
uprava, Državna geodetska 115, 185
uređivanje
 rasterskih podataka 147
 vektorskih podataka 148
URL 181, 184-186, 198
utjecaj refrakcije 127
utjecaj zakrivljenosti Zemlje 127
vektorizacija 69, 196
vektorizacija,
 automatska 69
 poluautomatska 69
 ručna 69
veličina, minimalna 86
veličina pisma 172
videokamera 32
vidljivost točaka DMR 125
visina 114
vizualizacija 146
vrijednost, siva tonska 19, 132
vrste pisma 171
WAP 179, 182
web 180-185, 196
web-GIS 184
web-karta 182, 196
web-kartografija 183
web-stranice 182, 184, 196
Windows 83
World Wide Web 180, 196
WWW 180
WYSIWYG 146, 148, 196
zacrnjenje 43
zadebljavanje 65
zahtjev, kartografski 135
zakon korjena 89, 93
ZIS 160
znak, kartografski 91
zračenje, elektromagnetsko 196
zumiranje, 71, 182
 dinamičko 183
 statičko linearno 183
 statičko stupnjevito 183
2,5D 196
2D 196
3D 75, 196

