

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN

Tedo Vrbanec
30813/96-R
IS

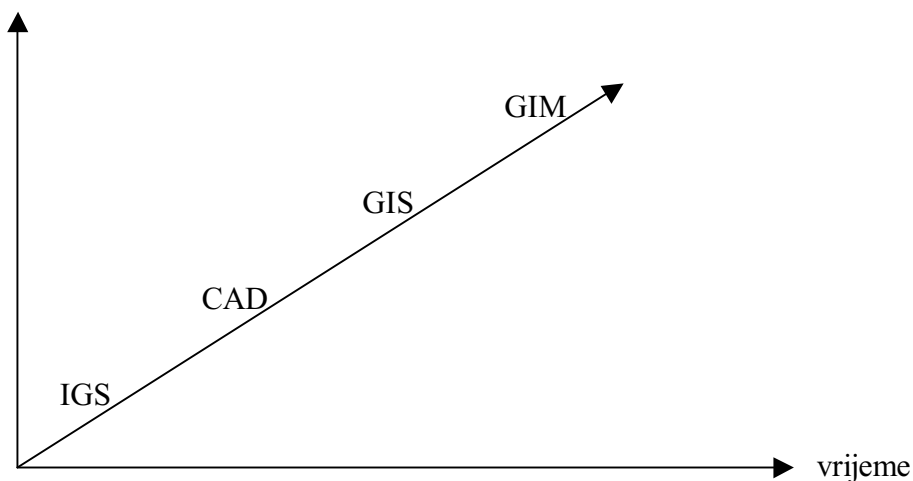
ZEMLJOPISNI INFORMACIJSKI SUSTAVI
– zabilješke s predavanja –

Dr. sc. Zdravko Krakar
Mr. sc. Vlatko Maček
Dipl. inž. Mirko Husak

Varaždin, 1999./2000.

GIS – GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV**Klasifikacija IS-a:**

1. sa stajališta djelatnosti,
2. sa stajališta poslovnih funkcija u nekoj firmi,
3. sa stajališta tehnologije,
4. GIS – posebna klasa IS-a. To je infrastruktura za cijeli niz IS-a.



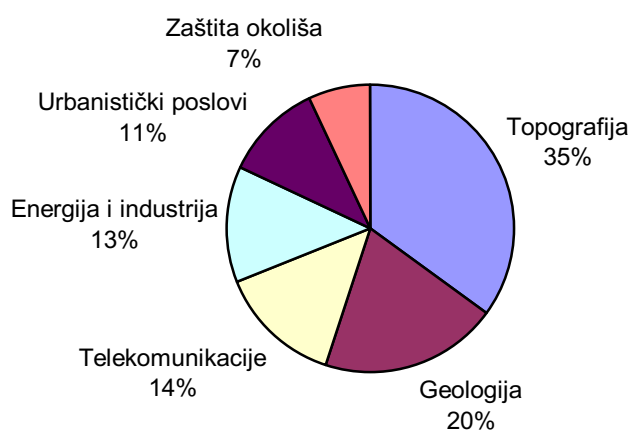
Slika 1. *Evolucijski razvoj IS-a*

IGS – informatizirana kartografija

CAD – usmjereni na konstrukciju

GIS – posebna klasa IS-a (prelazna etapa prema GIM)

GIM – [Geographical Information Management] upravljanje pomoću prostornih informac.

Najveći potrošači GIS tehnologije

Osnovne distribucije (tematski slojevi)

1. BASEMAP – katastarski prikaz terena
2. SOILS – slojevi terena (geološka podjela)
3. ZONING – ovdje 1. puta vidimo o čemu se zapravo radi
4. STREET, NETWORK
5. COMPOSITE – sve zajedno

Definicija: **ZIS** je IS o objektima o prostoru podržan informatičkom tehnologijom. Služi za upravljanje prostorom: on ga nadzire, koristi i zaštićuje. ZIS služi za donošenje odluka pri upravljanju prostorom.

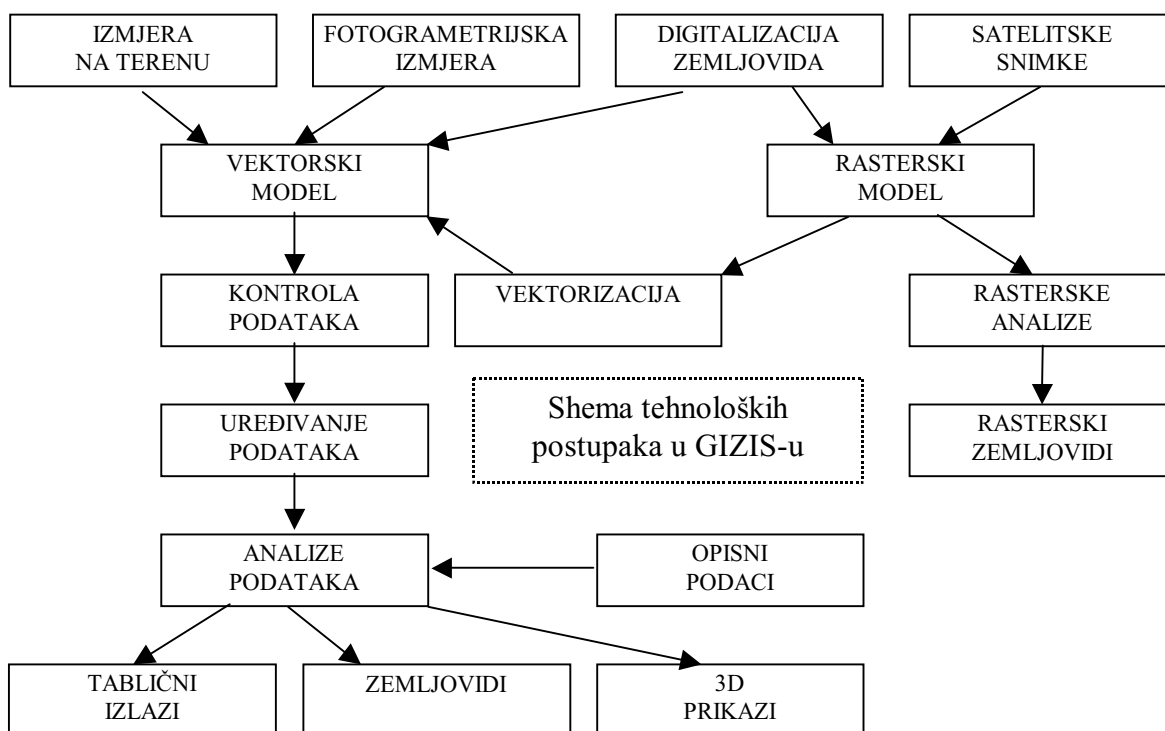
Informacija o objektu sadrži:

- smještaj objekta označen koordinatama,
- položaj objekta u odnosu na druge objekte te
- opis objekata.

U tu svrhu ZIS prikuplja, pohranjuje i obrađuje podatke o objektima u prostoru.

Da bi koordinatama **odredili položaj objekta** treba odabrati:

- elipsoid koji što bolje aproksimira Zemlju,
- projekciju pomoću koje se sferna ploha Zemljine površine preslikava na ravninu,
- koordinatni sustav.

TEHNOLOŠKI POSTUPCI*

Zemljišni IS je onaj dio ZIS-a koji se bavi zemljištem.

1. zemljovid je tiskan je 1552. god. u Veneciji.

Geodezija sa terenskim mjerenjima sa elektroničkim daljinomjerima je posebno danas precizna (za duljinu od 4 km je točnost 1 cm, a za kutove 1"). Zajedno sa korištenjem Globalnog Pozicijskog Sustava (GPS¹), fotogrametrije i satelitske tehnologije, terenska izmjera može kontinuirano poboljšavati postojeće slikovne baze podataka.

Razlika i integralnost ZIS-a u odnosu na ostale IS-ove* :

Ima slikovni prikaz!

Za razliku od svih ostalih IS-a, ZIS može dati slikovni i trodimenzionalni prikaz smještaja objekata u prostoru. Baze podataka ZIS-a sadrže slikovne, opisne ali i topološke podatke, dakle podatke o susjedstvu.

Za opise objekata se može koristiti ogroman fond već postojećih neslikovnih baza podataka.

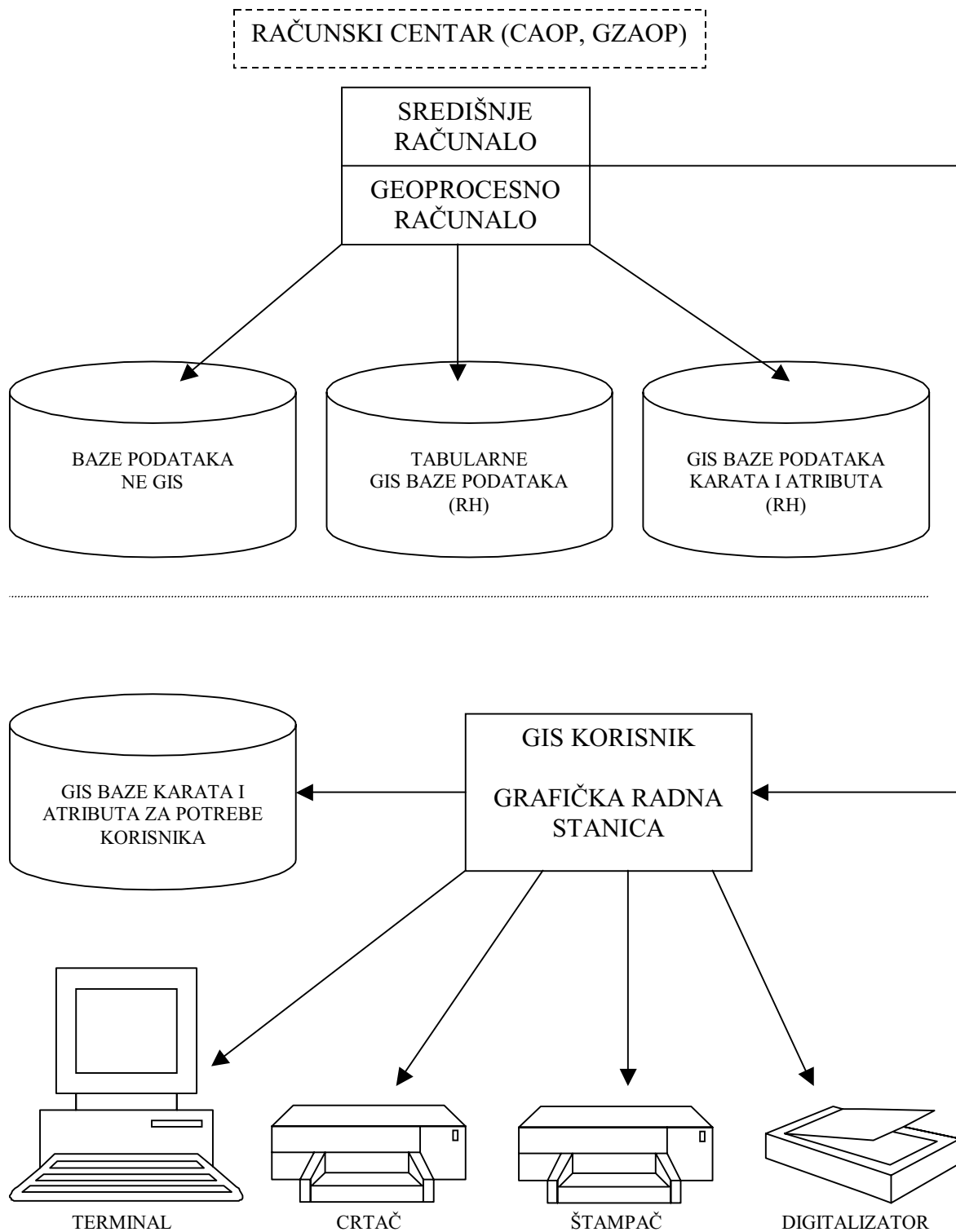
GDJE SE KORISTI ZIS?

Pri upravljanju prostorom ⇒ može se koristiti u svim ljudskim aktivnostima, npr. u:

- agronomiji (pri optimalnoj izmjeni zemljanih kultura),
- ekologiji,
- urbanizmu,
- geologiji (pri lociranju ležišta nafte),
- katastru (višeslojno prikazivanje smještaja objekata),
- u poslovima javne uprave²,
- u vojne svrhe (plovidba, let krstarećih raketa).

¹ GPS ima ugrađenu pogrešku 30-70 m za civilnu upotrebu.

² U poslovima javne uprave gotovo sve odluke ovise o razmještaju objekata u prostoru, njihovom međusobnom odnosu te opisu tih objekata.



Načini bilježenja prostora¹:1. Standardni načini:

- opisi,
- skice,
- karte,
- makete,
- fotografije,
- film,
- video, ...

2. Digitalni oblik zapisa:

- počeo 60-tih godina u Kanadi, V. Britaniji i SAD-u,
- u ranim 80-tim povećanjem procesne moći i dostupnosti modernih računala, prvenstveno razvojem grafičkih radnih stanica, razvijaju se komercijalni produkti koji zadovoljavajuće obrađuju pojedine aspekte prostora²:
 - ⌘ obradu slika (*Image Processing*);
 - ⌘ automatsko kartiranje / upravljanje uređajima (*AM/FM – Automated Mapping / Facilities Management*);
 - ⌘ CAD, CAM;
 - ⌘ sustavi za skeniranje i arhiviranje dokumentacije;
 - ⌘ sustavi za baze podataka (relacijske!);
 - ⌘ digitalni modeli terena (*DTM – Digital Terrain Models*);
 - ⌘ uređaji za globalno pozicioniranje (GPS) i terenska mjerenja;
 - ⌘ rasterski, vektorski i hibridni GIS.

¹ Prostor je vrlo teško sustavno zabilježiti zbog

- velikog broja prostornih elemenata,
- kompleksnosti odnosa koji vladaju među njima.

² **Prostorni element** je točka, linija ili objekt.

Institucije koje u SAD daju na raspolaganje podatke:

- DMA – *Defence Mapping Agency*;
- DOE – *Department of Energy*;
- NASA – *National Aeronautics and Space Administration*;
- USCB – *U.S. Census Bureau*;
- USDA/SCS – *U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service*;
- USFWS – *U.S. Fish and Wildlife service*;
- USGS/NMD – *U.S. Geological Survey National Mapping Division*,

TIPOVI PODATAKA		
PODRUČJE	TIP PODATAKA	IZVOR PODATAKA ¹
Topografija	Digital Elevation Model	USGS/NMD
	Digital Terrain Data	DMA
Korištenje zemljišta i pokrov	Ownership and Political Boundaries	USGS/NMD
	Transportation	USGS/NMD
	Hydrography	USGS/NMD
Socioekonomski i demografski podaci	Census Tract Boundaries	USCB
	Demographic Data	USCB
	Socioeconomic Data	USCB
Vrste tla	Soils	USDA/SCS
Vlažna područja	Wet lands	USFWS
Daljinska istraživanja	Remotely Senced Data	NASA/NOA

KOME TREBA ZIS?

1. **Katastar** (Zemljišno posjedovna knjiga – registar posjeda),
2. **Gruntovnica**,
3. **Plan i priprema građevinskog zemljišta**,
4. **Općine**,
5. **Urbanisti – projektanti**,
6. **Komunalne organizacije** (elektra, toplana, vodovod, kanalizacija, itd.),
7. **Građevinarstvo**,
8. **Vodoprivredne org.** – limitirajući faktor širenja grada je količina pitke vode,
9. **Poreski sustav**,
10. **Poljoprivreda**,
11. **Statistika** – pregledi, numeričke analize,
12. **HT / HP**,
13. **Prometne organizacije**,
14. **Hidrometeorologija**,
15. **Šumarstvo**,
16. **Geologija**,
17. **Ekologija**.

¹ Data source

KOJI PODACI SE NALAZE U BAZI?

BAZA PODATAKA	ZEMLJOVID	OPISI
Podaci o površini	zone planiranja	kvartovi
	granice općine	blokovi
	zone taksiranja	planiranje
	upravne granice MZ	upotreba zemljišta
	poreske općine	granice poreskih općina
	popisni krugovi	promjene granica
	statistički krugovi	karakteristike površine
Podaci o okolišu	geologija	geologija
	tlo (obradivo)	tlo
	obrana od poplava	arheološke lokacije
	pokrov (upotreba pokrova)	hidrološki podaci
	seizmički zemljovidi	meteo (klimatski) podaci
	nagib i oblik tla	podaci mjerenja
	rijeke i tokovi	
Mreža ulica	sredina ceste	adrese od do
	križanja	imena ulica
	oprema cesta (stanje kolnika)	tok saobraćaja
		geokodni podaci
		oprema ceste (uređaji)
		frekvencija prometa
		inventar ceste (nogostup)
		dozvole
vrste prometa		
Katastar	katastarske čestice	broj čestice
		pravno stanje
		adresa mjesta
		izgrađenost
		posjednik
		dozvole
Katastar vodova	kanalizacija	protok
	vodovod	održavanje
	HT / HP	brojevi nacрта
	električna mreža	karakteristike mreže
	plin	razvodnici / kolektori
	toplinska mreža	kapaciteti

Koliko ima vrsta katastra*?

- **zemljišni katastar** – na sebi ima katastarske čestice;
- **katastar vodova** – na sebi ima prikaz distributivne mreže.

STROJNA PODRŠKA ZIS-u

U ZIS-u obično koristimo radnu stanicu (osobno računalo) koja npr. sadrži:

- **procesor** Intel 80586, 80486, 80386 sa 16-64 MB RAM-a;
- **hard disk** 13 GB;
- **CD R/W**;
- **ZIP unit**;
- **veliki ekran**;
- **grafičku karticu** koja omogućava prikaz 640 x 480 pelova te 256 boja;
- **crtalo u boji** formata A₄ do A₀;
- **miš** za ručnu ili poluautomatsku digitalizaciju;
- **čitačem (scanner)** analognih tj. rasterskih podataka (zemljovidi) sa rasterskim ili vektorskim izlazom;
- **modem** (ako je računalo umreženo).

Obrada može biti na nivou računala, servera ili središnjeg računala.

Osobna računala su u ustanovama koje koriste ZIS obično povezana u lokalnu mrežu kako bi prijenos podataka između računala dodatno povećao efikasnost obrade podataka preko korištenja zajedničkih opisnih odnosno slikovnih baza podataka.

Zahtijevana strojna podrška je naznačena u svakom priručniku softverskog proizvoda.

PROGRAMSKA PODRŠKA ZIS-u*

ZIS je programski podržan:

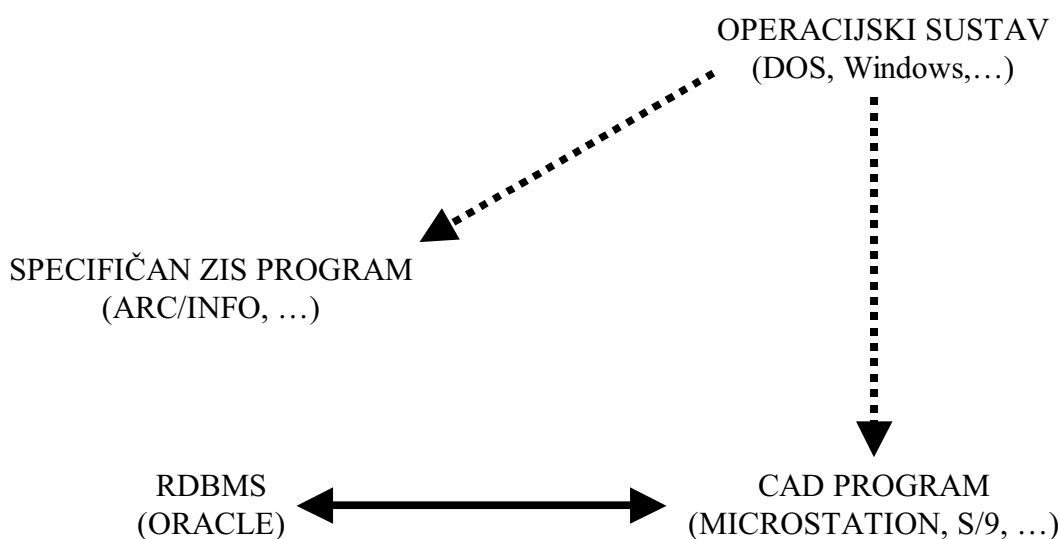
- **operativnim sustavom**;
- **specifičnim ZIS programom** ili CAD programom;
- eventualno **programom za podršku** korištene relacijske ili ne tako često hijerarhijske **baze opisnih podataka**;
- **programskim sučeljima** (npr. *microstation field*) za primanje digitalnih informacija iz perifernih sustava (npr. koordinate iz prijemnika GPS-a).

Operativni sustavi

U primjeni je niz operativnih sustava koji su prikladni za određenu platformu primjene ZIS-a. Tako npr. na platformi središnjeg računala operativni sustav IBM-a MVS podržava IBM-ov ZIS program GFIS, dok je npr. na PC platformi Microstation 5/95 CAD program podržan od čitavog niza OS-a (DOS, Windows XXX, Macintosh i Unix).

ZIS programi

ZIS može biti programski podržan specifičnim programom, tj. programom koji je isključivo namijenjen za upravljanje, nadzor, korištenje i zaštitu prostora. Takav program ima sve funkcije obrade analognih i digitalnih podataka o objektima u prostoru. Kod takvih programa može atribucija objekata biti u vlastitoj bazi podataka, zajedno sa slikovnim podacima (npr. Arc/info) ili se za potrebe atribucije koriste vanjske baze podataka (npr. S/9 ili Microstation 5 koji mogu koristiti npr. Oracle).



CAD programi omogućuju ostvarivanje ZIS-a sa vanjskim opisnim bazama podataka. Tako je npr. unutar niza postupaka alata Microstation 5 moguće odabrati specifičnu ZIS programsku konfiguraciju¹.

Postoji analogija između ručnog i crtanja pomoću računala.

Središnji dio Microstation 5 je radni prostor ("radni stol"), tj. zaslon računala pomoću kojeg se provjerava snimka. Iz radnog prostora se upravlja slikovnim datotekama (otvaranje/zatvaranje, prevođenje slikovne datoteke u Microstation 5 format ili iz Microstation 5 formata u neki drugi rasterski ili vektorski format.

Slikovna datoteka je preko programa za upravljanje na raspolaganju. (Možemo npr. satelitsku snimku ili katastarsku podlogu prikazati na zaslonu.)

Dodatno nam na raspolaganju stoje alati za predobradu slikovnog prikaza na zaslonu i dodavanje potrebnih promjena u programu pomoću programskog jezika MDL.

¹ Od svih CAD modula – cca. 30 MB, specifični ZIS moduli zauzimaju samo 0.8 MB.

Specifični alati (moduli) omogućuju standardnom CAD programu korištenje pravokutnog, cilindričnog i sfernog koordinatnog sustava te digitalizaciju slikovnih podataka.

Najnovija ekstenzija Microstation-a 95 zove se Microstation Geographics i omogućuje:

- kartiranje;
- korištenje biblioteke zemljovida;
- izgradnju točnih slikovnih baza podataka,
- povezivanje sa postojećim tekstualnim (opisnim) bazama podataka;
- prihvatanje slikovnih podataka vektorskih (IGES, DXF, DWG i CGM) i rasterskih formata (TIFF, CIT, COT);
- olakšan je rad sa vanjskim bazama podataka pri upitima;
- integriran je rasterski i vektorski ZIS (baze);
- na raspolaganju je sučelje za "klik" odabir lokacije na ekranu te
- mogućnost za efikasno korištenje velikih tekstualnih baza podataka (dBase III/IV, Oracle, Informix, DB2).

VAŽNIJI PROIZVOĐAČI ZIS SOFTVERA I NJIHOVI PROGRAMI

Proizvođače softvera je moguće strpati u tri kategorije:

1. SW za rad sa rasterskim slikovnim podacima:
 - ERDAS – ERDAS,
 - ITC – ILWIS;
2. SW za rad sa vektorskim slikovnim podacima:
 - CAD GRAPHICS – GEO/SQL,
 - GENESYS – GENESYS,
 - SIEMENS – SICAD;
3. SW za rad i sa vektorskim i sa rasterskim slikovnim podacima
 - INTERGRAPH – MGE (Modular GIS Environment),
 - ESRI – ARC/INFO,
 - BENTLEY – MICROSTATION 95, MS GEOGRAPHIC, MS DESCARTES, MS FIELD.

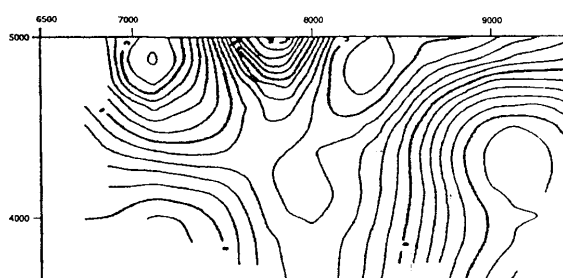
DEFINICIJA OBJEKTA U ZIS-u *

Objekt, kao predmet promatranja u ZIS-u, je stvar (npr. livada, most, oblak,...) ili prostorni pojam (npr. izohipsa, državna granica, sjena,...).

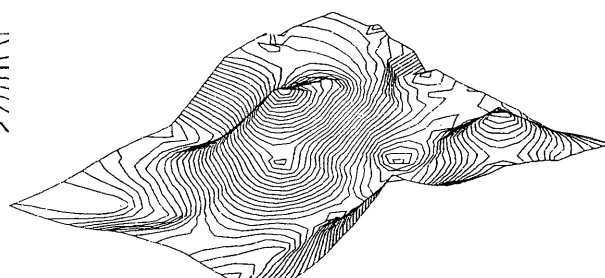
Objekti se slikovno prezentiraju:

- **točkom** (npr. stablo, vrh planine,...),
- **linijom** (npr. plinovod, cesta, potok,...),
- **poligonom** (npr. katastarska čestica, jezero, golf teren,...) te
- **prostornim tijelom** (npr. most, zgrada, planina,...).

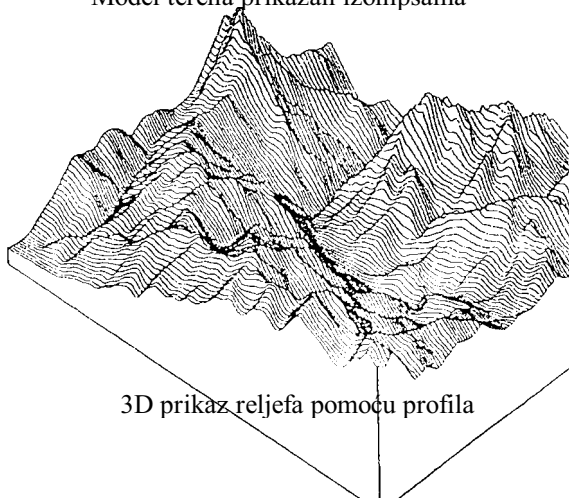
Točka je definirana svojim koordinatama (x, y, z). Točka nema dimenzije.



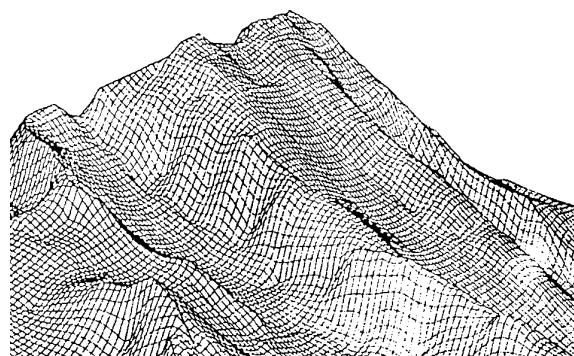
Model terena prikazan izohipsama



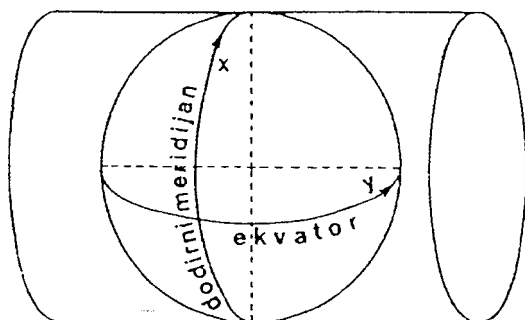
3D prikaz reljefa izolinijama



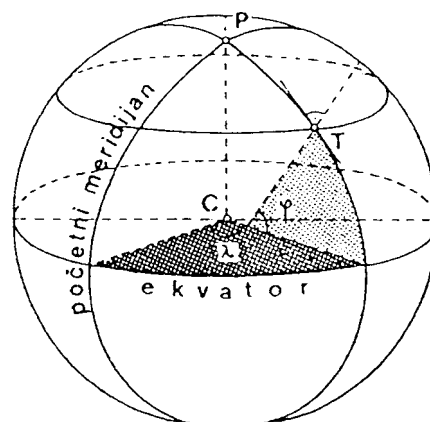
3D prikaz reljefa pomoću profila



3D prikaz terena pomoću mreže kvadrata



Gauss-Krügerova projekcija
- dodirna krivulja 2 meridijana
- izabrana je za primjenu u Hrvatskoj

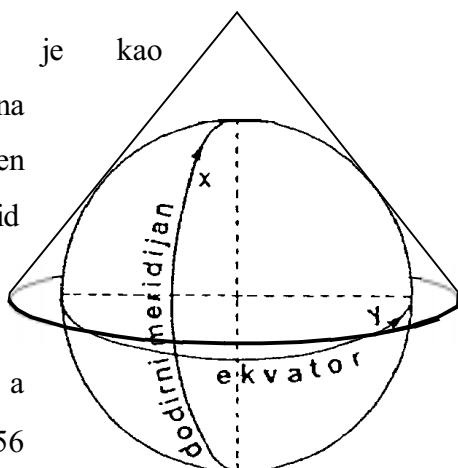


Zemljin elipsoid i
zemljopisne (sferne) koordinate φ i λ

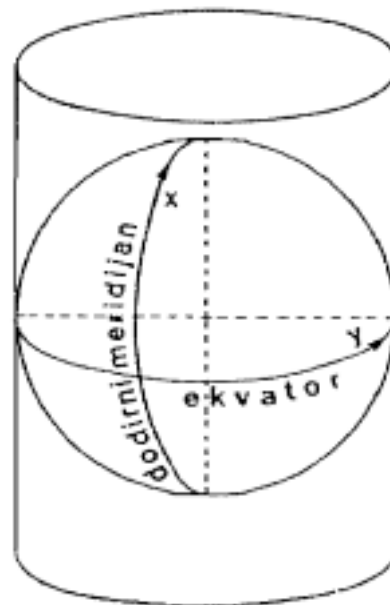
U ravnini na koju se sferna ploha preslikava položaj točke je označen sa pravokutnim koordinatama x i y . Kod Gauss-Krügerove projekcije se koristi cilindar kao ploha na koju se preslikava. Iza preslikavanja se cilindar otvori i dobije projekcija u ravnini. Gauss-Krügerova projekcija izabrana je za primjenu u Hrvatskoj.

Elipsoid koji danas najbolje matematički opisuje Zemlju je *rotacijski elipsoid* sa oznakom **WGS84**.

U Hrvatskoj je kao geodetska referentna ploha prihvaćen Besselov elipsoid (1841. god.), kod kojeg je velika poluos $a \approx 6377$ km, a mala poluos $b \approx 6356$ km, pri čemu je izračunata **spljoštenost** $f = 1 : 299.2$.



Besselova projekcija



Mercatorova projekcija

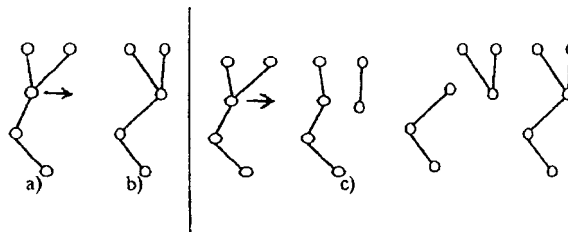
Hrvatska (točnije Zagreb), je smještena na oko:

- 45° zemljopisne širine (paralela) i
- 16° zemljopisne dužine (meridijan).

TOPOLOGIJA¹

Topologija je znanost o odnosima između objekata u prostoru, a objekti su prikazani bez koordinata. Topološki prikaz je često prikladniji od uobičajenog zemljovida – prikazuje informaciju koja nas zanima.

Topološki podaci se unose **odmah** prilikom formiranja slikovnih baza podataka. Gotovo svi modeli baza podataka to omogućuju. Jednom uneseni topološki podaci posebno su korisni prilikom promjene položaja objekata u prostoru.



Pomicanje točke sa i bez topoloških podataka

¹ Topologija je zemljopis bez koordinata koji poštuje samo susjedstvo (npr. prikaz tramvajskih stanica u Zagrebu).

ODREĐIVANJE OBLIKA ZEMLJE

1. Prvo su Grci pretpostavljali da je Zemlja savršena kugla.
2. Zatim je Newton u 17. st. i ostali znanstvenici u 18. st. ustanovili da se radi o rotacionom elipsoidu, odnosno sferoidu. Njegova **spljoštenost** f dana je formulom

$$f = \frac{a-b}{a}, \text{ gdje su } a \text{ i } b \text{ velika odnosno mala poluos elipse.}$$

Za izračun spljoštenosti Zemlje koristi se formula $f = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$.

3. Treći korak predstavljaju radovi Boškovića, Delambre-a, Bessela i ostalih koji daju čitav spektar izračunatih dimenzija rotacionog elipsoida.
4. Četvrti korak predstavljaju radovi nakon 1972. god. koji pokazuju da Zemlja nije pravilan elipsoid pa ekvator nije pravilna kružnica nego elipsa sa izbočenjima na $\lambda = 15^\circ$ i $\lambda = 165^\circ$. Radi toga treba za određivanje oblika Zemlje uzeti **troosni elipsoid**. Zbog toga je uveden pojam **geocentrične širine** (kut između radijus vektora zemljinog elipsoida i radijus vektora promatrane točke mjeren u ravnini meridijana mjesta). Veza između zemljopisne i geocentrične širine: $tg\theta = (1 - e^2)tg\varphi$ gdje je θ geocentrična širina, a e je ekscentricitet elipsoida.
5. Peti korak dugujemo satelitskoj tehnologiji koja je ustanovila da Zemljine polutke nisu simetrične u odnosu na ekvator. Radi toga je uveden novi naziv **apoid**.
6. Kasnija istraživanja ustanovila su da se oblik Zemljinog rotacionog elipsoida, tj. apoida ne može matematičko egzaktno odrediti pa je za tu svrhu najnovije uveden pojam **geoida**.

ZEMLJOVIDNE PROJEKCIJE

Da bi se oplošje rotacijskog elipsoida preslikalo na ravninu koriste se različite vrste projekcija koje u prvom redu dijelimo:

- prema svojstvima preslikavanja odnosno deformaciji,
- prema izgledu meridijana i paralela te vrsti pomoćne plohe na koju preslikavamo,
- prema položaju ravnine na koju projiciramo u odnosu na os Zemljinog elipsoida.

Tako je moguće sfernu plohu preslikati na oplošje valjka (*cilindrična projekcija*), stošca (*konusna projekcija*) i sl.

Cilindrična projekcija

Gauss-Krügerova projekcija

Zamislimo da je Zemljin elipsoid uvučen u cilindar. Dodirna kružnica su dva kontaktna meridijana. U Gauss-Krügerovoj projekciji bit će kontaktni svaki treći i pripadajući $+180^{\circ}$ meridijan. Ako cilindar presiječemo po duljini i razvijemo, dobit ćemo projekcije rotacionog elipsoida u ravninu.

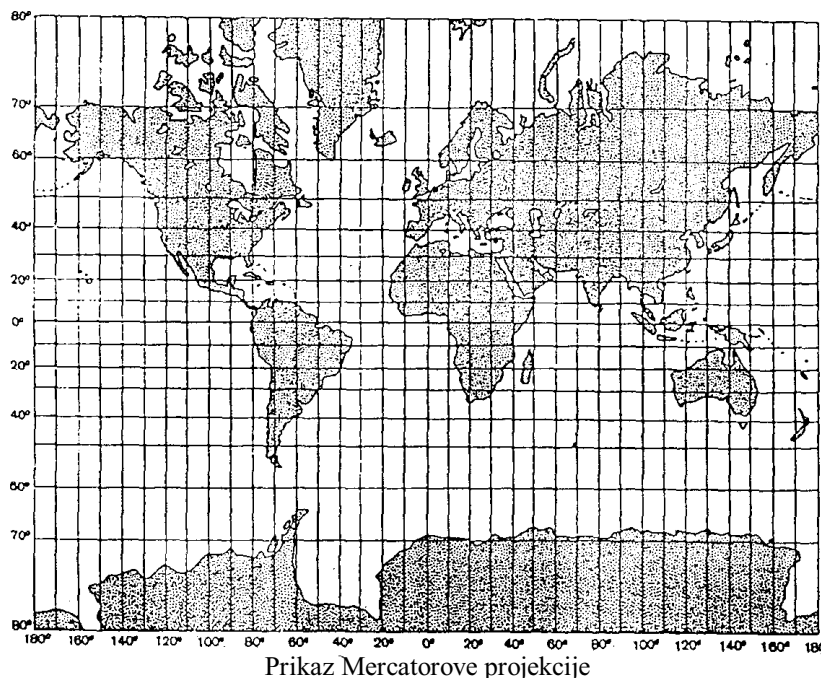
Kako deformacija raste udaljavanjem od kontaktnog meridijana, dogovoreno je da takva deformacija ne smije biti veća od 10 cm na 1 km. Taj je uvjet zadovoljen preslikavanjem pojasa zemljopisne dužine od 3° i to tako da projiciramo 1.5° z.d. istočno i 1.5° z.d. zapadno od kontaktnog meridijana. Pri toj projekciji se os X koordinatnog sustava poklapa s projekcijom kontaktnog meridijana, a os Y sa projekcijom ekvatora. Da bi se izbjegle negativne vrijednosti za objekte zapadno od kontaktnog meridijana dodaje se konstanta 500 000, a da se označi broj koordinatnog sustava se u petom koordinatnom sustavu dodaje Y koordinati 5 000 000, a u šestom 6 000 000.

RH se nalazi u petom (za kontaktni meridijan $\lambda = 15^{\circ}$) i šestom koordinatnom sustavu (za kontaktni meridijan $\lambda = 18^{\circ}$).

Kod cilindrične projekcije su meridijani preslikani kao paralelni pravci na razmacima koji su proporcionalni zemljopisnim duljinama, a paralele se jednako tako preslikavaju kao pravci koji su okomiti na preslikane paralele. Razmaci između paralela su proporcionalni zemljopisnoj širini.

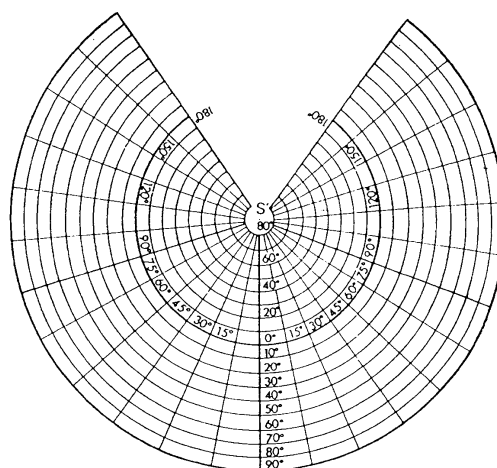
MERCATOROVA PROJEKCIJA

Nastaje kada se cilindar dodiruje sa zemljinim elipsoidom po ekvatoru. Na ovoj je projekciji zemljovid svijeta prikazan sa različitim razmacima između paralela, koji se povećavaju kako raste zemljopisna širina.



KONUSNA PROJEKCIJA

Koristi se za izradu topografskih zemljovida u mjerilu 1 : 500 000. U tu svrhu se koristi **Lambertova komforna konusna projekcija** – konus na koji projiciramo siječe odabrani Zemljin elipsoid u paralelama koje imaju zemljopisnu širinu φ_1 i φ_2 . te paralele imaju nulte deformacije i zovemo ih standardnim paralelama. Zemljopisne širine tih paralela se tako odaberu da je deformacija



Prikaz meridijana i paralela u konusnoj projekciji

preslikavanog područja što manja. Meridijane preslikavamo kao pravce koji zrakasto izvire iz jedne točke, pod kutovima koji su proporcionalni njihovim zemljopisnim dužinama.

Za izradu općeg zemljovida (1 : 1 000 000) koristi se **polikonusna projekcija** s dimenzijama pojedinih listova zemljovida od 4° z.š. i 6° z.d.

PROSTORNI PODACI ZA GIS**1. KARTE**

Definicija1: Geografska karta je matematički određen generaliziran prikaz u ravnini položaja, stanja i ovisnosti različitih prirodnih i društvenih pojava na površini Zemlje, izabranih u skladu s namjenom karte. (Lovrić, 1988.)

Definicija2: Karta prikazuje ono što nam treba. (Sališćev, 1982.)

2. KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE

Matematički model:
$$\begin{cases} x = f_1(\varphi, \lambda) \\ y = f_2(\varphi, \lambda) \end{cases}$$

Gauss-Krügerova projekcija

Poliedarska projekcija – koristi se kod starih karata koji imaju početni meridijan Pariz.

3. PLANOVI I KARTE (analogni prostorni podaci)

- *katatarski planovi* (1:1440, 2880 austrijska (grafička) izmjera; 1:500, 1000, 2000, 2500, 5000 nova (numerička) izmjera)
- *osnovna državna karta* (1:5000)
- *topografska karta* (1:25000, 50000, 100000, 200000; 1:500000 pregledna t. k.)

4. ULOGA KARTE U GIS-u

Definicija: GIS je zbirka informacijske tehnologije, podataka, procedura za prikupljanje, pohranjivanje, rukovanje, analizu i prikaz karata i opisnih informacija o entitetima koji mogu biti prikazani na karti. (Huxhold, Levinsohn, 1995.)

VRSTE KARATA

- analogne i
- digitalne.

VRSTE (DIGITALNIH) KARATA PREMA NAČINU IZRADE

Izrada digitalnih karata:

- iz izvornih (izravnih) mjerenja,
- vektorskom digitalizacijom,
- izrada digitalnih rasterskih karata iz skeniranih karata,
- izrada digitalnih vektorskih karata iz digitalnih rasterskih karata.

UNOS PODATAKA

- preko tastature,
- ručna digitalizacija,
- skeniranje (karata) s udaljenosti (satelit),
- fotogrametrija,
- GPS,
- koordinatna geometrija,
- ostali izvori.

5. DIGITALNI ATLAS SVIJETA

Microsoft Encarta World Atlas 97 – multimedijски atlas

Strukture pohranjivanja prostornih podataka¹

- a) **rasterska** – točnost prikaza podataka ovisi o gustoći PEL-a;
- b) **vektorska** (primjer: kružnica se može definirati središtem i polumjerom).

¹ Struktura pohranjivanja prostornih podataka utječe na potrebnu memoriju i efikasnost.

BAZE PODATAKA U ZIS-u

A. SLIKOVNE

- čine osnovnu razliku ZIS-a od ostalih IS-a,
- ZIS jedini može slikovno prikazati prostor,
- mogu biti rasterske ili vektorske

B. OPISNE

- neki programi (ART/INFO) omogućuju da opisni podaci budu memorirani uz slikovne, dok drugi imaju opisne podatke u vanjskoj, relacijskoj bazi podataka

I. RASTERSKE BAZE PODATAKA

Kod rasterskog pohranjivanja osnovni element slike je **pel** (picture element, djelić slike; stari naziv je pixel). To su obično slike iz aviona ili satelita. O gustoći pelova ovisi rezolucija snimaka. Pošto se snimanje obično vrši u višekanalnim spektralnim pojasevima, dobivamo istovremeno i slojevite (tematske) prikaze istog područja. Selekcija tematskih slojeva je moguća i naknadnom spektralnom analizom. Izvorne slike se koriste komercijalno, tj. nedoradeno ili pak obrađeno po potrebama kupca (npr. stanje vegetacije na nekom području).

Konverzija formata vrši se:

- između različite strukture digitalnih podataka (raster u vektor),
- između različitih nosilaca.

PRIMJERI STRUKTURA RASTERSKIH FORMATA SLIKOVNIH BAZA PODATAKA

BSQ (Band Sequential – sekvencijalno grupiranje)

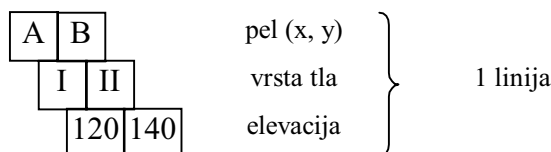
- u jednoj datoteci su samo koordinate pelova, a za svaki pel postoje opisni podaci u posebnoj datoteci, npr, elevacijska ili za vrstu tla,...;
- takva struktura je dobra ako promatramo samo jednu temu, npr. elevaciju tj. konfiguraciju tla.

BIP (Band Interleaved by Pel)

- svi atributi jednog pela su memorirani zajedno;
- dobro ako istražujemo (npr. nagib tla u svezi s prosječnim oborinama).

BIL (Band Interleaved by Line)

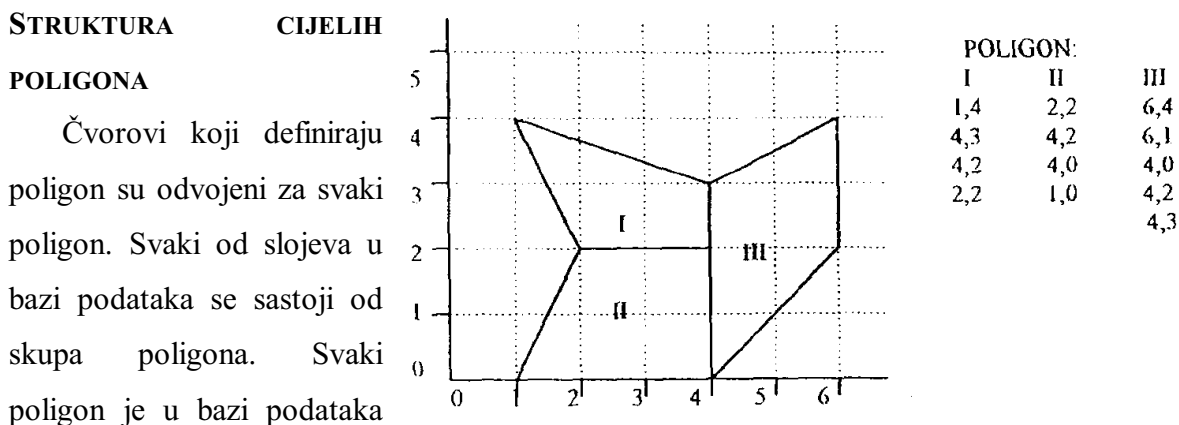
- kombinacija BSQ-a i BIP-a;
- za svaki red pelova postoji opisni red za pojedinu vrstu opisa.



II. VEKTORSKE BAZE PODATAKA

Vektorski zapis je baziran na poznavanju koordinata početka i kraja vektora – za ravne linije. Prikaz krivulja treba pratiti s dovoljnim brojem vektora da se ne izgubi stvarni oblik objekta. S druge strane, ako je krivulja pravilna dovoljno je pohraniti i manje podataka (npr. kod kružnice središte i polumjer).

VRSTE VEKTORSKIH STRUKTURA PODATAKA



kôdiran kao zatvoreno područje i posebno pohranjen. Nema pohranjene informacije o susjedstvu dvaju poligona, tj. nema topoloških informacija. Svaka linija susjednih poligona se mora definirati za svaki poligon posebno. Svaka zajednička točka, npr. (4, 2) mora biti nekoliko puta unesena u BP. Ažuriranje podataka je osjetljivo na rušenje strukture podataka.

DIME FILE STRUCTURE

Dizajniran je za potrebe unosa topoloških informacija pri demografskim analizama. DIM nema GIS strukturu već se koristi kao standard za arhiviranje te kao format za prijenos podataka između različitih sustava. Osnovni element DIME datoteke je dio linije ograničen sa 2 točke ili čvorišta. Linije i čvorišta su zajednički susjednim poligonima. Ta struktura pretpostavlja da su linije ravne. Krivulje se moraju predstaviti kao niz pravocrtnih segmenata. Svaki dio linije je pohranjen s 3 osnovna podatka:

- ime segmenta (npr. ime ulice),
- oznaka čvorišta *od* odnosno *do*, te
- oznake poligona sa desne i lijeve strane promatranog segmenta.

ARC-NODE STRUKTURA

U ovoj su strukturi uz slikovni prikaz pohranjene i informacije (opisni podaci). Slikovni podaci su smješteni hijerarhijski (točka → luk → poligon). Točka je osnovni

element podataka. Lukovi su zasebni elementi linije (XY parova). Čvorišta su na krajevima lukova i čine granicu između dva luka. Ovdje su poligoni površine potpuno okružene lukovima. Atributi su pohranjeni zajedno sa topološkim podacima.

RELACIJSKA STRUKTURA

Identična je arc-node strukturi, s razlikom da su atributi odvojeni od slikovnih podataka. Atributi su odvojeno pohranjeni od topoloških informacija.

USPOREDBA RASTERSKOG I VEKTORSKOG MODELA POHRANJIVANJA SLIKOVNIH PODATAKA

Koriste se oba modela pohranjivanja podataka, a iz ove usporedbe se vide razlozi odabira. Većina modernog softvera omogućava rad s oba modela.

RASTERSKI MODEL PODATAKA

Prednosti

- jednostavna i jednostavna struktura podataka,
- lako prikazivanje tematskih slojeva,
- prikladan za prikaz prostornih razlika,
- prikladan za rukovanje digitalnih snimaka (zumiranjem, preklapanjem, dopunjavanjem, ispravljanjem).

Nedostaci

- nekompaktna struktura koja zahtijeva mnogo memorije,
- neprikladan za prikaz topoloških odnosa,
- slikovni prikazi u krupnim mjerilima su ružni (ravne crte izgledaju nazubljeno).

VEKTORSKI MODEL PODATAKA

Prednosti

- kompaktna struktura podataka i manje potrebne memorije,
- lak pristup do topoloških informacija, posebno u svrhu analiza katastra vodova,
- bolje podržava slikovne prikaze, npr. izradu klasičnih zemljovida.

Nedostaci

- kompleksna struktura radi topologije, točnosti veza, zatvorenosti poligona,
- obrada tematskih slojeva je teška,
- lošiji za registraciju promjena,
- manja efikasnost pri obradi digitalnih snimaka.

Konverzije između formata možemo podijeliti u dvije skupine:

- između formata unutar rasterskog (vektorskog) modela podataka te
- između rasterskog i vektorskog modela podataka.

ZEMLJOVIDI

Zemljovid je skupni naziv za slikovni prikaz u ravnini smještaja objekata na zemaljskoj površini. Ako se takav prikaz odnosi na Mjesec ili neko drugo svemirsko tijelo, naziv bi trebalo adekvatno prilagoditi (npr. mjesecovid).

Zemljovid su jedan od finalnih proizvoda ZIS-a nakon što je odabran rotacioni elipsoid, izabrana vrsta projiciranja na ravninu, odabran koordinatni sustav, izvršena predobrada i obrada slikovnih podataka te odabrano mjerilo.

Kao ulazni podaci se koriste sve vrste izmjere, od satelitske do terenske.

Sadržaj zemljovida je ovisan o upotrebi, pa tako razlikujemo

- *obične topografske zemljovide* (poput onih na zidu učionica),
- *katastarske listove i planove* s jasnom naznakom katastarskih čestica,
- *tematske* sa vodama tekućicama, stajaćicama, vodocrpilištima, zagađivačima i sl.

Is crtavanje zemljovida je klasičan način korištenja i glavna prednost ZIS-a je da je dostupan digitalan zapis otporan na promjene koje su se dešavale radi starenja papira, brzo dostupan u momentu upotrebe. Naime, često puta, a posebno kod primjene zemljovida u toku ratnih operacija, nije potrebno iscrtati zemljovid. Situacija se prebrzo mijenja i prikaz na zaslonu ekrana je dovoljan za donošenje odluka. Tu kategoriju zemljovida možemo nazvati digitalni zemljovid za trenutnu upotrebu, jer se niti memoriraju niti iscrtavaju.

IZRADA ZEMLJOVIDA

Pri izradi zemljovida na bazi snimaka, tj. digitaliziranog analognog podatka mjerilo odlučuje o eventualnim zahvatima u načinu prikazivanja. Pri tome se vrši:

- izbor objekata od interesa,
- spajanje veoma bliskih objekata,
- izgladivanje linija (obale, ceste),
- zamjena objekta točkom.

Pomicanje objekata zbog sitnog mjerila (ako je mjerilo npr. 1:100000 neka cesta prikazana širinom 1 mm bi u prirodi morala biti široka 100 m, pa bi i kuće uz cestu bile prikazane usred ceste \Rightarrow zato objekte uz cestu na zemljovidu pomičemo uz rub ceste).

Takvi zahvati se dobrim dijelom mogu vršiti pomoću programa, no pri tome kartograf treba u interaktivnom radu s računalom donositi odluke o potrebnim tj. dozvoljenim promjenama.

MJERILA ZEMLJOVIDA

Zemljovidi se po primijenjenom mjerilu mogu svrstati u 5 grupa:

- zemljovidi krupnog mjerila (od 1:500, 1000, 2500, 1440, 2880),
- osnovni državni zemljovid (1:5000, 10000),
- topografski zemljovidi (1:25000, 50000, 100000),
- pregledni topografski zemljovid (1:300000),
- zemljovidi sitnog mjerila (1:500000).

Zemljovidi istog mjerila se slažu u grupe prema bročanim oznakama koje idu od zapada prema istoku te od sjevera prema jugu.

Tako se zemljovid 1:25000 (tzv. temeljna triangulacijska sekcija, 22.5 km x 15 km) može podijeliti na: 10 x 5 listova, dakle 50 listova osnovnog državnog zemljovida (ODZ) u mjerilu 1:5000.

ZEMLJOVIDI KRUPNOG MJERILA

U zemljovide krupnog mjerila spadaju mjerila 1:500, 1000, 2500, 1440, 2880. Zadnja se dva odnose još na austrijsku izmjeru. Nova izmjera za potrebe katastarskog zemljovida Republike Hrvatske pokriva samo oko 20% teritorija, dok je ostali dio austrijska izmjera.

Zemljovidi krupnog mjerila služe za optimaliziranje pristupnog puta automobilima hitne pomoći te vatrogascima.

Osnovni državni zemljovid (ODZ)

ODZ je u mjerilu 1:5000, ali i djelomično u 1:10000. to su prikladni zemljovidi za planiranje izgradnje naselja, cesta, pruga te u agronomiji i šumarstvu. ODZ-om je pokriveno oko 65% teritorija RH, a izmjera većim dijelom starija od 10 godina.

TOPOGRAFSKI ZEMLJOVIDI

Topografski zemljovidi su mjerila 1:25000, 50000 te 1:100000. služe za vojne potrebe, ali im je pouzdanost slaba. U mjerilu 1:500000 je pokrivena samo Istra.

ZEMLJOVIDI SITNOG MJERILA

Mjerila su 1:500000. To su uobičajeni zidni zemljovidi, gdje je 1 cm na zemljovidu 5 km u prirodi. To je dovoljna preciznost za potrebe osnovnih škola, ali i za auto zemljovide te za turističke, industrijske, sirovinske, distributivne i ekološke zemljovidne prikaze.

REZOLUCIJA (RAZLUČIVOST)

Definicija1: Razlučiti dijelove promatranog objekta.

Definicija2: **Tobler** (1987.) definira rezoluciju kao zemljopisno područje podijeljeno brojem promatranih objekata, te svedeno na normalizirani **srednji faktor rezolucije**.

PRIMJERI

a) Ako SAD imaju 6×10^6 km² i 50 država, tada srednji faktor rezolucije na zemljovidnoj

karti SAD-a iznosi: $SFR = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^6 \text{ km}^2}{50}} = 346 \text{ km}$ da bi se mogla razlikovati država od

države. Tako možemo istraživati objekte u prostoru te izračunati vrijednost prostorne rezolucije neke baze podataka. Ako povećavamo broj promatranih objekata, SFR se smanjuje.

b) Ako na zemljovidu SAD-a imamo 3141 pokrajina: $SFR = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^6 \text{ km}^2}{3141}} = 43 \text{ km}$. Ako

imamo više informacija, SFR se smanjuje i to zovemo bolja, veća rezolucija, jer vidimo više detalja.

KARTOGRAFIJA I ZIS¹

Kartografija je znanstvena disciplina o povijesti, izradi, korištenju i održavanju zemljovida. Tehnička enciklopedija (Borčić) opravdano kaže da je to znanstvena disciplina koja proučava i prikazuje stvarni uzajamni razmještaj materijalnih predmeta te prirodnih i društvenih pojava.

Zemljovid je glavni proizvod kartografije, a ZIS-u je on samo 1 od mogućih oblika tražene informacije.

Kartografija duguje svoj naziv latinskoj riječi *charta*, list, a srodna je sa novogrčkom riječi za list *hartes*. Drugi dio naziva, tj. grafija, dolazi od starogrčke riječi *grafein*, koja znači pisati.

Unutar kartografije razlikujemo pet područja:

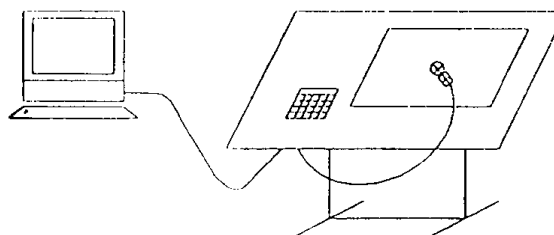
- **matematička kartografija**
 - bavi se kartografskim projekcijama,
 - proučava prednosti i nedostatke različitih vrsta projekcija u odnosu na veličinu projiciranog područja te konstrukciju kartografskih mreža;
- **metakartografija** – bavi se teoretskim razmatranjima;
- **opća kartografija**
 - bavi se poviješću kartografije i zemljovida,
 - kartografskim oznakama i načinom njihova prikaza,
 - bojama na zemljovidu,
 - primjenom računala,
 - uopćavanjem kartografskih problema,
 - podjelom zemljovida te
 - atlasima;
- **praktična kartografija** – bavi se izradom, održavanjem te korištenjem zemljovida;
- **tematska kartografija** – bavi se izradom zemljovida koji prikazuju odabranu, jednu ili više tema. Ovdje dolazi najviše do izražaja podudarnost sa ZIS-om koji u programima ima mogućnost upravljanja slikovnim bazama podataka po tematskim slojevima.

¹ Početak ZIS-a je zajedno sa kartografijom.

UREĐAJI ZA DIGITALIZACIJU

Uređaji za digitalizaciju su:

- grafički tablet sa slobodno vođenom markicom (vektorski digitalizator) i
- skener (rasterski digitalizator).



Vektorski digitalizator

Oni su vanjske ulazne jedinice računala.

Vektorski digitalizator se sastoji od plohe za digitalizaciju, markice s križem i tipkovnice.

Konverzija nosača podataka

- **digitalni tablet** = stolić za digitalizaciju slika, karata,
- *točnost*: 100 – 1000 točaka/inch
- *distorzije* kod digitaliziranja: film 0.2%, papir 3%.

Metode prijenosa u digitalni oblik* :

- **point mode** – točka po točku,
- **line mode** – automatsko iscrtavanje pravca između dvije označene točke,
- **stream mode** – praćenje krivulje uz vremensko ili ekvidistantno prenošenje lokacije (npr. 1 mm = 1 točka u memoriji).

Scanner – čitač:

- razlikuje milijune boja ili nijansi,
- može istovremeno prenositi rastersku sliku u vektorski format.

FOTOGRAMetriJA

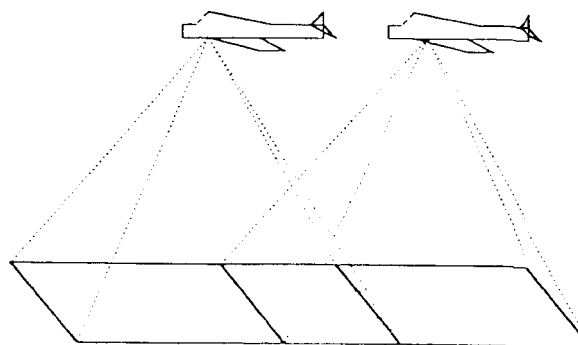
Fotogrametrija je tehnika mjerenja pri kojoj se iz fotografskih snimaka dobiva položaj, oblik i veličina snimljenog objekta. Tako izvršena izmjera se naziva **fotogrametrijska izmjera** ili **fotoizmjera**.

Možemo dobiti dvodimenzionalnu (ravninsku) ili trodimenzionalnu (prostornu) predodžbu snimljenog prostora.

Baza – prostor između dva snimanja.

Stereo-par – čine dvije snimke istog

terena snimljene iz istog položaja aviona ali pod različitim kutovima.



SATELITSKI SUSTAVI¹

Prva snimanja sa satelita obavljena su 1959. godine s američkog satelita *Explorer 6*².

U pravilu je svaki satelitski sustav odrediv po namjeni te tehničkom rješenju. Svaki satelitski sustav je definiran po:

- broju satelita,
- nagibu i broju putanja,
- visini leta,
- širini promatranog prostora te
- vrsti primijenjenih senzora.

Time je ujedno i definirana rezolucija snimaka, odnosno najmanja veličina još raspoznatljivog objekta. Na sadašnjim komercijalnim satelitskim snimkama je raspoznatljivost 2 m. To na satelitskoj snimci Zagreba znači da u prometu razlikujemo osobni auto, kombi te kamion. Za vojne satelite nemamo podataka, no za pretpostaviti je da je raspoznatljivost daleko bolja.

Neki veći satelitski sustavi su:

- LANDSAT,
- SPOT,
- ERS,
- JERS,
- Meteorološki satelitski sustavi.

SUSTAV LANDSAT

Američki sustav satelita koji do sada ima lansirana 6 satelita (u planu su još 2). Snimke sa tog sustava se primaju u 20-ak zemaljskih stanica koje su jednakomjerno raspoređene u odnosu na putanje satelita. U proteklih 35 godina sateliti LANDSAT-a su snimili preko 3,5 milijuna snimki koje se koriste pri otkrivanju nafte, plina, minerala, uvid u vremenske promjene, zagađenja atmosfere, otkrivanje vulkanskih erupcija, katastrofe u Černobilu i sl.

Prvi iz serije je lansiran 1972. god. pod imenom ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite). Ime mu je promijenjeno 1975. god., a prestao je snimati polovinom 1976. god.

LANDSAT-2 je lansiran početkom 1975. god., a LANDSAT-3 početkom 1978. god.

¹ Prvi sateliti: SAD 7. 8. 1959. *USA Explorer 6*; Europa 17. 7. 1991. *ERS*.

² S visine 160 – 1360 km!

Sva spomenuta tri satelita snimaju sa visine 920 km, širina snimanja je 185 km, a ciklus ponovnog vraćanja satelita na položaj za snimanje istog terena je 18 dana. Jedna snimka prikazuje površinu od 185 km x 185 km. U satelitima su smještene televizijske kamere koje su dale veoma loše snimke za razliku od multispektralnih skenera (MSS) koji su se pokazali veoma dobrima. MSS je opremljen sa 4 spektralna kanala (od 0.5 μm do 1.1 μm), a u LANDSAT-3 je pridodan još i senzor za snimanja u toplinskom (infracrvenom) području od 10.4 μm do 12.6 μm .

SVJETSKI SUSTAV ZA ODREĐIVANJE POLOŽAJA PRIJEMNIKA

GPS (*Global Positioning System*), svjetski sustav za određivanje položaja nekog objekta se sastoji od

- 24 satelita (+3 pričuvna) koji su u orbiti u 6 putanja te
- 5 zemaljskih upravljačkih stanica.

Sateliti su tako raspoređeni da istovremeno "vide" svaku točku na Zemlji sa najmanje 4 satelita. Sateliti odašilju dvije frekvencije:

- jedna na koju su namodulirani kôdovi o putanji i vremenu na satelitu,
- a drugu sa kôdovima za mjerenje.

GPS se koristi za određivanje položaja objekta na dva načina:

- **apsolutan način** – kada se signali sa 4 satelita primaju u jednoj točki, a točnost je od 2 do 5 m. Komercijalne izvedbe imaju ugrađenu pogrešku u kôdu, pa je točnost 30 m;
- **relativan način** – kada signale sa 4 satelita primamo u 2 međusobno udaljene točke, točnost izmjere udaljenosti između te dvije točke je na 100 km 1 dm.

GPS prijemnik može biti direktno spregnut sa PC-om koji ima Microstation Field Program, koji nudi odgovarajuće sučelje.

Unos podataka o položaju na rasterskoj slici ili vektorskoj karti je lakši i točniji jer je unos direktno na terenu. Recimo kod kretanja vozila vidimo položaj vozila na ekranu računala. Tako pohranjeni podaci bitno uštedeju troškove unosa i validacije položajnih podataka.

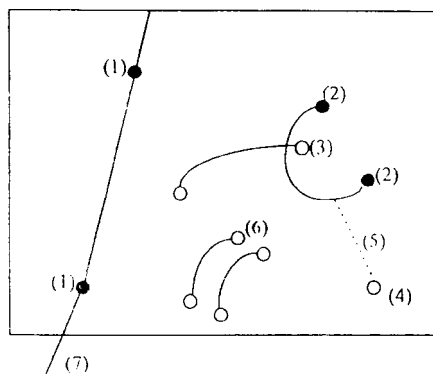
DORADA PROSTORNIH PODATAKA IZA DIGITALIZACIJE

Skenirane snimke ili zemljovide treba pri formiranju slikovnih baza podataka urediti, pod čime podrazumijevamo:

1. pronalaženje pogrešaka,
2. ispravljanje te
3. ažuriranje.

Prilikom provjere kvalitete sadržaja dobivenog digitalnog zapisa mogu se na zaslonu računala uočiti pogreške:

1. nepotreban čvor,
2. poligon nije zatvoren, poligon nema centroida
3. loš priključak,
4. nedostaje objekt,
5. manjka linija,
6. dvostruka linija,
7. izvan okvira.



PREDOBRADA

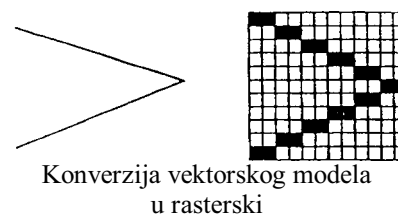
Postupci predobrade služe za konverziju podataka u oblik prikladan za korištenje u ZIS-u. Rezultat predobrade je koordinatama definiran set tematskih slojeva.

OSNOVNE METODE PREDOBRADE:

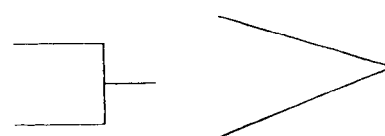
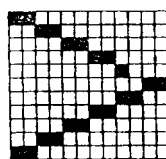
1. *Konverzija formata* (rasterski → vektorski i obratno);
2. *Redukcija podataka i uopćavanje* (npr. označimo samo granice parka);
3. *Otkrivanje pogrešaka i editiranje*;
4. *Merging* – slaganje točaka u linije te točaka i linija u poligone, ako je to moguće;
5. *Usklađivanje rubova*;
6. *Rektificiranje / registriranje*;
7. *Interpolacija* (kad ne možemo izmjeriti neko nepristupačno mjesto);
8. *Fotointerpretacija*.

Konverzija između različitih rasterskih formata je jednostavna. Učitaju se podaci iz jednog formata onim slijedom, koji zahtijeva drugi format.

Konverzija iz vektorskog formata u rasterski izvodi se tako da se svaka točka iz vektorskog formata prenosi u najbliži pel. Gotovo je nemoguće da lokaciji vektorske točke idealno odgovara lokacija pela. To znači da dobijemo rastersku sliku vektora tako definiranu da bi svako vraćanje na vektorski prikaz bilo prava katastrofa. Postoje algoritmi za popravljjanje rasterskog prikaza.



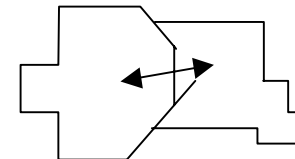
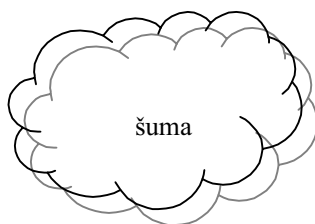
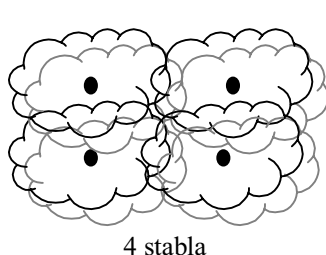
Konverzija rasterskog formata u vektorski je složen postupak, a rezultat je samo približan prikaz. Netočnost za dimenziju pela, a to je



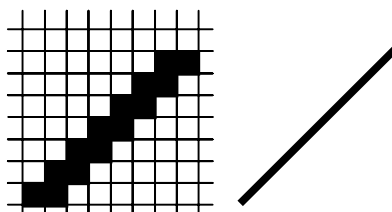
Konverzija rasterskog modela u vektorski

Netočnost za dimenziju pela, a to je kod satelitskih snimaka i do 30 m. I tu imamo za pomoć algoritamske metode, koje ipak imaju ograničenja.

Redukcija podataka i uopćavanje



Thinning – stanjivanje



Merging – uparivanje, usklađivanje; proces gradnje složenih objekata od elementarnih točaka. **Resampling** – stvaranje prosjeka, zajedničkog uzorka. **Snap** – ako je npr. tolerancija 1 mm, približavajući 2 točke na udaljenost cca. 1mm pretvaramo ih u 1 zajedničku. To se događa kod *arc node* strukture vektorske baze.

OTKRIVANJE POGREŠAKA I EDITIRANJE

Pri otkrivanju i ispravljanju uočenih pogrešaka i nedostataka

- dodajemo objekte koji nedostaju,
- brišemo suvišne objekte,
- programski korigiramo nejasno naznačene priključne točke,
- dodajemo nedostatne centroide te zatvaramo nezatvorene poligone.

Česte su i pogreške pri unošenju objekata u zemljovid, kada se prostorno dva objekta preklape (npr. preklapanje prikaza katastarskih čestica) ili da nastane nedefiniran prostor (npr. između katastarskih čestica).

Slaganje objekata (cjelovitost, kompletност)

Slaganje objekata na digitalnom prikazu prostora na zaslonu računala se sastoji od prepoznavanja objekata po vrstama (točka, linija i poligon). Sastoji se od slaganja točaka u linije te linija u poligone, ako je to moguće. Taj postupak zahtijeva od operatera veliko iskustvo, jer je moguće pri nejasnim podacima izmisliti nepostojeći objekt. Pri slaganju, prepoznavanju i unošenju objekata je od velike koristi ako imamo kao podlogu na ekranu već postojeću snimku tog područja.

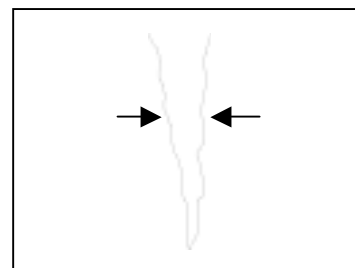
Usklađivanje rubova

Usklađivanje rubova između susjednih digitaliziranih avionskih ili satelitskih snimaka. Postupak bi se mogao izvršiti na stoliću za digitalizaciju. Zbog premalih dimenzija stolića i opasnosti da uništimo predložak, najčešće digitaliziramo svaku snimku posebno. Pri usklađivanju rubova kod povezivanja koristimo lako prepoznatljive objekte na susjednim snimkama, npr. rijeke, ceste i sl. Usklađivanje je moguće činiti

- **ručno** – gledajući u ekran (oprez – to znači da imamo premalo podataka, položajnih i atributivnih – jer ako ih imamo dosta onda to trebamo činiti programom);
- **programski** – ispituju se atributi linija sa obje strane pa se obje adekvatne linije iteracijom spoje.



Nekompletnost



Rasjed - gap



Preklapanje - sliver

Uklapanje u koordinatnu mrežu

Rektifikacija je postupak tijekom kojeg se digitalizirane snimke tj. objekte u prostoru smješta u koordinatnu mrežu. Razlikujemo *preciznu* i *približnu rektifikaciju*.

PRECIZNA REKTIFIKACIJA POMOĆU NUMERIČKIH METODA

Precizna rektifikacija se vrši pomoću egzaktnih numeričkih metoda – algoritamskih rješenja – u slučajevima gdje su ulazne i izlazne baze podataka dobro definirane. Najčešće je to slučaj kad su izvorni podaci neki zemljovid u određenoj projekciji i koordinatnom sustavu, a izlaz drugi zemljovid u drugom koordinatnom sustavu i projekciji.

Menu za rektifikaciju (ERDAS)

Prikaz postupaka konverzije vektorskih podataka iz jednog zemljovida u drugi. Prikazan je ekran gdje korisnik specificira vrstu ulaznih podataka:

- vrste koordinata,
- projekcije,
- mjerilo i
- područje.

PRIBLIŽNA REKTIFIKACIJA

Približna rektifikacija se koristi kod nepreciznih ulaznih podataka posebno kada se oni uklapaju u neki standardni format, npr. kod avionskih snimaka koje nisu precizne zbog različite visine snimanja.

Metoda (*Ground Central point rectification*) se zasniva na povezivanju snimljenih objekata sa zemljovidom na kojem ti objekti imaju točne koordinate.

Postupak povezivanja (*Rubber sheeting operation*)

Pretpostavimo da avio-snimka ima izobličenja radi kuta snimanja, distorzija leća i sl., te stavimo snimku preko zemljovida tog terena, istog mjerila, izaberemo lako prepoznatljiv objekt na snimci i potražimo ga na zemljovidu. Probodemo obje podloge na tom mjestu iglom. Postupak ponovimo potreban broj puta. Tako odabrane, po koordinatama poznate točke zovemo *ground control points* ili *tie poits*.

GRADSKI ZAVOD za katastar i geodetske poslove je upravno tijelo grada koje obavlja upravne i stručne poslove koji se odnose na geodetsku izmjeru, katastar zemljišta, vodova, jedinstvenu evidenciju prostornih jedinica, dokumentaciju prostora grada Zagreba, izradu propisa i druge poslove iz nadležnosti općinskog gradskog tijela za geodetske poslove, sukladno zakonu i propisima.

ZIS U ORUŽANIM SNAGAMA RH

- kartografija
- hidrografija
- ZIS korpusa, brigade, bojne i diviziona
- Mikrovalni senzori u funkciji ZIS-a OS RH

GIS U ORUŽANIM SNAGAMA RH

Bitan dio zapovijedanja i odlučivanja u oružanim snagama RH čini geotopografsko i hidrografsko osiguranje, koje je stvoreno početkom rata kao logistička potpora zapovjedništvima i postrojbama HV-a, pa ono čini ujedno i dio njihovih uspjeha. U članku su opisane dosadašnje aktivnosti usmjerene na uspostavu GIS-a HV, problemi na koje nailazimo, osnovne zadaće i smjernice razvoja.

GEOTOPOGRAFSKO I HIDROGRAFSKO OSIGURANJE

U FUNKCIJI ZAPOVJEDNO-INFORMACIJSKIH SUSTAVA (ZIS-a)

Sustav geotopografskog i hidrografskog osiguranja bitan je segment vojnog sustava odlučivanja i zapovijedanja.

U zapovjedno-informacijskom sustavu C^3I / C^4I (*Command Control Communication and Intelligence / Command Control Communication Computers and Intelligence*) optimalna brojnost informacija o prostoru, odnosno izgrađeni vojni geografski-informacijski sustav ima bitno značenje u praćenju i analizi odvijanja bojnih djelovanja uporabom najnovijih informatičkih tehnologija (Domazet, 1996.). Takav sustav mora se odlikovati efikasnošću, fleksibilnošću i otpornošću.

NEPOVOLJNI ČIMBENICI VEZANI UZ STVARANJE GIS-a HV

Na stvaranje GIS-a HV nepovoljno djeluju sljedeći čimbenici:

- geodetsko-kartografsko razmimoilaženje;
- nesuvremenost sadržaja na postojećim vojnim topografskim zemljovidima;
- nepostojanje nacionalne topografske-kartografske baze podataka i standarda za razmjenu podataka.

PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA VOJNE GEODETSKO-KARTOGRAFSKE SLUŽBE**U OBLASTI STVARANJA GIS-a HV**

Ministarstvo obrane RH je u svojim dosadašnjim aktivnostima u svezi TO-a i HO HV i stvaranja GIS-a HV uradilo sljedeće:

- digitalnu bazu o trigonometrijskim točkama svih redova na području RH (oko 50000 trigonometrijskih točaka). Koordinate svih točaka iz državnog koordinatnog sustava preračunate su u WGS84 koordinatni sustav;
- priručnik *Topografsko znakovlje* u klasičnom i digitalnom obliku;
- osiguralo za područje RH i pograničnog dijela susjednih država najnovije listove zemljovida mjerila 1:25000 i 1:50000;
- osiguralo za područje RH, BIH, te dijelove susjednih zemalja satelitske SPOT i LANDSAT snimke koje se odmah mogu uključiti u GIS, te iskoristiti za izvornike pri izradi topografskih i drugih tematskih zemljovida;
- skeniralo zemljovide mjerila 1:25000 i 1:200000 područja RH i BIH u rezoluciji 300 dpi, 256 tonova sive boje;
- izradilo prijelazno rješenje *Preglednog lista zemljovida* na klasičnom mediju i u digitalnom (vektorskom) obliku;
- za područje akvatorija istočne obale Jadrana 1. dio navigacijskog priručnika (od Savudrije do Zadra) u klasičnom i digitalnom obliku (na CD-ROM-u), u kojem će se osim nautičkih podataka dati i grafički prikazi uvala, luka, marina, prolaza i drugih navigacijski značajnih objekata;
- geodetsku izmjeru nekih vojnih lokacija i objekata gdje su dobiveni podaci osim na klasičnom mediju i u digitalnom obliku s nadzemnim i podzemnim vodovima;
- digitalnu rastersku bazu zračnih snimki dijelova RH;
- arhiviralo primjerke topografskih zemljovida mjerila 1:25000, 50000, 100000 i 200000 zadnjih (najnovijih) izdanja.

NEPOSTOJANJE NACIONALNE TOPOGRAFSKE-KARTOGRAFSKE BAZE PODATAKA**I STANDARDA ZA IZMJENU PODATAKA**

Na razini RH:

- ne postoji nacionalna topografsko-kartografska baza podataka;
- nisu definirani standardi za razmjenu prostornih podataka;
- ne postoje propisi i zakoni koji bi se odnosili na prikupljanje, obradu, spremanje i osuvremenjivanje podataka o prostoru

bilo na klasičan ili automatiziran način (Horvat i dr. 1996.).

Nepostojanje nacionalne topografske-kartografske baze podataka i standarda za razmjenu digitalnih podataka predstavlja problem u prihvatu digitalnih podataka za potrebe izradbe vojnih zemljovida i drugih geotopografskih materijala, a koje su prikupili ostali segmenti društva.

OSNOVNE ZADAĆE GIS-a U FUNKCIJI UČINKOVITOSTI**ZAPOVJEDNO-INFORMACIJSKOG SUSTAVA (ZIS-a)**

Osnovne zadaće GIS-a u funkciji učinkovitosti zapovjedno-informacijskog sustava (ZIS-a) ogledaju se u sljedećem:

1. Definiranje osnovnog koordinatnog sustava ZIS-a;
2. Definiranje standarda;
3. Osiguranje podataka o Zemlji i prostoru (zemljištu) za potrebe ZIS-a;
 - 3.1. Osiguranje izvornika za stvaranje geokodiranih digitalnih baza podataka;
 - 3.2. Osiguranje geotopografskih podataka u digitalnom obliku;
4. Definiranje metoda određivanja lokacija dinamičkih podataka za potrebe ZIS-a;
5. Definiranje metoda grafičkih prikaza situacije.

DEFINIRANJE OSNOVNOG KOORDINATNOG SUSTAVA ZIS-a

Zapovjedno-informacijski sustav (ZIS) i njegovi dijelovi vezani su za djelovanje u realnom prostoru. U cilju učinkovitosti ZIS-a potrebno je definirati osnovni koordinatni sustav ZIS-a.

Definiranju osnovnog koordinatnog sustava ZIS-a prethode sljedeće raščlambe:

- raščlambe svih zahtjeva ZIS-a vezanih za koordinatni sustav:
 - područje pokrivanja,
 - točnost prikazivanja,
 - osnovne računske zadaće u koordinatnom sustavu,
 - eventualni dodatni uvjeti i ograničenja;
- raščlamba mogućih koordinatnih sustava, njihovih prednosti i nedostataka;
- definiranje svih potrebnih relacija i algoritama za izvršenje zadaća u izabranom koordinatnom sustavu;
- definiranje algoritama za vezu s drugim koordinatnim sustavima koji se koriste u HV-u.

DEFINIRANJE STANDARDA U PRIKUPLJANJU, OBRADI, POHRANJIVANJU**I OSUVREMENJIVANJU PODATAKA O PROSTORU**

S obzirom da ne postoje standardi za razmjenu prostornih podataka (u digitalnom obliku) na razini države koje bi mogla usvojiti i koristiti HV, proučava se NATO-ov DIGEST (*Digital Geographic Information Exchange Standard*) standard u cilju usvajanja istog i mogućnosti prihvata, obrade, osuvremenjivanja i pohranjivanja podataka koje bi dobili od članica NATO sustava.

OSIGURANJE PODATAKA O ZEMLJI I PROSTORU (ZEMLJIŠTU) ZA POTREBE ZIS-a

Kao izvornici za stvaranje digitalnih geokodiranih baza podataka u ZIS-u u prvo vrijeme koristit će se

- postojeći vojni sustav topografskih zemljovida,
- razni specijalni i tematski zemljovidi i
- podaci u brojčanom i grafičkom obliku.

Podaci u numeričkom i grafičkom obliku, kao izvornici za stvaranje digitalnih, geokodiranih baza podataka su sljedeći:

- tablice koordinata numeričkih točaka (*Katalog trigonometrijskih točaka*) i drugih točaka;
- tablice astronomskih podataka (Tablice izlazaka i zalazaka Sunca i Mjeseca,...);
- položajni opisi trigonometrijskih točaka;
- geofizički podaci (Zemljino gravitacijsko polje, magnetno polje);
- tablica geoloških podataka;
- klimatski podaci;
- tablice meteoroloških podataka;
- podaci o granicama država, županija, gradova i općina;
- zračne snimke;
- satelitske snimke;
- katastarski planovi i podaci;
- popisi naseljenih mjesta u RH i susjednim državama;
- planovi, projekti i podaci javnih poduzeća (Hrvatske ceste, HPT, HEP, INA, Hrvatske šume, Hrvatske vode i sl.);
- terestičke i panoramske snimke.

DEFINIRANJE METODA ODREĐIVANJA LOKACIJA DINAMIČKIH PODATAKA U ZIS-u

U okviru GIS-a HV određene parametre i informacije treba pratiti i definirati im lokacije u koordinatnom sustavu ZIS-a kao što su:

- položaji vlastitih postrojbi;
- položaji postrojbi neprijatelja;
- položaji vlastitih sredstava:
 - topništvo,
 - raketni sustavi,
 - zrakoplovi,
 - brodovi,
 - radari, itd.;
- položaji sredstava neprijatelja.

Zadaće glede definiranja metoda određivanja lokacija dinamičkih podataka ZIS-a su sljedeće:

- definiranje svih dinamičkih elemenata ZIS-a koje je potrebno locirati i pratiti u prostoru;
- definiranje potrebne točnosti lokacija za pojedine razine zapovijedanja;
- definiranje metodologije određivanja lokacija, vodeći računa o potrebnoj točnosti i brzini;
- definiranje algoritma određivanja lokacija;
- definiranje potrebne opreme.

ZAGLAVAK

GIS HV će imati svojih specifičnosti i razlika u pristupu od GIS-ova razvijenih za civilne potrebe. To ne znači da će cijeli sustav biti kompletno zatvoren i neovisan, jer će se on morati osloniti na postojeće baze podataka ili one koje će izraditi nadležne državne institucije, odnosno privredne organizacije.