

Pripis k članku "Geografski in zemljiški informacijski sistemi"

Članek magistra Radoša Šumrade se v uvodu bežno ukvarja z zgodovino geografskih informacijskih sistemov (GIS) in zemljiških informacijskih sistemov (LIS). Ne vključuje pa naših domačih dosežkov iz začetka sedemdesetih let, ki so nastali pod vodstvom Tomaža Banovca, dipl.inž. na Inštitutu Geodetskega zavoda SRS. Bralca opozarjamo na bibliografijo raziskovalnih nalog, objavljeno v posebni številki Geodetskega vestnika, kjer so natisnjeni referati za 20. Geodetski dan, ki je bil letos v Kranjski gori - tam bo našel npr. bibliografske podatke za raziskovalno nalogo "Prostorski informacijski sistem III.faza", ki predstavlja zaključek raziskovalnega projekta o prostorskem informacijskem sistemu Slovenije (PIS).

Recenzijska komisija

Radoš ŠUMRADA\*

UDK 528.067.4:681.3  
002.659.2:681.3(21)  
Pregled

#### CAD SISTEMI PROTI GIS PRINCIPU IN METODOLOGIJI

Avtomatski kartirni sistemi ali CAC vsebujejo ali obsegajo dve tehnologiji. Pomembno je razumevanje ter razlikovanje obeh sistemov. Potencialni uporabniki CAC sistemov, računalniško podprtih kartirnih in grafičnih sistemov (Computer Assisted Cartography), pogosto zamenjujejo avtomatske kartirne sisteme, ki temeljijo na CAD-u (Computer Assisted Drafting ali tudi Design) tehnologiji za novejšimi GIS-i (Geografskimi informacijskimi sistemi). Ali dejansko obstaja razlika med omenjenima sistemoma, in če obstaja, kako naj se bodoči uporabnik odloči o izbiri med obema tehnologijama?

Ob sedanjem dinamičnem in dramatičnem razvoju, uporabi ter rasti prodaje obeh tehnologij je razumevanje njunih razlik ter možnosti njunih povezav še kako pomembno za informiranost potencialnega uporabnika in morebitnega kupca.

Računalniško podprti CAD sistemi so bili originalno razviti za avtomatizacijo risanja ter različne funkcije oblikovanja. Na področju kartografije se to prevede na sisteme za avtomatsko kartiranje. GIS tehnologija je bila zasnovana ter razvita za hranjenje, vzdrževanje in obdelava velikih količin geografskih oziroma prostorskih podatkov. Za zgodovinski razvoj avtomatske kartografije so značilni proizvodi, ki so bili zasnovani na specializirano uporabo in vsebujejo široko in neodvisno organizacijo in strukturo.

\* 61000 Ljubljana, YU, FAGG-VTOZD GG;  
mag.geod.  
Prispelo za objavo: 1987-11-02.

Skoraj vsi zgodnji in predhodni pristopi k organizaciji podatkov, avtomatizaciji postopkov ter k risanju kartografskih podatkov, so uporabljali CAD tehnologijo, s posebnim poudarkom na interaktivnih grafičnih sistemih ali grafičnih delovnih postajah. Ker vsebujejo karte veliko količino risanih elementov in ker zagotavljajo CAD sistemi izvirne možnosti avtomatskega risanja, so se izkazali takšni, za potrebe CAC prirejani CAD sistemi, kot učinkovito orodje za povečavo produktivnosti pri izdelavi, vzdrževanju in ažuriranju kart ter organizaciji kartografskih podatkov v tako imenovane grafične podatkovne baze.

#### CAD sistemski pristop

Podatkovna baza v CAD sistemih pojmuje prostorske podatke kot elektronske risbe, sestavljene iz grafičnih elementov, ki so organizirani v tematske plasti ali digitalne "prosojnice". Podatkovni modeli v CAD sistemih obravnavajo torej prostorske podatke kot elektronske risbe grafičnih elementov karte. Vsebina karte ali načrta je elektronsko ali digitalno shranjena karta v računalniku ter organizirana v tako imenovani grafični podatkovni bazi.

CAD sistem omogoča uporabniku, da kreira, editira, oblikuje, rotira, shranjuje, prikazuje in izrisuje grafične elemente risb s pomočjo ali ob podpori računalnika. Takšne operacije vsebujejo ukaze ali funkcije kot na primer dodaj, premakni, zavrti, izbriši, preoblikuj, simboliziraj, tekst, itd. Risbe se ustvarijo ter hranijo z vnašanjem enostavnih grafičnih elementov, kot so na primer linije, loki, krogi, četverkotniki, krivulje in točke. Grafične elemente lahko uporabnik tvori z interaktivnim editiranjem ali oblikovanjem, ali pa se registrirajo s pomočjo različnih vhodnih naprav. Na primer, s pomočjo vektorskih digitalnikov, rastrskih ter vektorskih skenerjev, itd. Takšni grafični elementi so shranjeni na elektronskih spominskih medijih ter jih lahko prikažemo in editiramo na zaslonu. CAD sistemi nadomeščajo večino risarskega orodja, medijev in pripomočkov za shranjevanje grafičnih risb, ki so značilni za okolje ročne izdelave kart in načrtov.

Uporabnik vnaša elemente karte s pomočjo osnovnih (GKS) grafičnih slikovnih gradnikov ali pa z uporabniško sestavljenimi simboli, ki so sestavljeni iz takšnih grafičnih gradnikov. Enostavni pojavi, kakor na primer linije in poligoni, so shranjeni kot zaporedje koordinatnih točk z definiranimi povezavami. Bolj zapleteni pojavi so shranjeni kot zaporedje točk skupaj z ustreznim matematičnim izrazom, ki definira na primer krog, krivuljo, lok, četverkotnik, trikotnik, itd. V zgodnjih za kartiranje uporabljenih grafičnih sistemih so bili podatkovni modeli enostavni, sestavljeni v glavnem v celoti iz simboliziranih grafičnih elementov. Takšna sestava slik iz osnovnih grafičnih gradnikov omogoča uporabniku shranjevanje vsebine kart kot simbolizirano grafiko. V CAD podatkovnem modelu so vsi grafični elementi definirani ter narisani z zaporedji parov  $x$ ,  $y$  koordinat v skupnem koordinatnem sistemu, kar določa pozicije grafičnih elementov in odnose med njimi.

V kasnejših inačicah je postala organizacija podatkov bolj "inteligentna". Ne-grafični podatki so bili shranjeni kot posebni tabelarični podatki ali atributi, kasneje tudi organizirani v posebno atributno podatkovno bazo. Takšni atributi grafičnih elementov karte se uporabljajo za različna poizvedovanja ter manipulacije s prikazi. Grafični sistemski softver je dovoljeval različne načine uporabe digitalnih datotek karte, kot na primer editiranje, ažuriranje, poizvedovanja in manipulacije s podatki ter različne načine prikaza.

Medtem ko je bil prvotni namen in uporaba grafičnih sistemov avtomatizacija risanja ter izdelave karte, so se le-ti sčasoma razvili v bolj splošno orodje za organizacijo in uporabo digitalnih podatkov karte. Takšni CAC/CAD sistemi so postali posebno priljubljeni pri organizaciji avtomat-

ske izdelave kart in jih uporabljajo številne kartografske organizacije in tvrdke ter tudi različne družbe, ki upravljajo s komunalnimi napravami in vodi.

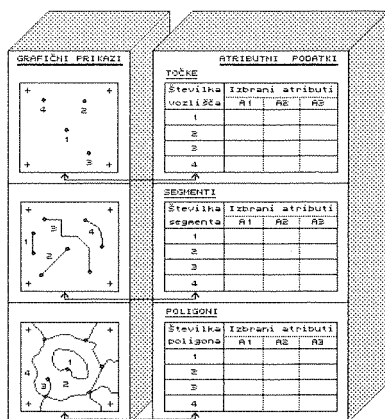
Avtomatizirano risanje kart ter splošne manipulacije s prostorskimi podatki na kartah s pomočjo CAD sistemov so prinesle znatne ter pomembne olajšave in koristi različnim javnim in privatnim organizacijam. Vendar pa zahtevajo resnični splošno zasnovani sistemi za obdelave ter manipuliranje s prostorskimi podatki, organizacijo podatkov v združeno podatkovno bazo in softversko tehnologijo, ki znatno presega ponujeno rešitev v CAD sistemih.

V zgodnjihšestdesetih letih je skupina teoretikov ter raziskovalcev, ki so delali za kanadske vladne ustanove, skušala ugoditi takšnim zahtevam z razvojem popolnoma novega softverskega koncepta in metodologije, znane kot GIS. GIS-i so bili originalno zasnovani za obdelave in manipulacije velikih količin podatkov o naravnih virih in okolju. Kasneje se je razširila uporaba GIS-ov tudi za obdelave podatkov, povezanih z registracijo zemljišč, statistiko, urbanimi informacijskimi sistemi. Takšna novejša GIS tehnologija je zdaj vgrajena v številne celovite tržne sisteme ali softverske pakete, ki so postali alternativa CAD sistemov pri avtomatski izdelavi kart in shranjevanju prostorskih podatkov.

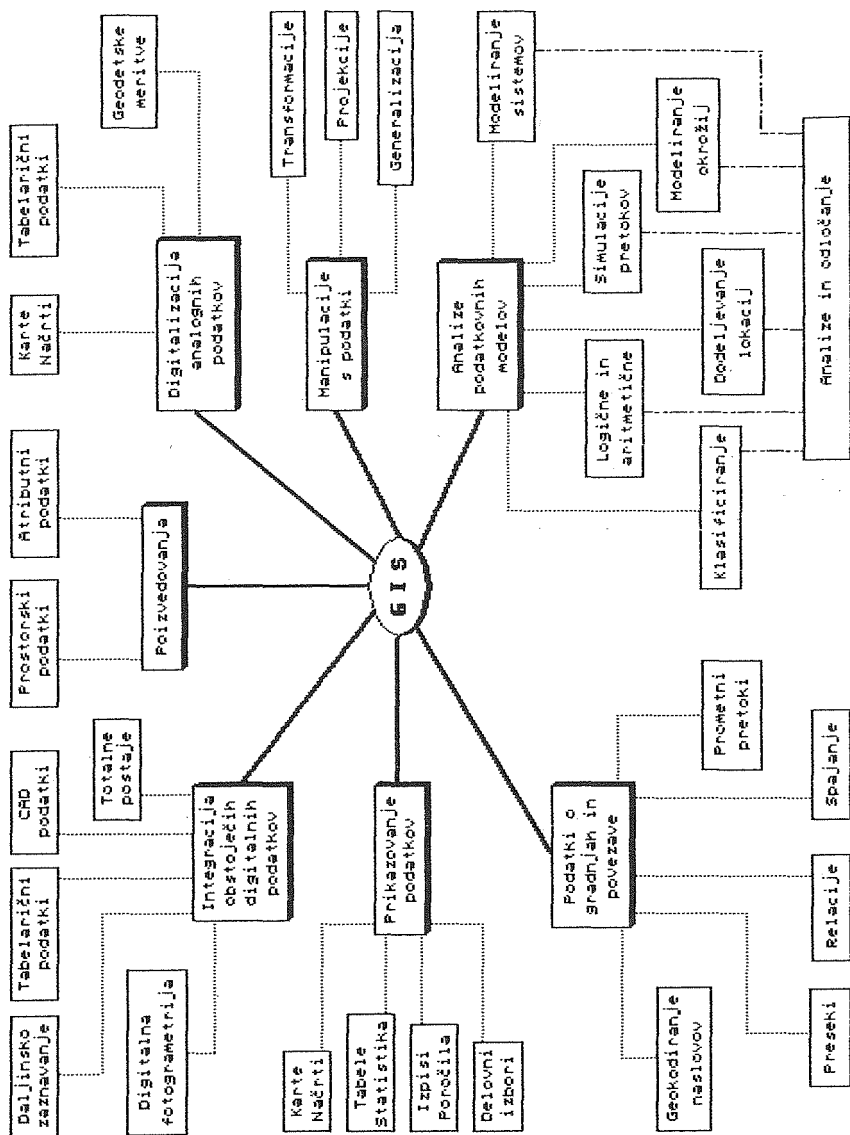
### GIS metodologija

Podatkovni model v geografskih informacijskih sistemih temelji na shranjevanju atributnih ali tabelarničnih podatkov v povezavah in asociacijah z enostavnimi grafičnimi gradniki: točkami, linijami ter areali, ki so podani z obodnimi poligoni. Kartografski podatki niso shranjeni kot sestavljeni grafični elementi ter simboli, temveč kot tabele nesestavljenih grafičnih gradnikov, ki vključuje relacije z ostalimi izbranimi opisnimi atributi.

GIS-ov podatkovni model uporablja načela grafične teorije ter topologije za organizacijo vseh geografičnih oziroma kartografskih podatkov v prostorsko mrežo pojavov, ki jih ponazarjajo trije osnovni grafični gradniki: točke, segmenti in poligoni. Osnovnim grafičnim gradnikom so dodani izbrani atributi, ki opisujejo opazovane lastnosti. Poenostavljeno organizacijo podatkov v GIS-u prikazuje slika 1.



Slika 1



Slika 2

Bolj kompleksni sestavljeni pojavi, kot na primer verige, otoki, kri-vulje, itd. pa sestavljajo segmente, ki so indeksirani z dodatnimi pove-zavami in detajlnimi točkami v podatkovni bazi. Sistem organizira pojave ter njihove atribute v soodvisne tabele, ki jih vzdržuje DBMS. Program-sko orodje v GIS-ovi podatkovni bazi se uporablja za vnašanje podatkov, ažuriranje, analize, manipulacije, poizvedovanja, povezovanja, različne prikaze, izpise ter poročila. Uporabnik lahko kreira grafiko in s tem karte ter prikaze s povezovanjem grafičnih gradnikov - in niansiranjem točk, segmentov in poligonov. Tekst se oblikuje na podobne načine. Vse to omogoča uporabniku potrebno prožnost pri povezovanju pojavov s kartog-rafskimi simboli, ki temeljijo na katerikoli povezavi atributov podatkov-ne baze. Takšna orientacija k celoviti podatkovni bazi pomeni znatno več-jo prožnost za uporabnike v tipičnem mnogo uporabniškem okolju.

Zahvaljujoč takšnemu podatkovnemu konceptu, ponujajo GIS-i večje možno-sti in sposobnosti za podatkovni vnos, manipulacije, obdelave, analize, poizvedovanja, ažuriranje, hranjenje ter prikazovanje velikih zbirk pr-storskih podatkov. Še več, GIS-ovo softversko orodje je tipično organizi-rano okoli združene ali korporirane podatkovne baze GIS-a na tak način, da omogoča različne uporabniške poglede na skupno celovito podatkovno bazo.

Čeprav je po uporabi koordinat podoben CAD pristopu, je v GIS-u uporabl-jeni podatkovni model tehnološko bistveno drugačen glede na pristop ter enostavnost. Splošno uporaben podatkovni model za shranjevanje povezav in odvisnosti med različnimi prostorskimi podatki v GIS-ih temelji na konceptu topologije ter omrežij. Topologija podaja grafične povezave za določanje ter povezovanje sosednjih kartografskih objektov, sestavljenih iz nizov vozlišč, segmentov, lokov ter poligonov. Takšen topološki po-datkovni model predstavlja bistveno drugačno in za mnoge aplikacije us-treznjšo strukturo za različne obdelave podatkov o geografskih enotah v primerjavi s pristopom v CAD sistemih.

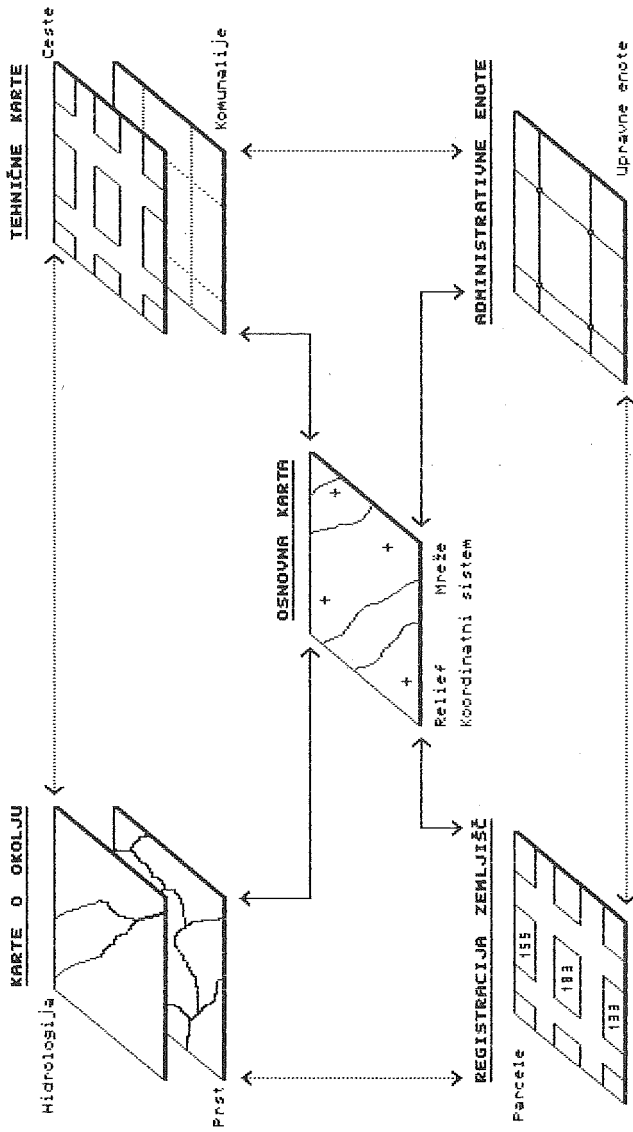
Vse funkcionalnosti, kot na primer interaktivna grafika, poizvedovanja, vzdrževanje in ažuriranje podatkov, analize ter kvalitetni prikazi, itd. se izvajajo na enotnem topološko definiranem podatkovnem modelu. Takšen koncept celovite podatkovne baze lahko omogoča ne samo avtomatsko karti-ranje, temveč celovite zmožnosti GIS-a ob upoštevanju modernih načel DBMS. Sodobni GIS-i obsegajo torej korporirano podatkovno bazo, ki temelji na povezavi topološko organizirane grafične in relacijske atributne podat-kovne baze.

Splošno namembna organizacija prostorskih podatkov zahteva posebno struk-turirano podatkovno bazo ter softversko tehnologijo, ki presega enostav-no grafično funkcionalnost. Seveda mora modern GIS učinkovito izvajati vse interaktivne grafične operacije, vendar mora biti sestavljen z upo-rabo bolj inteligentnega koncepta celovite podatkovne baze, za podporo številnim analitičnim, manipulativnim ter poizvedovalnim funkcijam, ki presegajo osnovno funkcionalnost CAD sistemov. Nekatere osnovne funkcije GIS-a so prikazane na sliki 2.

GIS lahko uporabljamo tudi kot avtomatiziran sistem za izdelavo kart in načrtov. V GIS-ih se uporabljajo karte za prikazovanje ali za "pogled" v geografsko bazo podatkov. Raje kot enostavno shranjevanje in regene-riranje grafike se v GIS-u vsi izrisi kreirajo na osnovi podatkov, ki so hranjeni v formatu podatkovne baze. Raje kot shranjevanje elementov karte v obliki tipiziranih geografičnih simbolov, organizira podatkovna struktura v GIS-ih geografske elemente s pomočjo opisnih značilnosti njihovih atributov.

S pomočjo programskega orodja in procedur lahko uporabnik v GIS-u sam izbira in prikazuje objekte iz podatkovne baze. Uporabnik lahko avtomat-sko poveže grafične simbole in vzorce z grafičnimi gradniki. Asociacije lahko definira s pomočjo različnih preglednih tabel, ki enolično povezu-jejo izbrane atribute s takšnimi tabelami. To omogoča prožne povezave

KONCEPT CELOVITE PODATKOVNE BAZE za GIS



Slika 3

izbranih kartografskih simbolov z geografskimi objekti, ki so registrirani v podatkovni bazi.

Takšna prožnost je posebno pomembna, ker večje število uporabnikov uporablja podobne kartografske prikaze za različne namene. Na primer, planerji v občini želijo izdelati karto, ki s pomočjo različnih barv prikazuje odnos lastništva parcel v povezavi z atributi o izrabi tal. Davčna služba želi prikazati iste parcele z vsemi oznakami in identifikatorji. Katastrska služba želi prikaze istih parcel skupaj z oznakami mejnikov ter dimenzijami meja. GIS lahko generira vse takšne zahteve iz enostavnih definiranih meja parcel z enostavnim povezovanjem grafičnih gradnikov z izbranimi različnimi opisnimi atributi. Slika 3 prikazuje poenostavljen model več uporabniškega pogleda na vsebino GIS-a.

Poleg zagotavljanja prožnega grafičnega orodja mora GIS-ov softver omogočati enostavno organizacijo, vzdrževanje, poizvedovanja in prikazovanja velikih zbirk prostorskih podatkov. GIS mora zagotavljati tudi analitične ter manipulative funkcije in orodje, ki jih je težko ali nemogoče izvajati v grafični strukturirani CAD podatkovni bazi.

Orodje vključuje avtomatično identifikacijo povezav med kartami, izbiro optimalnih poti v omrežju, analize pretokov po vejah omrežja itd. Takšne funkcije se često uporabljajo v avtomatskem izračunavanju davkov, planiranju prometa, načrtovanju izrabe tal ter naravnih virov, gradbeništvu, itd. Vsem takšnim aplikacijam GIS-a je skupna združena podatkovna baza prostorskih podatkov in različna analitična softverska orodja za njihovo podpora.

Številni večji proizvajalci avtomatične CAD kartografske opreme še vedno pojmujemo zmožnosti in izvajanje GIS procedur, kot da je to samo posebna aplikacija CAD sistema, ki jo lahko dodamo k obstoječi grafični podatkovni bazi. Dejansko obstoja trend, ki želi okarakterizirati GIS kot enostavno zbirko orodij in funkcij, ločenih od ostale tehnologije avtomatske kartografije.

V splošnem podatkovna struktura v grafičnih podatkovnih bazah CAD sistemov ne omogoča raznolikosti podatkovnih analiz ter manipulativnih funkcij, kakor so običajne v GIS-ih. Ker se vedno več uporabnikov zaveda in zahteva funkcionalnost, ki jo nudijo GIS-i, se bodo sedanji lastniki CAD sistemov znašli pred težavnim problemom pretvorbe avtomatskega kartiranega sistema v strukturo celovite podatkovne baze, ki jo nudi GIS. Lastniki in uporabniki CAD sistemov se bodo znašli pred problemom nabave popolnoma novega hardvera ter nove programske opreme.

Nedavno so nekateri večji in tradicionalni proizvajalci kartografskega softvera najavili razvoj GIS-ov, ki dopolnjujejo njihov bolj tradicionalen grafični softver. Jasno je, da je takšna vrsta rešitev potrebna za uporabnike avtomatskih kartirnih sistemov, poudariti pa je treba, da kreiranje dodatnega GIS-a, ki je povezano z avtomatskim kartirnim sistemom, povzroča tehnične težave. Takšni problemi so redundanca podatkovne baze, potrebne pretvorbe grafičnih podatkovnih struktur v topološke in nazaj ter dodatne težave pri ažuriranju in zagotavljanju konsistentnosti zbranih podatkov.

Takšen dvojni sistemski pristop je še posebej vprašljiv ob pretehtanju pomembnih izboljšav v funkcionalnosti avtomatskega kartiranja ter grafičnih kvalitetah, ki jih nudijo novejši GIS-ovi paketi. Mnogi današnji uporabniki in kupci izbirajo GIS kot jedro korporirane podatkovne baze ter se na ta način izognejo vsem naštetim tehničnim težavam, ki jih povzroča redundanca v velikih količinah prostorskih podatkov.

Čeprav je tehnološki razvoj jasno usmerjen v smer GIS-ove tehnologije, pa zahtevajo velika minula vlaganja v CAD tehnologijo sestavo ustreznih vmesnikov med obema sistemoma. Takšni vmesniki, ki bodo dovoljevali upo-

rabnikom hitre prenose podatkov med obema podatkovnima modeloma, bodo postali izjemno pomembni v naslednjih nekaj letih.

Analitični in celoviti pristop z združeno podatkovno bazo, ki ga podaja GIS tehnologija, predstavlja solidnejšo osnovo za splošno organizacijo prostorskih podatkov, kot ga nudi CAD pristop. GIS ne samo avtomatizira izdelavo kart, temveč prinaša tudi splošno zasnovani prostorski informacijski sistem za cel niz različnih aplikacij, ki zahtevajo izgradnjo ter analize podatkovnih povezav, osnovanih na geografskih in topoloških odnosih med pojavi v prostoru.

#### Literatura:

##### Knjige:

- 1) Foley D.J., van Dam A.: FUNDAMENTALS OF INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, 1983, ISBN 0-201-14468-9, Addison - Wesley publishing company.
- 2) Hearn Donald, Baker M. Pauline: COMPUTER GRAPHICS, 1986, ISBN -0-13-165591-1, Prentice Hall international editions.
- 3) Kunji B: GRAPHICAL COMPUTER DEVICES, 1986, COM 22, ITC publications.
- 4) Monmonier S.Mark: COMPUTER ASSISTED CARTOGRAPHY, 1985, Prentice-Hall, Inc.
- 5) Stefanović Pavao: DIGITIZING FROM GRAPHIC DOKUMENTS, 1986, ITC publications.

##### Članki:

- 1) Bell S.B.M., Pickmore D.P.: INTERACTIVE CARTOGRAPHY AT THE ECU, 1984, Natural Environment Research Council.
- 2) Dangermond Jack: CAD vs. GIS, Computer Graphics World, October, 1986.
- 3) ENSR. ARC/INFO software package, prospekti in pojasnila za ARC/INFO programski paket.
- 4) GEO-BASED Systems, prospekti in pojasnila o uporabi.
- 5) INTERGRAPH, različni prospekti in pojasnila.
- 6) SYSCAN-KONGSBERG, različni prospekti in pojasnila.