

UNIVERZITET SINGIDUNUM
DEPARTMAN ZA POSTDIPLOMSKE STUDIJE

**KORIŠĆENJE GIS TEHNOLOGIJE U
IZGRADNJI MODELA PROSTORNIH
PODATAKA**

- MASTER RAD -

Mentor:

Prof. dr Verka Jovanović

Student:

Stefan Bogdanović

Br. indeksa: 410061/2009

Beograd, 2012.

DEPARTMAN ZA POSTDIPLOMSKE STUDIJE

UNIVERZITET SINGIDUNUM

DEPARTMAN ZA POSTDIPLOMSKE STUDIJE

Beograd, Danijelova 32

Kandidat: Stefan Bogdanović

Broj indeksa: 410061/2009

Smer: Savremene informacione tehnologije

Tema: Korišćenje GIS tehnologije u izgradnji modela prostornih podataka

Datum odobrenja rada:

Beograd, _____.____._____.

MENTOR

Prof. dr Verka Jovanović

SAŽETAK

U ovom istraživačkom radu praćen je razvoj i tehnološka infrastruktura geografskih informacionih sistema i opisane su georeferencirane baze podataka koje se u okviru njih koriste. Cilj istraživanja bio je da se utvrdi na koji način je ostvarena praktična primena geografskih informacionih sistema u vodećim kompanijama u svetu i kako je poboljšana organizacija i realizacija poslova. Praćen je njihov istorijski razvoj, detaljno su opisane osnove okruženja geografskih informacionih sistema, dat je pregled baza podataka i opisano je na koji način one funkcionišu. Istraživački rad je pokazao da je međuzavisnost pojedinih nauka stvorila dobru osnovu za razvoj i rasprostranjenost geografskih informacionih sistema koji se na ovoj osnovi i dalje razvijaju i dobijaju sve kompleksnije oblike i funkcije, a razvijanje baza podataka je stvorilo mogućnost da se geografski informacioni sistemi razvijaju i postaju kvalitetniji, brži i detaljniji. Sve ovo je doprinelo da se razviju u sisteme koji su u širokoj upotrebi od strane državnih institucija i kompanija koje ih koriste za podsticanje poslovanja i bolju organizaciju poslova. Na taj način se ostvaruje velika ušteda u vremenu i ljudskim resursima i povećava se preciznost podataka i brzina njihove obrade, a izlazne informacije su daleko bogatije, konkretnije i pristupačnije korisnicima.

Ključne reči: geografski informacioni sistemi, baze podataka, geografski podaci, geografske informacije, praktična primena.

ABSTRACT

The development and technological infrastructure of the geographical informational systems were followed in this research work and the georeferencial data bases used within them were described. The goal of the research was the determination of the way in which geographical informational systems have been practically used in leading companies and how the organization and work operations realization have been improved. Their historical development was followed, the basics of the geographical informational systems surroundings were described in details, the summary of the data bases was given and the way they function was depicted. The research work showed that the interdependence of certain sciences created a proper foundation for the development and distribution of the geographical informational systems which continue their further development on this foundation and acquire increasingly complex forms and functions; the data bases development made space for the geographical informational systems growth, as well as for their quality, speed and details improvement. All this has contributed to their development into the systems which are widely used by state institutions and companies which have made use of them to incite porgress of their business operations and a better organization of work. Thus, time and human resources have been largely saved and the data preciseness and processing speed have been improved while output information has been immensely richer, more concrete and available for users.

Key words: geographical informational systems, data base, geographical data, geographical information, practical use.

SADRŽAJ

UVOD	5
1. METODOLOGIJA ISTRAŽIVAČKOG PROJEKTA	7
1.1. Predmet istraživanja	7
1.2. Ciljevi i zadaci istraživanja.....	7
1.3. Istraživačke hipoteze	8
1.4. Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa	9
2. DEFINICIJE I OSNOVNI POJMOVI GIS-A.....	10
2.1. Definicije	10
2.2. Osnovni pojmovi.....	10
2.3. Geografija i geografski podaci.....	13
3. ISTORIJAT I RAZVOJ GIS-A	17
4. KOMPONENTE GEOGRAFSKIH INFORMACIONIH SISTEMA	21
5. OSNOVE GIS OKRUŽENJA	24
5.1. Geodezija	24
5.2. Razmera	24
5.3. Modeli zemlje - elipsoid	25
5.4. Projekcije	26
5.5. Koordinatni sistemi	31
6. PROSTORNI PODACI.....	35
6.1. Manipulacija prostornim podacima.....	35
6.2. Prostorni podaci i SUBP	35
6.2.1. Relacioni sistemi	35
6.2.2. Pristup labave veze	37
6.2.3. Integrirani pristup baziran na proširivosti SUBP-a	37
7. PREDSTAVLJANJE PROSTORNIH OBJEKATA.....	39
7.1. Modelovanje geografskog prostora.....	39
7.1.1. Entitetski modeli (Objekti)	39
7.1.2. Prostorni model	41
7.1.3. Konceptualni model podataka.....	41
7.2. Režimi prikaza (predstavljanja)	42
7.2.1. Mozaički režim predstavljanja	42
7.2.2. Vektorski režim predstavljanja.....	43
7.2.3. Režim predstavljanja poluravni.....	45
7.3. Predstavljanje geometrije grupe objekata.....	45
7.3.1. Špageti model.....	45
7.3.2. Mrežni model	46
7.3.3. Topološki model.....	47
7.4. Formati prostornih podataka i standardi za razmenu	48
7.4.1. Pregled aktuelnih formata prostornih podataka	48
7.4.2. TIGER tip podataka.....	49
7.4.3. Standardne savremene inicijative	51
8. LOGIČKI MODELI I UPITNI JEZICI.....	54
8.1. Referentne šeme	54
8.1.1. Administrativne jedinice (šema 1).....	54
8.1.2. Mreža autoputeva između gradova (šema 2)	54
8.1.3. Korišćenje zemljišta	55
8.1.4. Referentni upiti.....	55

8.2. Apstraktni prostorni tipovi podataka.....	56
9. OBJEKTNO ORJENTISANI MODELI	57
9.1. Objektno orjentisani SUBP.....	57
9.1.1. Identitet objekta.....	57
9.1.2. Tipovi, klase i metode.....	57
9.1.3. Enkapsulacija	57
9.1.4. Nasleđivanje.....	57
9.2. Objektni referentni upiti	58
10. KOMERCIJALNI SISTEMI I PROSTORNE BAZE PODATAKA	59
10.1. PostgreSQL	59
10.1.1. Kreiranje baze podataka i tabela.....	60
10.1.2. Izražavanje upita.....	61
11. PRIMENJENI GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI	65
11.1. Opšte smernice	65
11.2. Primer upotrebe GIS-a.....	66
11.3. Opšti značaj upotrebe GIS-a u savremenom poslovanju.....	69
12. AKTUELNA KRETANJA U GIS-U	70
ZAKLJUČAK.....	71
LITERATURA	75
LISTA SLIKA	76

UVOD

Geografski informacioni sistemi su aplikacije čija je upotreba dosta rasprostranjena posebno od kada su digitalizovani i postoji mogućnost da ih koriste i širi krug ljudi u svakodnevnom životu, kako bi došli do podataka i informacija koje ih interesuju. Od početka ove sisteme koriste stručnjaci koji pokušavaju da pomoću njih reše probleme na koje nailaze u svom radu ili dođu do konkretnih odgovora na pojedina pitanja. Ovakva praksa se zadržala i u današnje vreme. Geografski informacioni sistemi postaju sve brojniji i pronalaze upotrebu u svim sferama života i rada ljudi. Zbog toga je u ovom radu posebna pažnja posvećena razvoju geografskih informacionih sistema i srodnim naukama koje su podstakle njihov nastanak, a to su pre svega geografija i informatika.

U današnje vreme je malo oblasti u kojima informaciono-komunikacione tehnologije nemaju direktnu ili indirektnu ulogu. Na taj način i geoinformacioni sistemi, kao savremene informacione tehnologije direktno utiču na obradu i način korišćenja podataka o prostoru. Geografski informacioni sistemi postaju sve brojniji i pronalaze upotrebu u svim sferama života i rada ljudi. Oni služe za čuvanje i obradu različitih vrsta geografskih podataka. Kako su ovi podaci sve brojniji, a njihova upotreba sve rasprostranjenija, bilo je neophodno sve te podatke i informacije sistematizovati i objediniti. Zbog toga je u ovom radu posebna pažnja posvećena bazama podataka koje koriste geografski informacioni sistemi kako bi ostvarili svoju osnovnu funkciju.

Rad se sastoji iz nekoliko delova koji su međusobno povezani i čine logičnu celinu koja je neophodna za razumevanje funkcionisanja geografskih informacionih sistema. U prvom delu rada definisan je predmet istraživanja, postavljeni su cilj, zadaci i hipoteze koje se u radu proveravaju. U ovom poglavlju objašnjene su i metode koje su korišćene za prikupljanje i predstavljanje podataka i sam tok istraživačkog rada.

U drugom delu rada dato je teorijsko razmatranje koje se odnosi na predmet istraživanja i objašnjen je razvoj geografskih informacionih sistema, uticaj drugih nauka na njihov nastanak i tehnološka infrastruktura koja je neophodna za njihov razvoj i korišćenje. Definisan je GIS iz nekoliko aspekata koji su važni za njegovo razumevanje i objašnjeni su osnovni pojmovi koji se u ovoj oblasti koriste, a posebno je prikazan razvoj geografskih informacionih sistema kroz istoriju. U ovom delu je predstavljena i zavisnost razvoja pojedinih sistema od korišćenih hardverskih i softverskih rešenja. Poseban osvrt je urađen na geografiju kao nauku koja je u najvećoj meri zaslužna za nastanak ovih široko prihvaćenih sistema. U delu koji se bavi komponentama, opisani su hardver, softver i organizacioni sadržaji koji su sastavni delovi svakog GIS-a. Jedan od delova rada predstavlja i osnove GIS okruženja- geodeziju, razmeru, modele zemlje, projekcije i koordinatne sisteme.

U sledećem delu objašnjeno je funkcionisanje baza podataka onako kako ih koriste geografski informacioni sistemi. U ovom delu se raspravlja o načinu predstavljanja prostornih objekata, posebno o modelovanju geografskog prostora kroz entitetski i prostorni model, i režimima prikaza od kojih su najvažniji svakako mozaički i vektorski režim prikaza i režim predstavljanja poluravni. Dalje je opisana geometrija grupe objekata kroz različite modele predstavljanja- špageti model, mrežni model i topološki model. Objasnjeni su formati prostornih podataka, posebno oni koji su aktuelni i koriste se u današnje vreme. U ovom poglavlju je bilo reči i o prostornim bazama podataka i upitnim jezicima kojima se služe.

Poseban osvrt je urađen na praktičnu primenu geografskih informacionih sistema koji su kreirani kako bi olakšali svakodnevni rad sa kartama i prostornim podacima i koji omogućavaju lakše donošenje zaključaka, prilagođavaju različite modele prikaza i sami sakupljaju i čuvaju podatke od značaja. Prikazan je i jedan od primera GIS-a koji se koristi u kompaniji kako bi olakšao rad zaposlenih. Zahvaljujući njemu, prikupljanje i obrada podataka je brže i sistematičnije, a prikupljeni podaci su kompletniji. Ovo ujedno i pokazuje kako razvijanje ovakvih sistema za kompanije omogućava bolje i sistematičnije planiranje poslova i donošenje odluka.

U zaključku su izneti podaci i informacije do kojih se došlo u toku izrade rada, a koji su u skladu sa postavljenim zadacima i hipotezama istraživanja. Oni se odnose na uticaj pojedinih nauka na nastanak geografskih informacionih sistema i njihovo funkcionisanje pomoću infrastrukture koju su te nauke obezbedile, način kreiranja podataka, njihovu pristupačnost i fleksibilnost, kao i upotrebnu vrednost koju imaju za različite grupe korisnika.

1. METODOLOGIJA ISTRAŽIVAČKOG PROJEKTA

1.1. Predmet istraživanja

Tema ovog rada bili su geografski informacioni sistemi, odnosno aspekti koji se odnose na njihov istorijski i trenutni razvoj i infrastrukturu koja to omogućava, prosotorne baze podataka koje koriste geografski informacioni sistemi kako bi mogli upravljati geografskim podacima i njihova primena.

Razvoj GIS-a posmatran je od njegovih početaka, kada je korišćen za mnogo jednostavnija mapiranja nego što je to danas slučaj, pa do korišćenja savremenih informacionih tehnologija na kojima se zasniva informatika. Takođe, posmatran je i razvoj geografije, koja je ponudila osnove za nastanak geografskih informacionih sistema. U kombinaciji koju mogu da ponude ove dve nauke, nastali su geografski informacioni sistemi kakve danas poznajemo. Na tehnološku infrastrukturu koja je potrebna za njihov nastanak uticale su obe nauke i njihova međuzavisnost i povezanost.

Dat je prikaz i najstarijih i najjednostavnijih sistema koji su pravljani nad vlastitim fajl sistemima, ali i onih koji koriste sisteme za upravljanje bazama podataka. Praćen je razvoj programskih rešenja koja su omogućila brže i lakše upravljanje geografskim podacima i njihovo približavanje velikom broju komercijalnih korisnika. Prikazani su savremeni programi koji se koriste u svetu i koji se i dalje razvijaju. Na brz razvoj i široku rasprostranjenost uticalo je svakako stvaranje baza podataka koje su obilovale potrebnim podacima, a nisu bile komplikovane za korišćenje. Tako su geografske informacione sisteme počele da koriste mnoge privatne firme, državne institucije, ali i obični ljudi.

U ovom istraživanju proučavan je uticaj tehnološke infrastrukture na razvoj geografskih informacionih sistema, kao i prostorne, georeferencirane baze podataka u geografskim informacionim sistemima. Predmet ovog istraživanja su primenjeni geografski informacioni sistemi.

1.2. Ciljevi i zadaci istraživanja

Kao što je već bilo reči, predmet ovog istraživanja je primena geografskih informacionih sistema. Cilj ovog istraživanja je utvrditi da li savremeni informacioni sistemi imaju praktičnu primenu i da li to olakšava rad i poslovanje pojedinaca i firmi koje se bave prostornim podacima i planiranjem. Da bi se ovo utvrdilo, potrebno je ispitati i na koji je način razvoj tehnološke infrastrukture uticao na razvoj geografskih informacionih sistema. Takođe je potrebno ispitati na koji je način razvoj prostornih, georeferenciranih baza podataka uticao na razvoj geografskih informacionih sistema. Jedna od najvećih prednosti GIS-a jeste to da je GIS okruženje koje omogućava povezivanje i pretraživanje odnosa među prostornim podacima i njihovim atributima. Sve ovo će doprineti da se utvrdi da li je opravdana primena geografskih informacionih sistema.

Zbog svoje širine, ovaj cilj je konkretizovan kroz nekoliko zadataka:

- ispitati kako je geografija uticala na razvoj geografskih informacionih sistema koji postoje danas
- ispitati kako je razvoj informatike, kao relativno mlade nauke, u hardverskom i softverskom pogledu uticao na razvoj geografskih informacionih sistema
- ispitati kakav je međusobni odnos između ove dve nauke kada su u pitanju savremeni geografski informacioni sistemi

- ispitati kako su različiti načini kreiranja podataka uticali na razvoj baza podataka, a time i na geografske informacione sisteme
- ispitati kako pristupačnost i fleksibilnost podataka utiču na razvoj i širenje baza podataka koje koriste geografski informacioni sistemi
- ispitati kako je stvaranje prostornih baza podataka uticalo na razvoj geografskih informacionih sistema koji su u upotrebi
- ispitati kako primena geografskih informacionih sistema utiče na razvoj poslovanja firmi koje ih koriste.

1.3. Istraživačke hipoteze

Opšta hipoteza:

Osnovna hipoteza u ovom radu je da su dve nauke, geografija i informatika, svojim razvojem i povezivanjem ponudile tehnološku osnovu i infrastrukturu koja je bila potrebna za razvoj geografskih informacionih sistema kakvi se danas koriste. Pretpostavka je da razvoj i uspon geografskih informacionih sistema zavisi od stvaranja baza podataka koje sadrže veliki broj prostornih podataka i informacija i njihove lakše upotrebe i manipulacije ovim podacima. Odnosno, efikasnost i praktična upotreba GIS-a je direktno povezana sa brzinom obrade podataka i količinom informacija koju mogu da ponude pojedine baze podataka.

Radne hipoteze:

Iz osnovne hipoteze izvedeno je jedanaest radnih hipoteza koje se ujedno odnose i na postavljene zadatke u ovom radu. Prve dve hipoteze vezane su za prvi postavljeni zadatak, treća i četvrta se odnose na drugi zadatak, a peta hipoteza na treći zadatak. Šesta hipoteza vezana je za četvrti postavljeni zadatak, sedma hipoteza se odnosi na peti zadatak, a osma i deveta hipoteza se odnose na šesti zadatak. Desetom i jedanaestom hipotezom proveravamo poslednji postavljeni zadatak.

Hipoteze su:

- Pretpostavka je da je istorijski razvoj geodezije značajno uticao na razvoj savremenih geografskih informacionih sistema koji su rasprostranjeni i u upotrebi od strane stručnjaka
- Pretpostavka je da je istorijski razvoj kartografije značajno uticao na razvoj savremenih geografskih informacionih sistema koji su rasprostranjeni i u upotrebi od strane stručnjaka
- Pretpostavka je da je razvoj informatike uticao na razvoj savremenih geografskih informacionih sistema u hardverskom pogledu olakšavajući pristup kompleksnim podacima i upotrebu samih sistema
- Pretpostavka je da je razvoj informatike uticao na razvoj savremenih geografskih informacionih sistema u softverskom pogledu olakšavajući pristup kompleksnim podacima i upotrebu samih sistema
- Pretpostavka je da je razvoj i međusobni uticaj geografije i informatike pomogao i podstakao razvoj GIS-a
- Upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od kvaliteta i detalja podataka koji se nalaze u bazama podataka
- Upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od načina na koji su modelovani i strukturirani podaci u bazama podataka
- Upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od brzine kojom je moguće manipulirati prostornim podacima
- Upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od pristupačnosti podacima i mogućnosti lakog korišćenja
- Razvijanje geografskih informacionih sistema za firme kojima su oni potrebni utiče bolju organizaciju i raspodelu posla i radnih zadataka

- Praktična primena geografskih informacionih sistema pozitivno utiče na poslovanje firmi koje ih koriste.

1.4. Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa

U ovom istraživanju korišćeno je više metoda, a to su eksplorativna i deskriptivna metoda, metoda apstrakcije i komparativna metoda. Eksplorativna se odnosi na proučavanje stručne literature (članaka i knjiga) koju su objavljivali stručnjaci iz ove oblasti, kao i na proučavanje podataka i informacija koji su dostupni na internetu, a vezani su za proučavanu problematiku. Svaka od informacija koja se koristi u ovom radu proverena je na više mesta kako bi se utvrdilo da li je validna i relevantna.

Metoda apstrakcije je korišćena pre svega da se odvoje one informacije koje su bitne i koje imaju značaj za izučavanu pojavu, od onih koje su nebitne.

Zbog malog broja knjiga iz ove oblasti koje su objavljene u našoj zemlji, istraživanje je bilo komplikovanije i kompleksnije. Zbog toga su korišćene knjige koje su objavljene u susednim zemljama, a kojih je opet jako malo. Pored toga poslužile su i knjige sa engleskog govornog područja. Neke osnovne informacije potrebne za ovaj rad pronađene su istraživanjem internet sajtova koji se bave razvojem geografskih informacionih sistema, njihovom infrastrukturuom, georeferenciranim bazama podataka, programiranjem ili geografskim podacima i objektima.

Deskriptivna metoda je korišćena prilikom prikazivanja informacija i podataka do kojih se došlo proučavanjem literature i interneta. One su prikazane u poglavljima u ovom radu vezanim za istorijski razvoj GIS-a i tehnološku infrastrukturu koja je bila potrebna za njegov nastanak i napredak, u poglavljima o razvoju baza podataka i podacima koje koriste. Ovo opisivanje činjenica i informacija do kojih se došlo u toku istraživanja, kombinovano je sa njihovim tumačenjem i objašnjenjima kako bi se povećala objektivnost rezultata.

Komparativna metoda je korišćena za upoređivanje načina strukturiranja podataka, modelovanja i kreiranja podataka kako bi se utvrdilo koje su sličnosti i razlike među njima i na osnovu toga došlo do novih zaključaka.

2. DEFINICIJE I OSNOVNI POJMOVI GIS-A

2.1. Definicije

Geografski informacijski sistemi (GIS) se mogu definisati na nekoliko načina u zavisnosti iz kog ugla se posmatraju. Jedna od osnovnih definicija iz ugla sredstava za rad jeste da predstavljaju jedan kompleksan skup sredstava za prikupljanje, čuvanje, pretraživanje, transformacije i prikazivanje prostornih podataka iz stvarnog sveta u određene svrhe. (Parker) Iz ugla manipulacije podacima i baza podataka, GIS predstavlja sistem baza podataka u kojem je većina podataka prostorno orijentisana i nad kojim se upravlja nizom postupaka kako bi odgovorili na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama. (Smith)

U organizacionom smislu, GIS se može posmatrati kao skup funkcija koje stručnjacima obezbeđuju napredne mogućnosti memorisanja, pretraživanja, manipulacije i prikazivanja geografski lociranih podataka. (Ozemoy, Smith i Sicherman) Ili kao sistem podrške u odlučivanju koji obuhvata integraciju prostorno referenciranih podataka u okruženju za rešavanje problema. (Cowen).

Jedna od definicija GIS-a zasnovana na bazama podataka kaže da je to sistem baza podataka u kojem je većina podataka prostorno indeksirana i nad kojima se upravlja nizom postupaka da bi odgovorili na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama.

Baza podataka je skup međusobno povezanih podataka koji služe jednoj ili više aplikacija na optimalan način i gde su podaci nezavisni od programa koji ih obrađuje, a pristup podacima je kontrolisan.

Prostorna baza podataka je skup prostorno referenciranih podataka koji predstavljaju model stvarnosti. Sadrži prostorne podatke kao što su: tačke, linije, poligoni, dok obične baze podataka mogu da čuvaju samo brojeve i tekstualne tipove podataka (Longlez, 2008.). Zbog toga se običnim bazama podataka dodeljuju dodatne funkcije kako bi se mogli obraditi prostorni podaci.

2.2. Osnovni pojmovi

U geografskim informacijskim sistemima (GIS), koristeći se kompleksnim nizom operacija i procesa, geografski podaci se transformišu u geografske informacije. U osnovi, geografski podaci predstavljaju sirove pozicione podatke sa određenim svojstvima. Ovi podaci se kasnije mogu preklapati i povezivati sa drugim grupama podataka. Nakon toga, podaci i veze između njih se analiziraju i geoprocesiraju i tako nastaju geografsko informacijski proizvodi. Ovi proizvodi su uglavnom interaktivne softverske aplikacije koje kao glavnu svrhu imaju da pomognu ljudima u donošenju kompleksnih odluka.

Velika prednost GIS-a leži u tome što je dostupan širokom dijapazonu korisnika, od programerskih eksperata, projektnih menadžera, pa do svakodnevnih korisnika računarskih sistema.

Geografski podaci potiču sa konkretnih lokacija i fizičkih karakteristika u neposrednoj blizini ili na samoj površini Zemlje. [Longlez, 2008.] Ovi sirovi, pozicioni podaci su polazna tačka

svakog geografskog informacionog sistema i pružaju osnovne informacije neophodne za dodeljivanje opisa, modelovanje skupova podataka, kreiranje veza i analize.

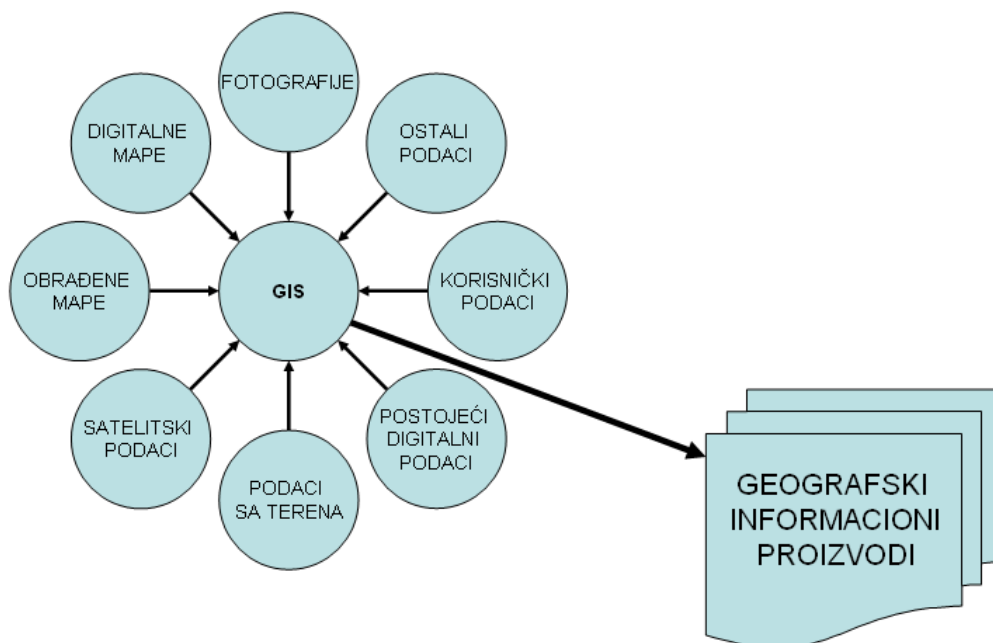


Fig. 2-1: Povezanost i tok od sirovih geografskih podataka do gotovih GIS proizvoda

Početni, sirovi podaci potiču sa više izvora kao na primer, fotografije zemljišta, digitalizovane mape i satelitski podaci. Ovakvih, digitalnih podataka već ima dosta i uglavnom su dostupni u zadovoljavajućim količinama i po razumnim cenama, ako ne i potpuno besplatni. Sa druge strane, podaci koji zahtevaju veće terensko angažovanje ljudi i sredstava su teže dostupni i samim tim značajno skuplji (Fig. 2-1). Ovo se uglavnom odnosi na podatke (mere, opise, prilagođene mape i slično) prikupljene na konkretnim lokacijama. Većina ovih podataka je zbog toga u ne digitalnom obliku i zahteva pre svega skeniranje i nakon toga digitalizaciju.

Sveukupan posao transformacije podataka u GIS može biti sumiran kroz tri glavne procedure:

- **GIS stabilizuje geografske podatke. Sirovi podaci su statički, nepromenljivi i pružaju samo ograničenu količinu fleksibilnosti u svakodnevnoj upotrebi.** Kada se ovakvi podaci prebace u geografske podatke uz pomoć GIS-a, mogućnost za unapređivanje podataka i njihovu analizu, značajno se uvećava. U najmanju ruku, preklapanje dva geografska izvora podataka pruža dovoljnu količinu informacija, bolja analitička sredstva i dodatnu fleksibilnost koja će ne samo pomoći korisniku da vizualizuje problem već i da dođe do potkrepljenih odluka.
- **GIS obavlja svoje funkcije i analize u okviru jednog okruženja.** Obrada geografskih podataka (geoproceniranje) i analiza prostornih podataka su dve najbitnije funkcije GIS-a koje su ujedno i njegovi glavni pokretači zaduženi za generisanje mogućnosti, razne kalkulacije, statistiku i manipulacije podacima.
- **GIS služi kao softverska aplikacija i kreira korisne informacione proizvode.** GIS okruženje služi pre svega kao robusni sistem za upravljanje prostornim podacima i

skladište podataka. Krajnji rezultat je informacioni proizvod koji pomaže korisnicima da bolje upravljaju svojim projektima.

Kroz ovakav proceduralni tok informacija, geografski podaci se pretvaraju u geografske informacije. GIS okruženja centralizuju, kako skup podataka, tako i upravljanje informacijama sa ciljem uštede vremena, smanjivanja tehnoloških napora i automatizacije administrativnih radnji koje se često ponavljaju.

Glavna komponenta GIS-a često se može definisati preko geografskog modela podataka koji predstavlja konkretan šablon geografskih podataka u zavisnosti od oblasti u kojoj se primenjuje. Ovakav model omogućava korisnicima veliku fleksibilnost u upravljanju fajlovima i prilikom kreiranja hijerarhije baza podataka. Geografski modeli podataka uglavnom koriste rasterske (strukture mreže) ili vektorske strukture (strukture koordinatnih tačaka).

Drugi veoma važan pojam GIS-a jeste geografska baza podataka. [Guting, 1994] To je kolekcija skupova geografskih podataka, definicija objekata iz okruženja i njihovih veza. Ove baze predstavljaju organizacionu strukturu podataka kao i model toka procesa za stvaranje i održavanje finalnog sistema. U osnovi, geografske baze podataka predstavljaju srž upravljanja podacima kod geografskih informacionih sistema.

Reč infrastruktura predstavlja osnovu ili temelj neke organizacije ili nekog sistema. U informacionim tehnologijama ona označava hardver koji povezuje računare i korisnike i softver koji omogućava slanje, primanje i kontrolu prenosa podataka.

Prostorni podaci su svi oni podaci koji imaju direktnu ili indirektnu vezu sa specifičnom lokacijom ili geografskim područjem. Često se kao sinonimi koriste geografski podaci, geografske informacije, prostorne informacije ili geoprostorni podaci, a svi su povezani sa prostorom kao komponentom.

Set prostornih podataka podrazumeva kolekciju prostornih podataka koji su međusobno povezani.

Prostorni objekat je apstraktna predstava stvarnog fenomena, a u vezi sa konkretnom lokacijom ili geografskim područjem. Entitet (objekat, prostorna pojava) je osnovni nosilac informacija koji se definiše kao pojava realnog sveta koja se ne može razložiti na pojave istog tipa.

Pojmovi podaci i informacije se često koriste kao sinonimi, iako imaju različito značenje. Podaci se sastoje od kvantitativnih parametara koji opisuju neku činjenicu ili događaj, oni služe kao osnova za kreiranje informacija. Kada se podacima pripiše neko značenje nastaje informacija. Podaci predstavljaju sirove činjenice, a informacije su obrađeni podaci.

SUBP je program koji omogućava efikasno formiranje, korišćenje i menjanje baze podataka, odnosno služi za izgrađivanje i obrađivanje baze podataka. On omogućava korišćenje podataka iz zajedničke baze podataka, logičku i fizičku nezavisnost programa od podataka (može se dopunjavati i menjati baza podataka bez posledica po programe) i direktan pristup i rad sa podacima i licima koja nisu programeri preko jezika jednostavnih za korisnike. SQL je deo SUBP-a koji služi za iznalaženje načina izračunavanja najbržeg odgovora na traženi upit koristeći određene statistike.

2.3. Geografija i geografski podaci

Geografija podrazumeva proučavanje zemljine površine i klime i predstavlja osnovnu nauku za geografske informacione sisteme. Ona pruža široke informacije o Zemlji i odnosu između uočenih pojava na njoj. Kao primer možemo uzeti geografsko izučavanje u kakvom su međusobnom odnosu klima i konfiguracija terena sa stanovništvom, zemljištem i vegetacijom. U ovom navedenom primeru kolekcije podataka su geografski orijentisane i stoga predstavljaju geografske podatke. Ovim zaključujemo da svako izučavanje koje uključuje geografske komponente, bez obzira na formu, proizvodi geografske podatke.

Geografski podaci se veoma često modeluju u vektorskom prostoru. Vektorski prostor je jednostavno platforma za geografske vektorske podatke koja koristi x-y koordinatne ose i oblike koji opisuju Zemaljske osobine (karakterističnosti). Geografski vektorski podaci skladište netopološke koordinate i opise prostornih karakteristika.

Većina standardnih formata GIS vektorskih fajlova sastoji se iz fajla sa karakteristikama, indeksnog fajla i tabele sa povezanim atributima (Fig. 2-2). Fajl sa karakteristikama sadrži informacije o nekom geografskom objektu (tačke od interesa, linije, poligoni). Indeksni fajl sadrži jedinstvene identifikatore koji obuhvataju detaljnije informacije i koji ubrzavaju upite vezane za prostorne karakteristike. Tabela sa vezama atributa je zapravo matrica koja sadrži eksplicitne attribute za grupu prostornih karakterističnosti.

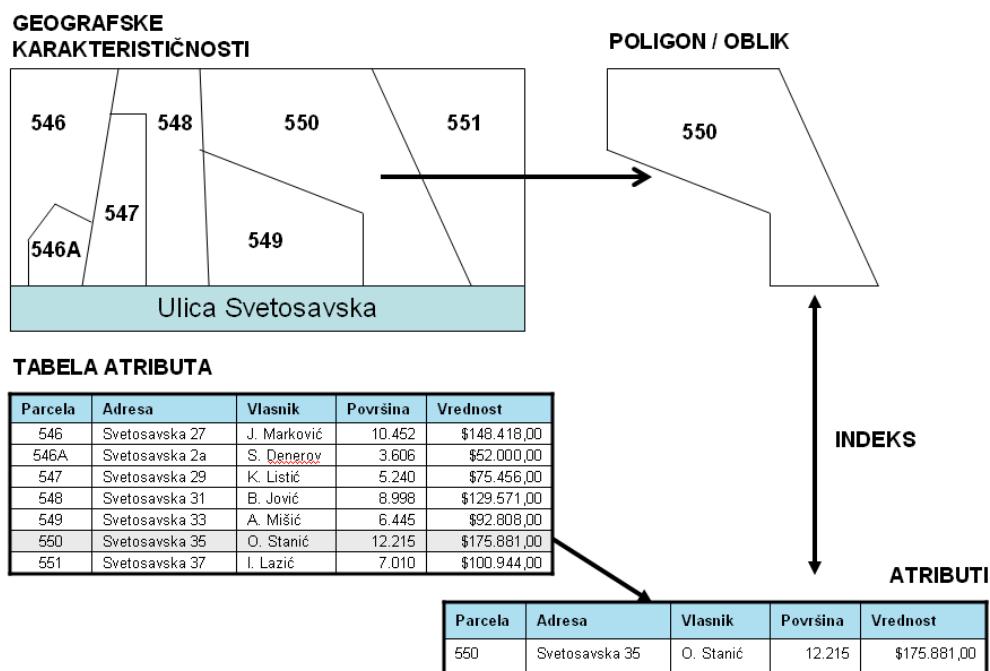


Fig. 2-2: Prikaz geografskih karakterističnosti

Postoji još jedan glavni tip geografskih podataka, rasterski. Rasterski podaci su digitalne slike predstavljene mrežom piksela tj. ćelija. Tip slike i broj prikazanih boja određuju svojstva i izgled ovih piksela. Na slici 3 je prikazan primer rasterskih podataka gde se koriste tri različite boje piksela za tri različita svojstva.

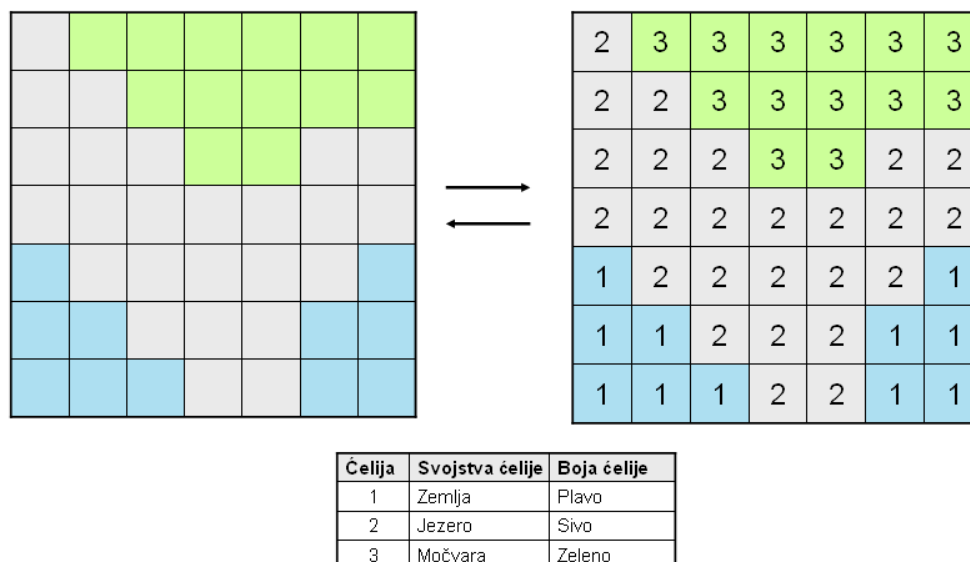


Fig. 2-3: Rasterski podaci

Georeferenciranje

Mnogi podaci imaju nedostatak formalnog prostornog referenciranja. Često su ovi podaci skenirane rasterske slike koje jedino imaju sirove koordinate mreže piksela. Ovakvi podaci su jedinstveni i kao takvi predstavljaju kritičnu tačku za svaki GIS projekat. Da bi se ovaj problem prevazišao, neophodno je pre svega izvršiti potpuno referenciranje slika, zatim pretvaranje u određeni prostorni koordinatni referentni sistem i na kraju integrisanje u GIS okruženje. Ovaj celokupan proces se naziva georeferenciranje. Nakon izvršenog georeferenciranja, svaki piksel na slici ima dodeljene koordinate iz realnog sveta. Najčešći primeri podataka nad kojima se vrši georeferenciranje su prostorne fotografije i mape u papirnoj formi obzirom da su to i najčešće dostupni tipovi podataka.

Upiti

Nakon što je georeferenciranje završeno i takvi podaci uklopljeni u GIS, korisnici mogu kreirati upite kako bi pronašli relevantne podatke za specifičnu primenu. Upiti su korisnički alati kojima se izvlače velike količine dostupnih podataka i selektuju samo oni delići koji se odnose na konkretan zahtev.

Geoprocesiranje

Geoprocesiranje je osnovni proces za kreiranje izvedenih skupova geografskih podataka iz različitih već postojećih skupova podataka, koristeći operacije kao što su preklapanje svojstava i konverzija podataka.

U standardnim okruženjima za geoprocesiranje, korisnici primenjuju GIS funkcije nad grupom geografskih podataka kako bi dobili precizne izlazne podatke koji odgovaraju konkretnoj primeni. Mogućnosti geoprocesnih funkcija idu od najjednostavnijih prostornih izdvajanja pa sve do kompleksnih analitičkih operacija. Ovakve funkcije mogu biti

samostalne, ali isto tako mogu biti povezane i sa drugim funkcijama i procesima što na kraju otvara vrata praktično neograničenim mogućnostima geoprocesiranja.

Postoji osam glavnih kategorija operacija geoprocesiranja:

1. Konverzija - odnosi se na konverziju tipova fajlova i referenciranja koordinatnih sistema
2. Preklapanje - predstavlja preklapanje dva ili više slojeva geografskih podataka u cilju pronalaženja veza.
3. Presek – geoprocesiranje izračunava geometrijski presek ulaznih podataka. Kao rezultat se dobijaju karakteristične klase zajedničke za sve obuhvaćene slojeve.
4. Unija – kao i presek, unija izračunava geometrijski presek ulaznih podataka samo što se kao rezultat dobijaju klase karakteristične za sve obuhvaćene slojeve.
5. Izvlačenje
6. Blizina
7. Upravljanje
8. Transformacija/pretvaranje

Prostorna analiza

Po prirodi, geografski podaci su usko povezani sa lokacijama. Prostorna analiza koristi ovu povezanost i omogućava korisnicima raznovrsne procedure, alate i interfejse u zavisnosti od primene i kompleksnosti. Kao osnovni primer prostorne analize može se uzeti kreiranje jednostavne mape u GIS okruženju. Prostorna analiza se u velikoj meri oslanja na jedan od osnovnih postulata geografije, a to je da stvari grupisane u prostoru teže da budu međusobno povezane i jednake više od onih koje su udaljene. Ova zakonitost, bazirana na radu priznatog geografa i kartografa Valda Toblera (Waldo Tobler), a znači da je sve u vezi sa svim ostalim, ali su bliže stvari više povezane jedne sa drugima od onih udaljenih. U skladu sa ovim bitno je istaći da geografski podaci poseduju prostornu autokorelaciju koja meri stepen povezanosti između bliskih i udaljenih predmeta.

Pozitivna prostorna autokorelacija nastaje kada su objekti slični po lokaciji, a takođe slični i po karakteristikama. Negativna prostorna autokorelacija nastaje kada objekti blisko grupisani u prostoru, nemaju slične karakteristike. Nulta prostorna autokorelacija se pojavljuje kada objekti ne zavise od lokacije. [Galati, 2010]

Prostorna analiza, bilo da se posmatra kao autokorelacija, preklapanje ili površinska analiza, predstavlja naprednu fleksibilnu formu analize geografskih podataka.

Geografske informacije

Tok informacija u GIS-u počinje sa kolekcijom geografskih podataka i kroz razne funkcije se pretvara u finalni proizvod – geografsku informaciju. Ovakav krajnji proizvod, korisnicima nudi raznovrsne mogućnosti, organizaciju podataka i materijal za dalju analizu. Geografska informacija može olakšati analizu obrazaca u prirodi i ljudskom društvu, može uticati na najniže nivoe političkih delovanja i čak može dati vešte odgovore na najteža pitanja. Praktično, geografska informacija kao izlazni podatak geografskog informacionog sistema, ograničena je jedino veštinom korisnika i dostupnošću sirovih geografskih podataka.

Sam izgled proizvoda geografske informacije varira i po formi i po izgledu, tako da se mogu svrstati u tri glavne grupe: softverska okruženja, mape i dokumenta.

Softverska okruženja imaju tendenciju da budu od najvećeg značaja za distribuirane geografske informacione sisteme. Ovo su uglavnom jednostavna korisnička okruženja bazirana na formama dijaloga ili čarobnjaka (wizard). Oni svojim automatizmom olakšavaju i često ublažavaju zavisnosti kod zadataka koji se ponavljaju u toku rešavanja jednog problema.

Mape predstavljaju površinu Zemlje, površinu sa kojom su sva ljudska bića prisno upoznata. Mape imaju šaroliku primenu, od velikih mapa na zidovima naših kancelarija sa označenim aktuelnim projektima i dodatnim tabelarnim prikazima pa sve do detaljnih karata namenjenih takmičarima na orijentiring skupovima. Kako god da posmatramo mape, one su uvek statički informativni alati i predstavljaju neinteraktivne dokumente.

Izveštaji, tabele i grafikoni, spadaju u treću grupu – dokumenta. Uloga dokumenata jeste da pomogne u širenju i prenošenju računске, istraživačke i prostorne analize na sve koji su zainteresovani bilo u javnosti ili na konkretne ljude koji upravljaju projektima.

Svi ovi proizvodi su uglavnom razvijeni unutar GIS okruženja. U nekim slučajevima, samostalna programska rešenja za izveštavanje, pravljenje grafikona, objavljivanje na internetu i povezivanje na baze podataka dolaze u paketu zajedno sa osnovnim GIS okruženjem kako bi se mogli izvršiti i zadaci koji nisu usko povezani sa samim GIS-om.

3. ISTORIJAT I RAZVOJ GIS-A

Geografski informacijski sistemi počeli su sa razvojem ranih šezdesetih godina prošlog veka. Njihov razvoj možemo prikazati na vremenskoj liniji sa četiri ključna perioda:

- Pionirski, od ranih 1960-ih do 1975. godine
- Eksperimentalni, od 1973. do ranih 1980-ih
- Komercijalni, od 1982. do kasnih 1980-ih
- Savremeni, od 1990. do danas.

Kao najraniji primer u literaturi se često može naići na mapu engleskog lekara John Snow-a koju je napravio 1854. godine u Londonu za vreme širenja bolesti kolere (Fig 3-1). To je bio prvi slučaj da je neko na mapi koristio elemente koji danas mogu predstavljati neke od osnovnih delova jednog GIS-a. Na mapi su bile ucrtane ulice u Londonu i tačke od interesa (u ovom slučaju to su bile česme koje su stanovnici koristili za snabdevanje vodom kao i mesta na kojima su živeli osobe zaražene ovom bolešću). Zahvaljujući postavljanju problema na ovaj način, bio je u mogućnosti da se velikom tačnošću približi samom izvoru zaraze (zaraženoj pumpi za vodu koju su građani koristili za snabdevanje). Ovim je pokazao kako je moguće koristiti metode kartografije kako bi se vršile analize geografski zavisnih fenomena.



Fig. 3-1: Mapa iz 1854. godine – „najraniji primer GIS-a“

Nakon ovoga, u ranom 20. veku počinje se sa kreiranjem naprednijih mapa i njihovim prikazivanjem u slojevima. Ako se ovome doda i ubrzan razvoj računara, u tada još uvek vojne svrhe, dolazimo do prvih programa za mapiranje i geografsko praćenje.

Tako je u Kanadi 1962. godine došlo do razvoja prvog, pravog i funkcionalnog GIS-a. Zvao se „**Canada Geographic Information System**“ ili skraćeno **CGIS**. Kreiran je od strane Federalnog odeljenja za praćenje i razvoj šuma i ruralnih područja na čelu sa dr Roger Tomlinsonom i korišćen je za čuvanje, analizu i manipulaciju prethodno skupljenih podataka. Glavna namena CGIS-a bila je obrada podataka koje je prikupio kanadski katastar nepokretnosti sa ciljem da se izvedu statistički zaključci koji se kasnije mogu koristiti u razvoju planova za upravljanje velikim površinama ruralnog zemljišta Kanade – za prostorno planiranje. Katastar je imao klasifikovane tematske mape kreirane u razmeri 1:50.000. Ovaj pionirski GIS imao je mogućnost internog strukturiranja podataka, preklapanja različitih elemenata i merenja površina. Kao jedan od ulaznih uređaja imao je tada još eksperimentalni skener namenjen skeniranju tj. digitalizaciji mapa. Kasnijim unapređivanjem sistema bilo je moguće dobiti neke jednostavnije oblike mapa kao izlazni podatak. Ključne inovativne ideje koje je iza sebe ostavio CGIS su svakako vektorizacija skeniranih slika, podela podataka na nivoe/slojeve i teme, razdvajanje podataka na fajlove i attribute, implementacija funkcija za preklapanje poligona, merenje površina, korisnički definisanih upita za kreiranje krugova i poligona i na kraju, linijski objekat predstavljen kao lanac inkrementalnih poteza u osam smerova kompasa (za razliku od postojeće prave linije između dve definisane tačke). CGIS je bio u stalnoj upotrebi sve do 1990. godine kada prerasta u veliku bazu podataka prostornih informacija Kanade koja se i danas aktivno koristi.

Godine 1964. Howard Fisher formira laboratoriju za kompjutersku grafiku i prostornu analizu na Univerzitetu Harvard „**Harvard Laboratory For Computer Graphics and Spatial Analysis**“. Ovde je kasnije razvijen veliki broj važnih teoretskih koncepata vezanih za manipulaciju i obradu prostornih podataka. Takođe, u okviru ove laboratorije nastale su i aplikacije koje su sve do ranih osamdesetih korišćene kao inspiracija i polazna tačka mnogim univerzitetima, istraživačkim centrima i korporacijama širom sveta za dalji razvoj komercijalnih geografskih informacionih sistema.

Među poznatijim sistemima ističu se:

- SYMAP (Synteny Mapping and Analysis Program) razvijen 1964. godine. Tada predstavlja demonstraciju mogućnosti računara da kreiraju mape.
- CALFORM razvijen kasnih šezdesetih godina dvadesetog veka i prethodnom SZMAP-u omogućio je štampanje izlaznih podataka na ploteru.
- SYMVU razvijen kasnih šezdesetih godina prošlog veka i po prvi put omogućava 3D perspektivu izlaznih prostornih podataka koje je već davao SYMAP.
- GRID razvijen kasnih šezdesetih godina dvadesetog veka, predstavlja početak rasterskog GIS-a
- POLYVRT razvijen ranih sedamdesetih godina prošlog veka i predstavlja softver za konverziju SYMAP u CALFORM i obrnuto.
- ODISSEY razvijen sredinom sedamdesetih godina prošlog veka i može se smatrati naslednikom POLYVRT-a jer pored prethodno navedenih osobina ima zavidnu mogućnost da analizira vektorske pakete podataka. Ujedno, ovo je prvi robusni sistem sa efikasnim algoritmom za preklapanje poligona.

Obzirom da su navedeni kao i mnogi slični programi tada još bili relativno jednostavni programi dizajnirani za brze i jeftine analize rasterskih podataka, čiji su se rezultati mogli prikazivati isključivo primenom prostih grafika uz pomoć linijskih štampača, mnogobrojni kartografi su odbijali da koriste ovakve sisteme. Ovo je bila velika prepreka razvoju GIS-a sve do sedamdesetih godina kada je na osnovu znatnog unapređenja računarskih sistema bilo moguće izneti i snažne argumente zašto koristiti ovakve sisteme.

Glavni argumenti koji su se tada pojavili bili su:

- Brža izrada postojećih karata,
- Jeftinija izrada postojećih karata,
- Izrada karata za specifične namene korisnika,
- Mogućnost izrade karata u slučajevima kada za to kvalifikovano osoblje nije na raspolaganju,
- Mogućnost eksperimentisanja različitim geografskim prikazima istih podataka,
- Olakšana izrada i ažuriranje karata kada se podaci već nalaze u digitalnom obliku,
- Mogućnost analize podataka koji zahtevaju interakciju između statističkih analiza i kartiranja,
- Minimalizacija primene štampanih karata kao izvora podataka što povlači i minimalizaciju efekata klasifikacije i generalizacije na nivou kvaliteta podataka,
- Kreiranje karata koje je ručno teško izrađivati (pogotovo kod stereoskopskih i 3D prikaza),
- Kreiranje karata u kojima su procedure izbora i generalizacije jasno definisane i dosledno izvedene,
- Uvođenje automatizacije koje vodi ka sagledavanju celog procesa izrade karata što dalje vodi ka uštedama i poboljšanjima.

Sledeći veliki istraživački poduhvat na polju geografskih informacionih sistema svakako je bio osnivanje Instituta za istraživanje sistema životne sredine „**Environmental Systems Research Institute**“ ili skraćeno **ESRI**. Osnovao ga je Jack Dangermond 1969. godine. Upornim desetogodišnjim radom, preko raznih rasterskih i vektorskih sistema dolaze do svog čuvenog sistema **ARCInfo**, prvog GIS-a koji je iskoristio prednosti većini dostupnog hardvera. Ubrzo nakon ovoga ESRI postaje i dominantan igrač na tržištu geografskih informacionih sistema. U 2000. godini ESRI je imao 36% udela od ukupnog svetskog GIS tržišta.

Veoma važan udeo na ovom tržištu svakako imaju i otvoreni, besplatni sistemi poput GRASS GIS, SAGA GIS, Quantum GIS, MapWindow GIS, ILWIS, uDIG, Terra View, CapaWare, FalconView i drugih. Njihov značaj, pored toga što su pristupačni bez finansijske nadoknade, jeste to što se na ovaj način geografski informacioni sistemi približavaju i običnim korisnicima i korporacijama koje ga veoma lako mogu dobrom idejom i realnim potrebama nadograditi i tako globalno unaprediti postojeće poglede na svet i zaključke do kojih smo možda dolazili bez šireg sagledavanja svih neophodnih elemenata.

Kao poseban GIS fenomen, početkom 2005. godine pojavio se Google Maps, a nešto kasnije i Google Earth. Ove dve aplikacije veoma brzo počinju da se šire i velikom broju računarskih korisnika pokazuju mogućnosti GIS-a. Ubrzo se korisnicima ovih aplikacija pruža i mogućnost da sami kreiraju prilagođene sisteme koristeći Google interfejs (Maps i Earth API), mape, satelitske snimke i ostale dostupne informacije. Do danas, Google redovno unapređuje ove sisteme i svoje servise kako bi se pozicionirao kao lider u inovacijama na polju geografskih informacionih sistema.

Danas se GIS aktivno koristi u sledećim oblastima:

- Agronomija (nadgledanje i upravljanje)
- Arheologija (opis nalazišta i procena mogućih arheoloških scenarija)
- Životna sredina (nadgledanje, modelovanje, procene, planiranje i upravljanje zemljištem, vodenim dobrima, klimatskim uslovima i vazduhom)
- Zdravstvo (pre svega epidemiologija i praćenje kretanja zaraznih bolesti u zavisnosti od mnogobrojnih faktora sredine)
- Šumarstvo (planiranje, optimizacija i upravljanje šumama)
- Hitne usluge (optimizacija funkcionisanja policijskih, vatrogasnih i ambulantnih službi u svrhu što racionalnijeg, kvalitetnijeg i bržeg reagovanja)
- Navigacija (kopnena, vazдушna i morska navigacija transporta)
- Marketing (definisanje položaja ciljnih grupa i optimizacija ponude)
- Nepokretnosti (sagledavanje kompletne slike katastra, od zakonskih, preko vrednosnih pa sve do osiguranja nepokretnosti)
- Regionalno i lokalno planiranje (izrada lokalnih i generalnih planova regulacije, troškova i upravljanja)
- Putevi i železnice (planiranje, unapređivanje i razvoj)
- Predmer radova i troškova (izrada predmera i predračuna građevinskih radova obzirom na konfiguraciju terena, eventualne useke i potrebe za nasipima)
- Društvene nauke (analiza i praćenje demografskih kretanja i promena)
- Turizam (lociranje i upravljanje kapacitetima i turističkim destinacijama)
- Vodovi (lociranje, upravljanje i planiranje vodova - kanalizacije, vodovoda, gasovoda, elektro i ostalih kablovskih instalacija)

4. KOMPONENTE GEOGRAFSKIH INFORMACIONIH SISTEMA

Jedan kompletan geografski informacijski sistem sastavljen je iz tri glavne komponente: kompjuterskog hardvera, grupe softverskih modula i odgovarajućeg organizacionog sadržaja.

Kompjuterski hardver namenjen je čuvanju, obradi i analizi podataka. U ovu komponentu ulaze svi uređaji koji, povezani sa kompjuterom omogućavaju prikaz i obradu podataka. Najčešće su prisutni skeneri visoke rezolucije, ploteri namenjeni štampanju velikih formata i eventualno, ekrani većih dimenzija namenjeni praćenju automatski ažuriranih podataka u digitalnom obliku. Prisustvo interneta i njegova maksimalna upotreba je sastavni deo ove komponente, pa se savremeni sistemi nikako ne mogu zamisliti bez njega. Velika količina digitalnih resursa danas je dostupna preko interneta, pa se tako i softver namenjen u ovu svrhu u velikoj meri oslanja na internet.

Svaki GIS softver možemo podeliti na nekoliko osnovnih funkcionalnih delova (Fig 4-1):

- Unos i provera podataka,
- Memorisanje i upravljanje bazama podataka,
- Izlaz i prezentacija,
- Transformacija podataka,
- Interakcija sa korisnikom.

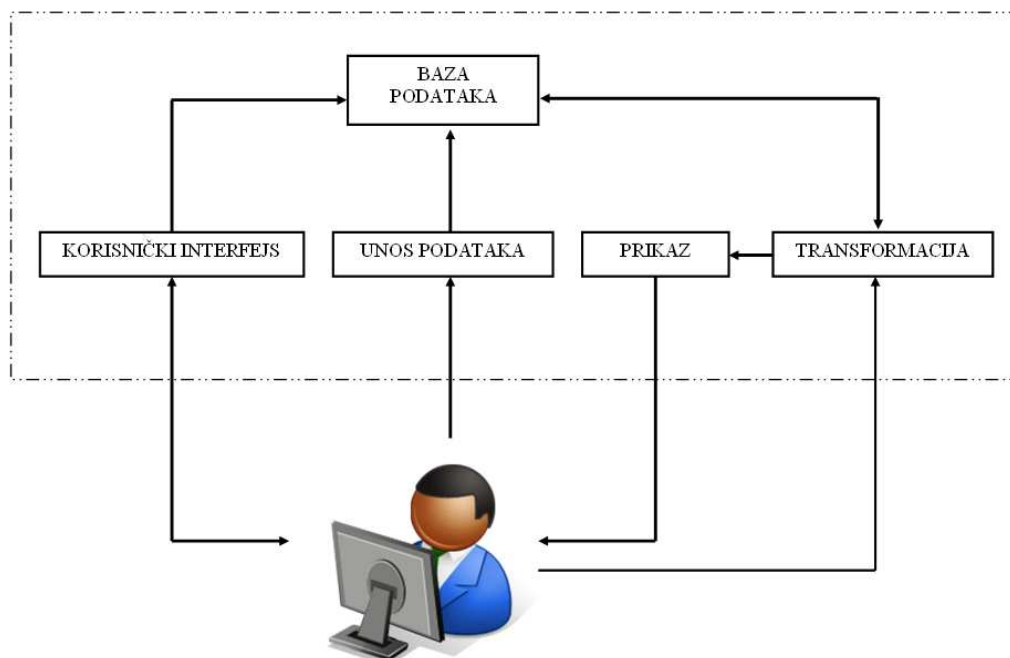


Fig. 4-1: Funkcionalni delovi GIS-a

Pod unosom podataka pokriveni su svi vidovi prikupljanja prostornih podataka sa već kreiranih karata, terenskih opažanja, senzorskih očitavanja i njihova konverzija u digitalni oblik (digitalizacija).

Memorisanje podataka i upravljanje bazama se odnosi na to kako su određeni podaci o položaju i atributima geografskih elemenata organizovani i struktuirani. Ovo kasnije određuje i način na koji će oni biti upotrebljivi od strane korisnika informacionih sistema.

Sistemi za upravljanje bazama podataka (SUBP) igraju veoma važnu ulogu u geografskim informacionim sistemima. SUBP je program ili grupa programa koji omogućavaju korisnicima da čuvaju, modifikuju, klasifikuju, biraju i izdvajaju informacije iz centralnih baza podataka. Koriste se širom sveta i zastupljeni su u gotovo svim sferama industrije u cilju centralizovanja informacija i opšte automatizacije.

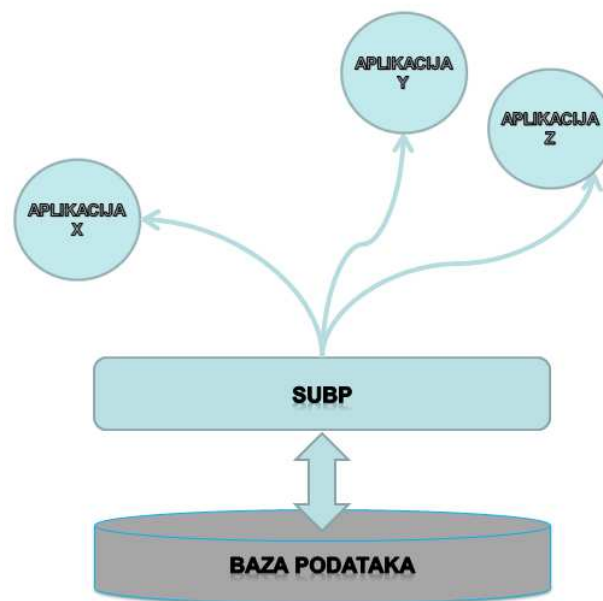


Fig. 4-2: Sistemi za upravljanje bazama podataka SUBP

Geografski informacioni sistemi se u velikoj meri oslanjaju na višeslojne relacione sisteme za upravljanje bazama podataka (Multitier system). Ovo podrazumeva jedan ili više servera za obradu podataka između klijent servera i servera sa bazom podataka. Ovaj sistem je veoma sličan standardnim klijent-server sistemima uz razliku što su ovde dodati serveri srednjeg sloja na kojima se nalazi softver namenjen izvršavanju određenih zadataka i delimičnoj obradi prosleđenih podataka. Ovim se ujedno smanjuje i količina podataka poslata ka klijent računarima, jednostavnije je razvijanje aplikacija, skaliranje podataka za internet, a povećana je i sigurnost i zaštita podataka. Konkretniji prikaz odnosa GIS-a i višeslojnih relacionih sistema za upravljanje bazama podataka može se videti na grafikonu Fig. 4-3.

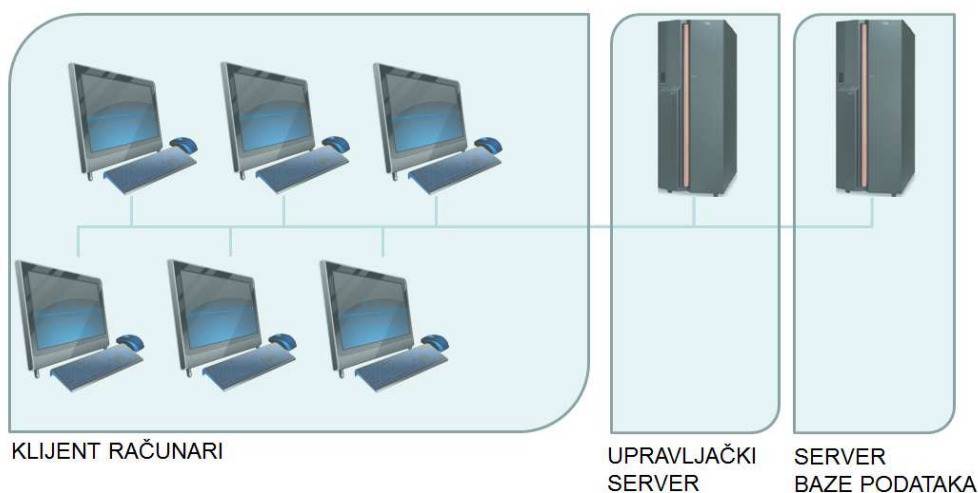


Fig. 4-3: Višeslojni relacioni sistemi

Izlaz i prezentacija se odnose na način na koji se izlazni podaci prikazuju korisnicima. Izlaz može biti predstavljen na više načina, bilo u digitalnom obliku na ekranima ili štampanom preko plotera u različitim formatima. Prikazana informacija može biti analiza prikazana tabelarno, opisno ili u vidu karata i slika.

Transformacija podataka se može pojaviti iz dva razloga: prvi ukoliko je potrebno da se vrši uklanjanje grešaka ili prilagođavanje podataka drugim podacima i drugi ukoliko se vrše analize nad velikim skupovima podataka kako bi se dobile što preciznije i korektnije izlazne vrednosti zahtevane od strane GIS-a.

Kvalitetan korisnički interfejs GIS-a predstavlja osnovu za interakciju sa korisnicima. On omogućava korisnicima da koristeći komande bliske svakodnevnom jeziku i upite bliske pseudo programskim jezicima dobiju dosta kompleksne i korisne analize i rezultate pretraga. Poznavanje programskih jezika više ne predstavlja obavezu prilikom korišćenja ovakvih sistema, ali sa druge strane ostavlja mogućnost za eventualno proširivanje za slučaj kada prethodno definisane funkcionalnosti nisu dovoljne.

5. OSNOVE GIS OKRUŽENJA

5.1. Geodezija

Geodezija je naučna disciplina koja se bavi merenjem i prikazivanjem Zemlje, gravitacionog polja i geodinamičkih pojava (pomeranje polova, plima i oseka i pomeranje zemljine kore). Takođe, možemo je definisati i kao nauku koja se bavi premerom zemljine površine, unosom podataka u katastar kao i prikazom podataka kroz izradu planova i karata. Kao takva, geodezija kombinuje naučne discipline poput matematike i fizike sa opservacijom.

Rane forme geodezije bazirane na vizuelnoj opservaciji, logičkom zaključivanju i grubim proračunima dovele su do transformacije pojma Zemlje kao ravne ploče u ideju zakrivljene površine. Mnogi filozofi poput Platona i Arhimeda mogli su samo da nagađaju i eventualno grubo pretpostave veličinu zemlje kao i njen oblik. Grčki filozof Eratosten prvi je uspeo da odgovori na ova značajna pitanja sa određenom dozom sigurnosti i naučnim dokazima. Uz pomoć sunčeve senke došao je do zaključka da je obim zemlje 25.000 milja i time postao prvi koji je jasnim proračunima izračunao ovu vrednost. Iako se koristio jedino primitivnim metodama i logikom, Eratosten je napravio grešku od samo 99milja. Opšte prihvaćen podatak obima Zemlje je 24.901 milja.

Godinama unazad geodezija se ne bavi opštim oblikom i dimenzijama Zemlje. Mnogo više pažnje se posvećuje detaljima zemljine površine, konkretnom obliku i dimenzijama uzimajući u obzir najviše vrhove planinskih venaca, visoravni, doline i promenljive geološke površine. Kako je i sama geodezija napredovala, sada se oslanja pre svega na dve osnovne forme merenja Zemlje: merenja Zemlje kao celine na globalnom nivou i premeravanja pojedinačnih delova zemljine površine. Geografski informacioni sistemi se u velikoj meri oslanjaju na ova merenja kroz satelitske podatke, GPS i opšta merenja.

5.2. Razmera

Razmera u najuopštenijem smislu odnosi se na veličinu prikaza na mapi u odnosu na veličine iz stvaranog sveta. Ona predstavlja vezu udaljenosti objekata na mapi i odgovarajućih udaljenosti na zemlji.

Postoji nekoliko tipova razmera:

- Verbalna tj. opisna razmera,
- Grafička razmera,
- Numerička razmera (odnos).

Representative Fraction	Verbal Scale
1:5,000	One inch represents 1 mile
1:25,000	One inch represents 3,000 feet
1:50,000	One cm equals 40 kilometers
1:250,000	One quarter inch equals 400 inches
1:1,000,000	

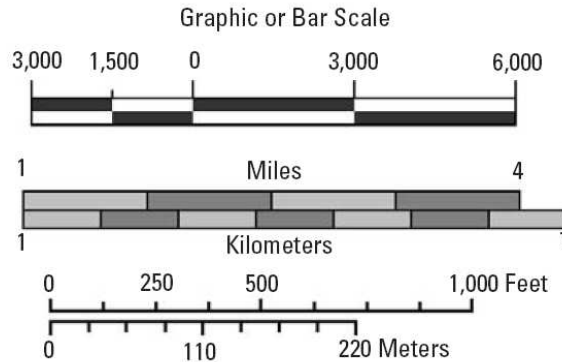


Fig. 5-1: Tipovi prikaza razmere

Grafički prikaz razmere je najčešće korišćen kako zbog svoje jednostavnosti tako i zbog činjenice da ukoliko se dimenzije same mape promene, on ostaje podjednako precizan, što ne važi i za ostala dva tipa.

Kod numeričke i opisne razmere, veličine se svode na 1. Ovo znači da jedna jedinica na mapi odgovara udaljenosti u prirodi u istoj jedinici. Na primer, ukoliko se uzme da je udaljenost između dva mesta na karti 4cm a karta je urađena u razmeri od 1:1.000.000 onda je udaljenost između ova dva mesta u prirodi 4.000.000 cm ili 40km.

Pojam razmere u GIS-u može se posmatrati i na potpuno drugi način pa tako imamo malu, srednju i veliku razmeru. Ove razmere se mogu odnositi na veličinu aplikacije ili prostora na koji je fokusiran određeni projekat. Tako se pod aplikacijama malih razmera podrazumevaju relativno velike površine, kao što su to mape sveta, kontinenta ili država (generalno se ovde mogu uzeti u obzir mape razmere od 1:50.000 do 1:500.000).

5.3. Modeli zemlje - elipsoid

Današnji najprecizniji geografski informacioni sistemi bazirani su na modernoj geodeziji i konačnoj spoznaji pravog oblika Zemlje. Kako predstavljaju blisku sličnost Zemljinom obliku (bez nepotrebnih kompleksnosti), elipsoidi su od neprocenjive važnosti za GIS i u velikoj meri ga pojednostavljaju.

Prva pretpostavka, koja datira iz vremena Eratostena (treći vek pre nove ere), jeste da je Zemlja sfernog oblika. Ovaj zaključak je bio baziran na kombinaciji prostih alata za merenje i minimalne količine informacija. Ovaj oblik zemlje je ostao favorit sve do sedamnaestog veka

nove ere, kada je nauka omogućila preciznija merenja udaljenosti i gravitacije. Napravljeni su i prvi teleskopi koji postaju najvažniji deo opreme svakog geodete u to vreme. Ubrzo nakon toga, postaje jasno uočljivo da postoje velike različitosti između različitih mesta na Zemlji, što dovodi i do stvaranja novih teorija po pitanju odgovarajućeg modela. Ovde se pojavljuju dva logična modela bazirana na elipsoidima: elipsoid u obliku jajeta predstavljen od strane Francuske i elipsoid u obliku grejpfruta predstavljenog od strane Britanije. Nakon gotovo deset godina istraživačkog rada Francuska akademija nauka usvojila je Britanski model kao najpribližniji stvarnom obliku Zemlje.

Elipsoid, ili sferoid, predstavlja mnogo bolju približnost obliku Zemlje nego sfera, polovi su blago zaravnjeni, a ekvator je ispupčen. Za razliku od sfere, elipsoid može da prihvati raznorodne dimenzije. GIS se veoma mnogo oslanja na geografsko pozicioniranje i Zemljin model pa je tako veoma važno da model bude što približniji stvarnom obliku kako bi i pozicioniranje bilo što preciznije. Sfera se pokazala kao adekvatna uzimajući u obzir površine oko ekvatora, ali je zato bila gotovo neupotrebljiva za površine oko polova. Iz ovog razloga bi, GIS baziran na sfernom modelu, proizvodio pogrešne informacije gotovo za sve lokacije na Zemlji, a posebno oko arktičkih i antarktičkih krugova.

5.4. Projekcije

Atlasi, mape sveta i putne karte predstavljaju projekcije Zemlje pod precizno definisanim kriterijumima. Kartografi koriste projekcije kako bi predstavili stvarni svet uz minimalna odstupanja (određena odstupanja su neminovna zbog krivolinijske površine Zemlje).

Zemljin elipsoid je izdelfen mrežom horizontalnih (istok/zapad) i vertikalnih (sever/jug) linija. Horizontalne linije se zovu paralele, jer su međusobno paralelne, a vertikalne meridijani. Glavni meridijan prolazi kroz mesto Grinič (Greenwich) u Engleskoj, a centralna paralela se naziva Ekvator. Ekvator deli severnu hemisferu od južne. Posmatrajući iz ugla Zemljinog elipsoida, svaka lokacija duž jedne paralele ima istu latitudu tj. istu udaljenost od ekvatora. Slično tome, svaka lokacija duž meridijana ima istu longitudu tj. ugao između tog i glavnog meridijana. Grafički prikaz Fig. 5-2.

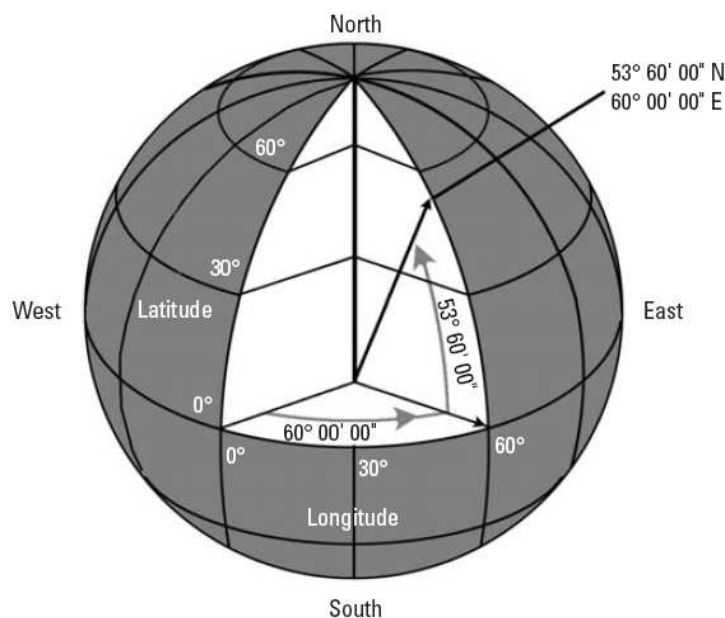
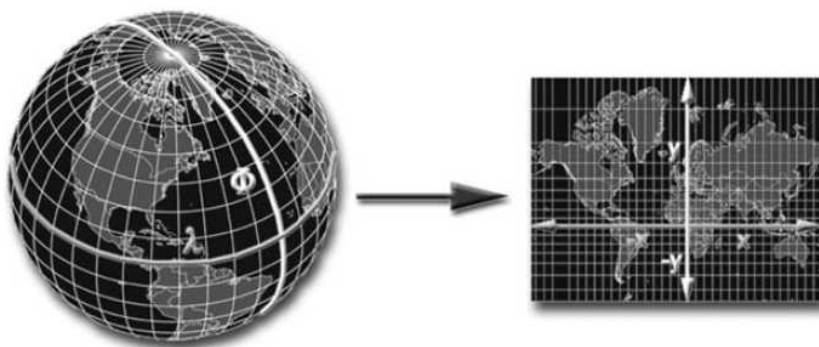


Fig. 5-2: Definicija zemljinog elipsoida

Da bi se mogla uraditi projekcija neophodno je prethodno izvršiti redukciju tj. umanjenje dimenzija Zemlje. Proces proporcionalnog umanjivanja stvarnih dimenzija u mnogo manje i praktičnije dimenzije, zove se redukcija razmere.

Redukcija razmere opisuje projektovanje elipsoida kao znatno umanjenog modela.

Kartografska projekcija podrazumeva predstavljanje trodimenzionalnog objekta (poput Zemlje lopte) u dvodimenzionalnom formatu (Fig. 5-3). Projekcije su u potpunosti grafičke što se može videti i iz najčešće korišćene Goode Homolosine kartografske projekcije. Kartografska projekcija koristi projekcijske formule kako bi se izveli kritični zadaci prenošenja trodimenzionalnog sferoida u dvodimenzionalnu ravnu površinu.



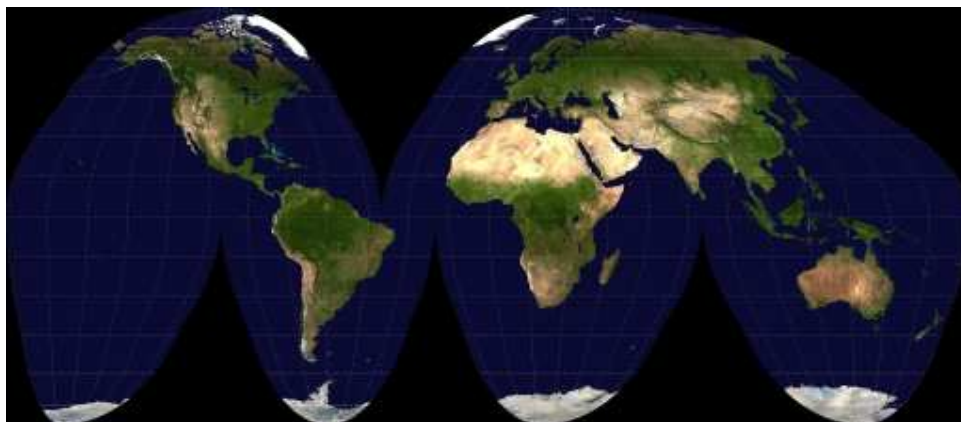


Fig. 5-3: Kartografske projekcije

Postoje tri tipa projekcija: cilindrična (valjkasta), konusna (kupasta) i azimutna. Projekcijska ravan nasleđuje prikaz karakteristika povezanih sa svakim projekcijskim tipom i formira koordinatnu mrežu, mrežu meridijana i paralela. Svaki projekcijski tip kreira određenu koordinatnu mrežu kao osnovnu projekcijsku podlogu. Projekcijom trodimenzionalni objekat je pretvoren u koordinatnu mrežu konkretnog projekcijskog tipa.

Kod cilindričnog tipa (Fig. 5-4) geografska širina i dužina su predstavljene na istim udaljenostima kao prave i paralelne linije koje se ukrštaju jedne sa drugima pod pravim uglom. Ovaj tip projekcije predstavlja striktnu mrežu krivolinijske površi tačne na ekvatoru, a sa povećanjem odstupanja ka polovima. Jedan od najboljih primera cilindričnog tipa projekcije je Merkatorova projekcija. Koordinatna mreža se sastoji od jednako udaljenih meridijana i nejednako udaljenih paralela. Kako se paralele približavaju polovima udaljenost između njih postaje sve veća. Sa ovim povećanjem udaljenosti dolazi i do povećanog odstupanja, pa se tako odstupanje povećava kako se projekcija kreće ka polovima. Sa druge strane ovaj projekcijski tip održava integritet vrednosti na centralnoj paraleli kao što je ekvator.



Fig. 5-4: Cilindrični projekcijski tip

Kod konusnog tipa (Fig. 5-5) meridijani su predstavljeni sistemom jednakih pravih linija pod istim uglom i paralela predstavljenih sa dva koncentrična kružna luka. Odstupanja se povećavaju kako se udaljava od osnovne paralele. Najpoznatije konusne projekcije su Lambertova projekcija i Albersova projekcija.

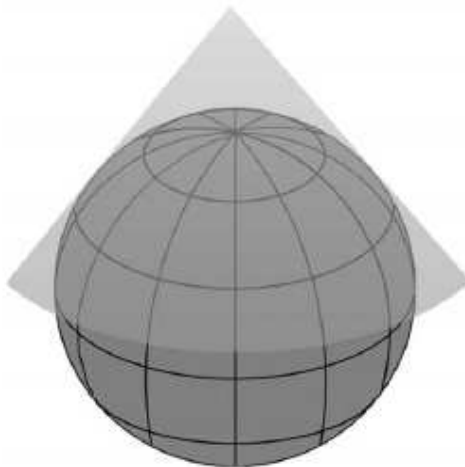


Fig. 5-5: Konusni projekcijski tip

Azimutski projekcijski tip (Fig. 5-6) se odnosi na ugao (uglavnom u stepenima) nekog objekta oko horizonta koji se meri od severa ka istoku. Ovaj projekcijski tip zadržava integritet azimuta i smer od centralne tačke ka drugoj udaljenoj tački u ravni. Drugim rečima, azimutske projekcije su tačne jedino u njihovoj centralnoj tački. U azimutskoj koordinatnoj mreži meridijani su predstavljeni kao prave linije koje se nagnju jedna ka drugoj. Paralele su predstavljene sistemom koncentričnih krugova sa zajedničkim centrom u tački pola. Odstupanja u azimutskom projekcijskom tipu preovladavaju duž ivica projekcijske površi.

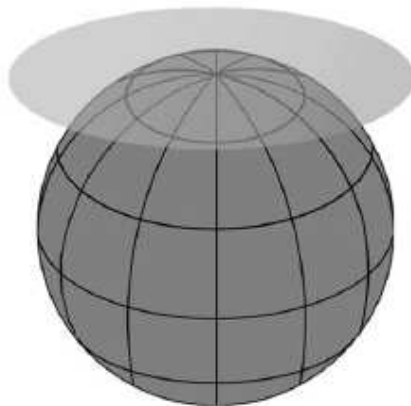


Fig. 5-6: Azimutni projekcijski tip

Vidovi projekcije

Postoje četiri osnovna vida projekcija: normalna, transverzalna, kosa i polarna.

Normalni vid projekcije (Fig. 5-7) je baziran na standardnim linijama duž kojih je odstupanje minimalno. Što se više udaljava od standardne linije veće je odstupanje. Ukoliko se ova standardna linija poklapa sa ekvatorom tj. centralnom paralelom onda se ovaj vid može smatrati ekvatorijalnim.



Fig. 5-7: Normalni vid projekcije

Kada se standardne linije kod normalnog vida projekcije rotiraju za 90 stepeni tada govorimo o transverzalnom vidu projekcije (Fig. 5-8). Kod ovog vida projekcije odstupanje se smanjuje duž meridijana i može imati azimutno ili ekvatorijalno poravnanje.



Fig. 5-8: Transverzalni vid projekcije

Kod kosog vida projekcije (Fig. 5-9) zemljine ose i ose projekcije su orijentisane u proizvoljnom smislu. Odstupanje je minimalno duž centralnog ili glavnog meridijana u projekciji.



Fig. 5-9: Kosi vid projekcije

Polarni vid projekcije (Fig. 5-10) se fokusira na jednu tačku, bilo severni ili južni pol. Meridijani su predstavljeni kao prave linije koje idu od jednog pola ka ekvatoru. Paralele su podjednako udaljeni koncentrični krugovi sa centrom u tom istom polu.



Fig. 5-10: Polarni vid projekcije

5.5. Koordinatni sistemi

Koordinatni sistemi igraju veoma važnu ulogu u geografskim informacionim sistemima. Oni se koriste u svakom segmentu od geografskih informacija i vektorske geometrije do geodetskih projekcijskih mapa. Kao takvi, koordinatni sistemi čine samo jezgro GIS-a. Važno je shvatiti da implementacija koordinatnog sistema u GIS omogućava geografskim podacima da budu prikazani kao vektorski podaci. Sa druge strane, geodetski podaci različitih izvora se mogu zajedno koristiti upotrebljavajući tehnike slojeva i transformacija koordinatnih sistema. Poznajući referentni sistem izvornih podataka, lako se može izvršiti transformacija ovih podataka u drugi koordinatni sistem. [Burrough, 2006] U krajnjoj liniji, bez implementacije koordinatnog sistema, GIS bi bio sveden samo na običnu bazu podataka.

Koordinata je set brojeva koji jasno određuje konkretnu poziciju unutar referentnog sistema. U dvodimenzionalnim sistemima karakteristične koordinate su definisane x,y sistemom $([x,y])$, dok se kod trodimenzionalnih sistema koriste x,y,z koordinate $([x,y,z])$. Za geografske informacione sisteme i geodeziju postoji puno referentnih sistema koji uključuju vektorske dvodimenzionalne i trodimenzionalne koordinatne sisteme (Kartesinski koordinatni sistem, Zemljin geografski koordinatni sistem, univerzal- transverz - merkatorov i univerzal - polar stereografski sistem).

Geografski koordinatni sistem je trodimenzionalni sistem koji koristi geografsku širinu i dužinu i elipsoidnu visinu. Zemljin trodimenzionalni elipsoid je mapiran nizom horizontalnih i vertikalnih referentnih linija koji formiraju grupu standardnih referentnih linija.

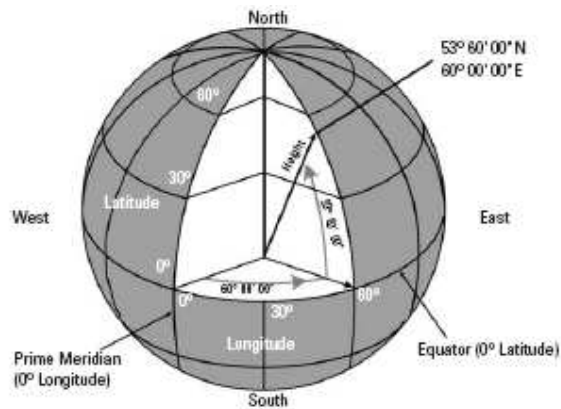


Fig. 5-11: Model zemlje sa definisanim koordinatnim sistemom

Kartesinski koordinatni sistem (pravougaoni koordinatni sistem) je jedan od najčešće korišćenih sistema u matematici i GIS-u. Kartesinski sistem je referentna struktura u kojoj se lokacije tačaka mere duž preseka ravni u dve i tri dimenzije. Zajednička koordinata, tj. tačka preseka svih ravni se zove koordinatni početak. Kartesinski dvodimenzionalni koordinatni sistem obuhvata dve ose: horizontalnu (x) osu i vertikalnu (y) osu. Koordinatni početak je definisan koordinatama (0,0). Ovaj dvodimenzionalni model je podeljen na četiri kvadranta sa pripadajućim osama (Fig. 5-12).

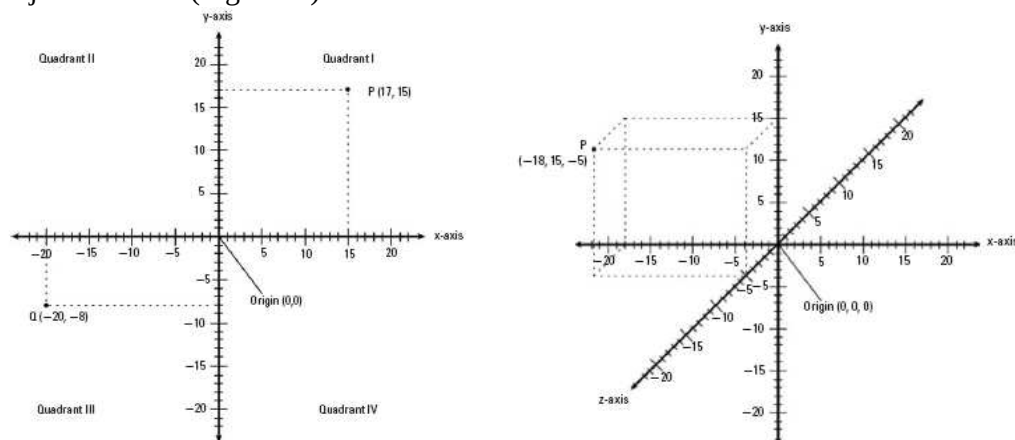


Fig. 5-12: Dvodimenzioni i trodimenzioni koordinatni sistemi

Trodimenzionalni kartesinski koordinatni sistem ima i treću, z osu koja predstavlja visinu (5-12). Ovaj koordinatni sistem je dobio ime po nadimku čuvenog francuskog matematičara i filozofa Renea Dekarta.

Univerzal - transverz merkator (UTM) je globalna kartografska projekcija koja transformiše trodimenzionalni svet u dvodimenzionalni sistem. UTM koristi internacionalni sistem ravni. Ovaj sistem je proširen na 84 stepena severno od ekvatora i 80 stepeni južno ispod ekvatora. UTM koordinatni sistem je definisan mrežom zona koje dele Zemlju na 60 jednakih zona koje su sve šest stepeni široke (istok- zapad). Ove zone su numerisane brojevima od jedan do šezdeset (Fig 5-13).

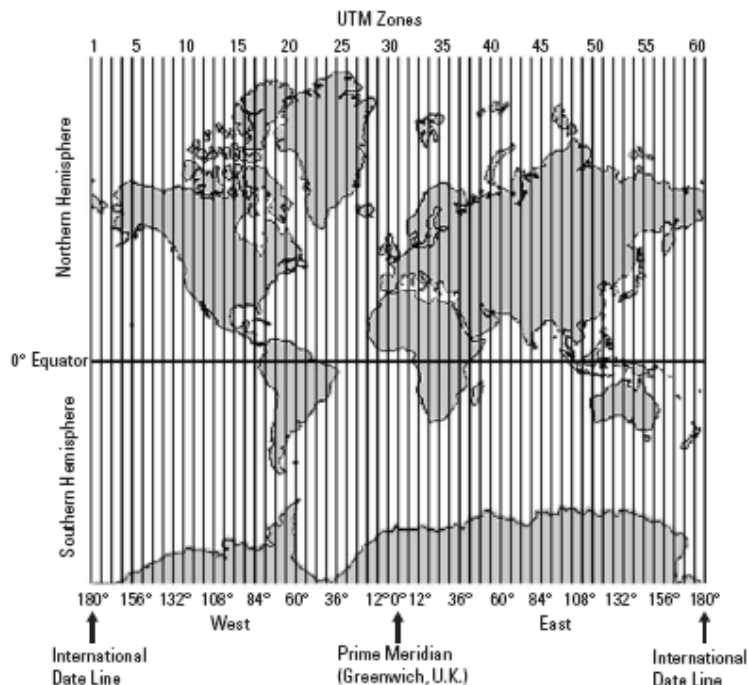


Fig. 5-13: Globalna kartografska projekcija (UTM)

UTM sistem ima različite primene širom sveta i pored toga što nije uvek u pitanju jedan identičan sistem. Na primer, u Evropi se koristi Kriger – Gausova projekcija (Kruger - Gauss) pa se tako sistem naziva Kriger - Gaus transverz- merkator. Sa druge strane, u SAD-u vojska koristi modifikovan UTM sistem pod nazivom vojni referentni sistem (MGRS- military grid referent sistem). Obzirom na veoma mala odstupanja, UTM se može smatrati visoko preciznim sistemom. Sa druge strane UTM projekcija ne može biti korišćena kod Zemljinih polova iz razloga povećanih odstupanja i upravo zbog toga razvijen je UTM sistem koji je fokusiran isključivo na polarne regione pod nazivom univerzal polar stereografik (UPS).

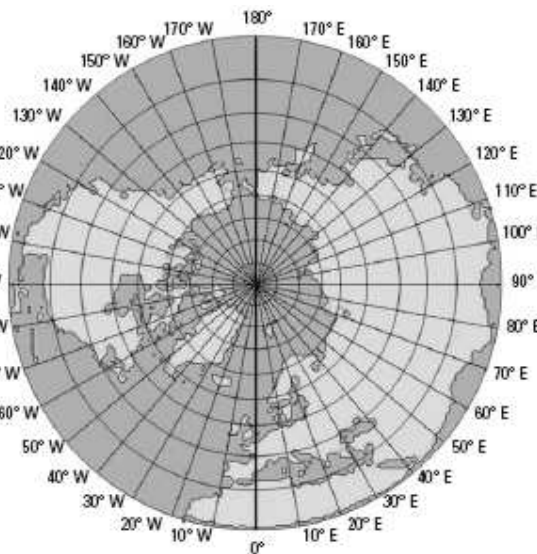


Fig. 5-14: Prikaz Univerzal polar stereografik sistem (UPS)

Iz ovog proizilazi da UPS igra veliku ulogu iznad 84 stepena severne i ispod 80 stepeni južne latitude (Fig, 5-15). UPS uključuje i dodatnih 30 stepeni koji prelaze u UTM mrežu kako bi se

omogućio određen stepen preklapanja ova dva sistema. UPS sistem je podeljen na dve zone-severnu i južnu polarnu zonu. Kao i UTM svaka zona ima svoju sopstvenu strukturnu mrežu i koordinatni sistem. UTM i UPS su komplementarni i u kombinaciji omogućavaju pogled na potpuno ravnu Zemlju.

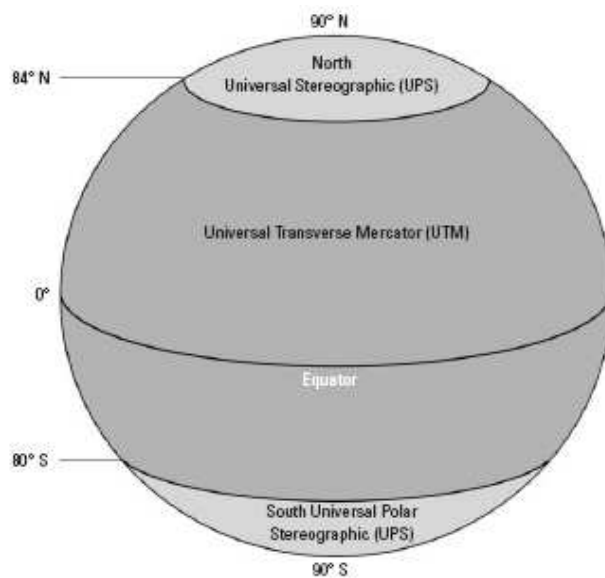


Fig. 5-15: Podela UPS sistema

6. PROSTORNI PODACI

6.1. Manipulacija prostornim podacima

Najčešće korišćene i ujedno najjednostavnije operacije za manipulaciju prostornim podacima su:

- Projekcije,
- Selekcije,
- Pridruživanja,
- Unije,
- Overlay - preklapanje
- Geometrijska selekcija (okvirni upit, upit po tackama, isecanje),
- Spajanja

Kompleksnije operacije su:

- Metričke operacije
- Topološke operacije
- Interpolacije/Ekstrapolacije
- Lokacija
- Alokacija
- Kombinacija lokacije i alokacije

6.2. Prostorni podaci i SUBP

Potreba GIS-a je da čuva i prostorne i alfanumeričke podatke. Fajlovima u kojima se ovi podaci skladište može se upravljati direktno od strane aplikacije ili preko sistema za upravljanje bazama podataka, a sa ciljem unošenja, čuvanja, izvlačenja, analize, izbora i prikaza željenih podataka.

Prvi geografski informacioni sistemi su direktno pravljani nad vlastitim fajl sistemima. Čak i neka gotova GIS rešenja danas se baziraju na ovom pristupu, koji se svodi na direktnu komunikaciju aplikacije sa čuvanim podacima. Ovaj pristup ima vrlo malo prednosti, a dosta opasnih nedostataka koji se odnose na bezbednost samih podataka i kontrolu pristupa.

6.2.1. Relacioni sistemi

Uvođenjem relacionih sistema za upravljanje bazama podataka dobijaju se sledeće mogućnosti:

- Prikazivanje tema preko relacija (tabela). Geografski objekat predstavlja jedan niz (red) takvih relacija, a svaka kolona predstavlja po jedan atribut.
- Atributi koji imaju alfanumeričke tipove, poput nizova i realnih brojeva.
- Upiti bazirani na SQL-u.

Na slici Fig. 6-1 prikazan je primer za temu „države“, sa šemom atributa (naziv, glavni grad broj stanovnika, ...). Predstavljanje prostornih podataka izvedeno je tako što geometrijski atribut „geo“ odgovara državnoj granici. Ukoliko pretpostavimo da se država sastoji od nekoliko delova, uzećemo u obzir da se tabela granica sastoji od kontura. Kontura je definisana identifikatorom (C1, C2, ...) i relacionom listom tačaka (po jedna za najvišu tačku

poligona) definisanih u tabeli tačaka. Kako lista sa tačno definisanim redosledom tačaka ne postoji u relacionom modelu, potrebno je poslužiti se posebnim metodama kako bi se opisala ovakva lista. Ovde se atribut point-num koristi za predstavljanje redosleda tačaka duž granice regiona. Za korišćenje upita nad temama kreiranim na ovaj način, koristi se SQL. Na primer, ukoliko želimo da izvršimo upit koji treba da vrati konture Francuske, potrebno je da dobijemo set koordinata temena koji odgovaraju poligonu koji definiše granice Francuske.

Upit bi izgledao ovako:

```
SELECT    granica.id-kontura, x, y
FROM      drzava, granica, kontura, tacka
WHERE     ime = 'France'
AND       drzava.id-granica = granica.id-granica
AND       granica.id-kontura = kontura.id-kontura
AND       kontura.id-tacka = tacka.id-tacka
ORDER BY  granica.id-kontura, tacka-num
```

Država

ime	prestonica	populacija	id_granica
Nemačka	Berlin	78,5	B1
Francuska	Pariz	58	B2
...	...	...	...

Granica

id-granica	id-kontura
B1	C1
B2	C2
B2	C3
B3	C4
B3	C5
...	...

Kontura

id-kontura	tacka-num	Id-tacka
C1	2	P1
C1	1	P2
C1	3	P3
C1	...	...
C2	1	P4
C2	2	P5
C2	...	...
...	...	...

Tačka

id-tacka	x	y
P1	452	1000
P2	365	875
P3	386	985
P4	296	825
P5	589	189
...	...	...

Fig. 6-1: Relaciono predstavljanje država

Glavna prednost ovakvog pristupa jeste što se oslanja na standardni SQL. Sa druge strane, postoje mane koje ga čine gotovo neupotrebljivim za rad sa prostornim aplikacijama.

Od ovih nedostataka najvažniji su:

- Narušavanje principa nezavisnosti podataka,
- Loše performanse zbog potrebe za velikim brojem podataka za prikazivanje prostornih informacija,
- Nedostatak user-friendly principa,

- Poteškoće u definisanju novih prostornih tipova,
- Nemogućnost izražavanja geometrijskih kalkulacija.

6.2.2. *Pristup labave veze*

Kod mnogih savremenih geografskih informacionih sistema upravljanje opisnim podacima je odvojeno od upravljanja prostornim, georeferenciranim podacima. Među njima se nalaze i dobro poznati GIS sistemi ArcInfo (ESRI), MGE i TiGRis (Intergraph). Kod ovakve arhitekture postoje dva sistema koja koegzistiraju (Fig 1.2). Jedan je reacioni, SUBP, ili samo neke njegove komponente namenjene opisnim, alfanumeričkim podacima, a drugi je specifičan modul za upravljanje prostornim podacima.

Čak i kod ovakvih sistema postoje određene mane:

- Koegzistencija heterogenih modela podataka podrazumeva komplikovano modelovanje, upotrebu i integraciju.
- Delimičan gubitak SUBP funkcionalnosti kao što su tehnike za oporavak usled teških grešaka, upiti i optimizacija.

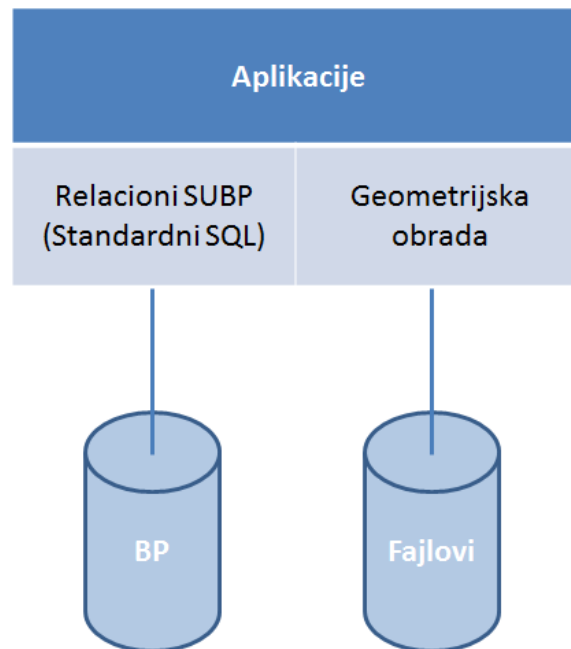


Fig. 6-2: Arhitektura labave veze

6.2.3. *Integrirani pristup baziran na proširivosti SUBP-a*

Kako bi se zaobišla većina prethodno navedenih nedostataka, sve češće se koristi pristup baziran na proširenom SUBP-u.

Osnovna prednost kod ovakvog pristupa jeste mogućnost dodavanja novih tipova podataka i operacija relacionom sistemu. Trenutni trend, kada su u pitanju GIS aplikacije jeste da se koristi proširivanje relacionog SUBP-a na sledeći način:

- Upitni jezik SQL se proširuje kako bi omogućio manipulisanje, kako prostornim tako i opisnim podacima. Sa novim, prostornim tipovima podataka (tačka, linija, region) upravlja se na isti način kao i sa osnovnim alfanumeričkim tipovima.
- Mnoge od SUBP funkcija, poput optimizacije upita, su usvojene kako bi rad sa prostornim podacima bio kvalitetniji i efikasniji.

Kako bi prošireni SUBP ispunio navedena očekivanja neophodno je da se ispune određeni uslovi:

- Predstavljanje logičkih podataka mora biti prošireno za prostorne podatke i pri tome održati principe nezavisnosti, jednostavnosti i realnosti (user friendliness).
- Jezik za upite mora imati integrisane nove funkcije kako bi mogao koristiti bogat set mogućih operacija primenljivih na geometrijskim objektima.
- Mora postojati efikasan fizički prikaz prostornih podataka.
- Efikasan pristup podacima je neophodan kako za prostorne tako i za klasične baze podataka. Kako struktura drveta sa binarnim pretraživanjem (B-tree) nije adekvatna za pristup prostornim podacima, neophodna je nova struktura podataka za indeksiranje prostornih baza podataka.
- Neka od najvažnijih dostignuća na polju obrade relacionih upita, kao što su algoritmi spajanja, ne mogu se koristiti u prostornim bazama podataka, pa se tako moraju uvoditi novi algoritmi.

Kao dva primera, dosta zastupljena, mogu se navesti Oracle i Postgres koji nude gotova rešenja SUBP ekstenzija za rad sa prostornim tipovima podataka.

7. PREDSTAVLJANJE PROSTORNIH OBJEKATA

7.1. Modelovanje geografskog prostora

Koliko je važno da podaci o prostoru budu na pravi način kreirani, što znači kvalitetni i dovoljno detaljni, toliko je važno da budu pristupačni i fleksibilni. Da bi se to postiglo, moraju da budu na pravi način modelovani i struktuirani. Modelovanje podataka o prostoru predstavlja postupak uobličavanja tako da podaci postaju korisne informacije.

Modelovanje podataka o prostoru treba opisati geometrijskim (pozicija, oblik, veličina), topološkim (veza sa ostalim entitetima- susednost, pripadnost, presek) i tematskim osobinama (naziv, adresa, vrsta, tip). Potrebno je modelovanje i struktuiranje podataka o prostoru koje vodi ka jednoj hijerarhiji od tri ravni, pri čemu donja ravan sadrži metriku, srednja uzima topologiju, a gornja ravan daje tematsko značenje prostornog objekta.

Pod geometrijskim modelovanjem podrazumeva se postupak opisivanja, obrade i arhiviranja raspoložive geometrije prostornih objekata. To su uglavnom vektorski modeli podataka koji pružaju informaciju o lokaciji i obliku objekata, izraženi geometrijskim primitivima (tačka, linija, poligon).

U realnom svetu postoje mnogobrojne veze među samim objektima: putevi seku reke, države imaju zajedničke granice, neki objekti su pored reke... Takve veze se zovu topološke veze, a određene su relativnim (odnosnim) položajem objekata.

On ima nekoliko prednosti u odnosu na geometrijsko:

- procesiranje se izvodi mnogo brže
- analiziranje podataka je olakšano (kombinovanje susednih poligona sa zajedničkim svojstvima, identifikovanje susednih entiteta, preklapanje više slojeva u jednu celinu...)
- skladištenje sadržaja je mnogo uspešnije.

Pod tematskim modelovanjem podataka o prostoru podrazumeva se postupak opisivanja, obrade i arhiviranja raspoložive tematike prostornih objekata, pri čemu se koriste tehnike raslojavanja i objektna hijerarhije.

Svaki objekat se u suštini može predstaviti samo geometrijskim i opisnim podacima, pa se zato najčešće koristi geometrijsko i tematsko modelovanje. Kasnije se uzima u obzir njihova prostorna dimenzija i međusobno povezivanje, odnosno uspostavljanje topoloških veza.

7.1.1. Entitetski modeli (Objekti)

Kao što je prethodno navedeno, geografski objekti imaju dve komponente, opisnu i prostornu, a one odgovaraju nekom obliku ili položaju objekta u određenom prostoru. Kako bi se neki konkretan objekat razlikovao od ostalih, dodeljuje mu se određeni identifikator (identitet). Kompletan set (identitet, prostorni objekat i zajednički opis) predstavljaju geografski objekat ili entitet.

Tumačenje prostora zavisi od semantike vezane za geografsku oblast. Tako za jedan isti prostor u zavisnosti od pogleda na njega možemo dobiti potpuno drugačije interpretacije sa različitim grupama entiteta.

U praksi, najčešće se koristi jedan od sledećih tipova prostornih objekata:

- Nulto-dimenzioni objekti ili tačke. Tačke se koriste za predstavljanje lokacije entiteta čiji oblik nije od koristi ili kada je površina veoma mala u odnosu na referentnu površinu u kojoj se nalazi. Gradovi, kuće i raskrsnice su neki od primera entiteta čiji prostorni objekat može biti sveden na tačku na mapama sa velikom razmerom.
- Jedno-dimenzioni objekti ili linearni objekti. Ovi objekti su često korišćeni za predstavljanje mreža (putevi, reke, ...). Najosnovniji geometrijski tip koji se ovom prilikom koristi jeste izlomljena linija (polyline). Izlomljena linija je definisana kao ograničen set linijskih segmenata tako da su krajnje tačke svakog segmenta zajedničke za tačno dva segmenta (osim za krajnje tačke – ekstreme koji pripadaju samo jednom segmentu).

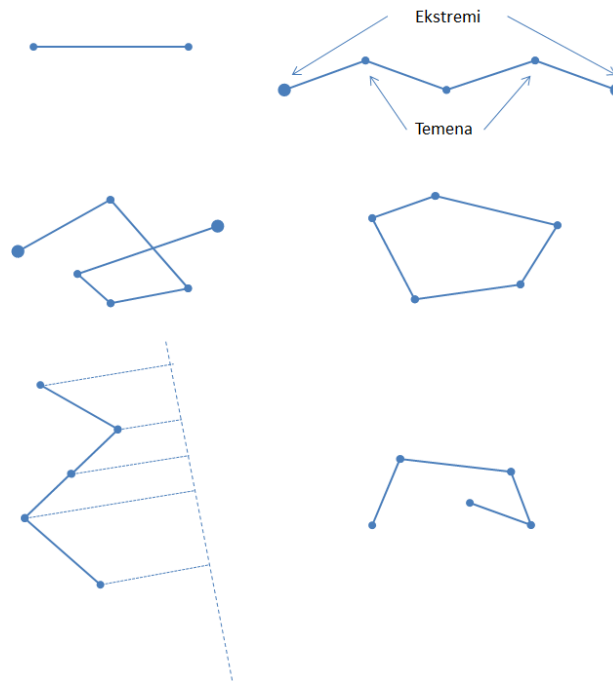


Fig. 7-1: Primeri jednodimenzionih objekata (linija, izlomljena linija, složena izlomljena linija, jednostavna zatvorena izlomljena linija, monotona izlomljena linija i jednostavna izlomljena linija)

- Dvo-dimenzioni objekti ili poligoni. Ovi objekti su najčešće korišćeni za predstavljanje entiteta sa velikim površinama, kao što su parcela ili administrativne jedinice. Poligoni konstituišu glavni geometrijski tip za ovakve objekte i po definiciji su delovi ravni okružene zatvorenim izlomljenom linijom (tipovi poligona Fig.7-2)
- Model entiteta predstavlja skup entiteta (celina) koji imaju poznatu lokaciju i koji se karakterišu prostornim atributom. Tipičan primer ovog modela može da bude mapa vektora arheoloških celina, tj. skup vektorskih poligona koji sadrže informacije o razmerama neke celine na terenu i uz koje se mogu vezati informacije koje se ne odnose na prostorne odrednice (količina keramike koja je pronadjena u okviru tog entiteta).

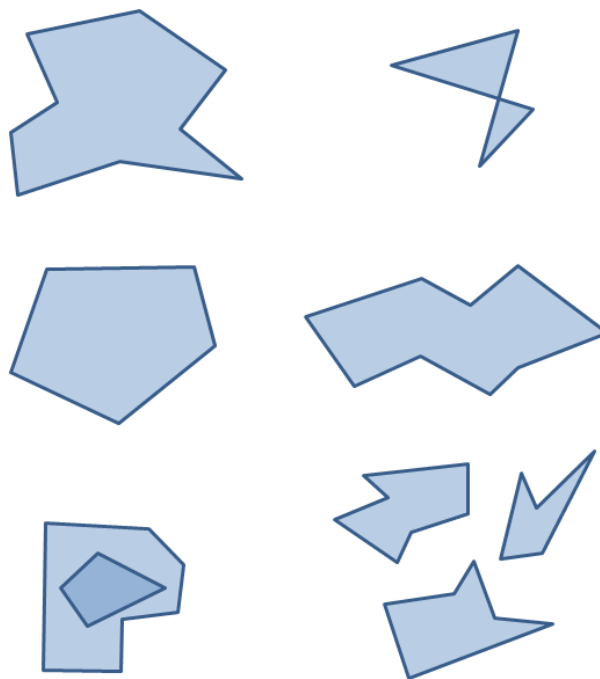


Fig. 7-2: Primeri 2D objekata (jednostavni, složeni, koveksni, monotoni, poligoni sa šupljinom i regioni)

7.1.2. Prostorni model

Kod pristupa baziranog na prostornom modelu svaka tačka u prostoru je vezana sa jednim ili više atributa, definisanih kao neprekidne funkcije x i y . Nadmorska visina je primer funkcije definisane nad x i y koja za rezultat ima vrednost varijable h za bilo koju tačku u dvodimenzionalnom prostoru.

Obzirom da postoji beskonačan broj objekata u stvarnosti i veza između njih, nemoguće je sve obraditi. Zato u praksi postoji samo izbor određenog skupa objekata. Kod tih objekata zajednička odlika je prostorno određenje. Iako ima nekoliko načina da se to prostorno određenje predstavi, ipak se sve svodi na izbor i definisanje sadržaja podataka o prostoru. Prostorni model podataka odnosi se na opšte posmatranje sadržaja realnog sveta i vodi ka prostornom okviru, u kome korisnik utvrđuje objekat s obzirom na njegovo tematsko izduženje i razgrančanje. To je prva faza u razvoju modela podataka o prostoru. Nakon toga sledi konceptualno modelovanje. Uspešan način da se to ostvari u praksi jeste da se definiše jedan pouzdan prostorni okvir, koji pruža kostur na koji se mogu dodavati druge informacije ili podaci, a da se ne oslabi njegova osnovna vrednost.

7.1.3. Konceptualni model podataka

Prikaz izabranog sadržaja i način organizacije podataka o prostoru predstavlja konceptualno modelovanje. Pri tome je glavni problem kako izabrane objekte i odnose među njima formalizovati, odnosno kako ilustrovati sadržaj geoprostorne baze podataka na prihvatljiv

način. Odgovor je konceptualni model, jer podrazumeva klasifikaciju i način predstavljanja objektivne stvarnosti, odnosno prikaz i međusobne veze između objekata u prostoru.

7.2. Režimi prikaza (predstavljanja)

Postoji više različitih režima prikaza: mozaičko, vektorsko i prikazivanje poluravni.

7.2.1. Mozaički režim predstavljanja

Ćelijska dekompozicija ravni služi kao osnova za prikaz geometrije. Podela prostora na nepovezane ćelije definiše diskretan model koji se još naziva i model prostorne rezolucije, pločasti model ili mrežasti model u polju kompjuterske grafike. Pristup može biti dalje podeljen na fiksne (standardne) i varijabilne (nestabilne) mozaičke režime. Fiksni koriste standardnu mrežu ili raster koji predstavlja grupu poligonih segmenata jednake veličine. Varijabilni model radi sa segmentima raznih veličina. Veličina ovih segmenata se može menjati i u odnosu na nivo rezolucije (Fig. 7-3 i Fig. 7-4). Kod rasterskog prikazivanja pravougaoni dvodimenzionalni prostor je podeljen na konačan broj osnovnih ćelija. Prostor se uglavnom razlaže shodno standardnoj dvodimenzionalnoj mreži sastavljenoj od $N \times M$ pravougaonih ćelija, čije su strane paralelne koordinatnim osama prostora. Ove ćelije se nazivaju pikseli. Piksel ima svoju adresu u površi, koja je uglavnom par (x,y) , gde $x \leq N$ je kolona ćelije u mreži, a $y \leq M$ je red.

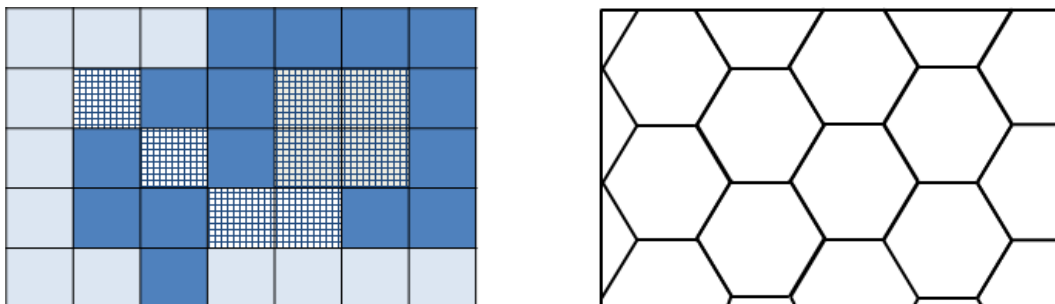


Fig. 7-3: Primeri pravilnih mozaika (mreža pravougaonika i heksagone ćelije)

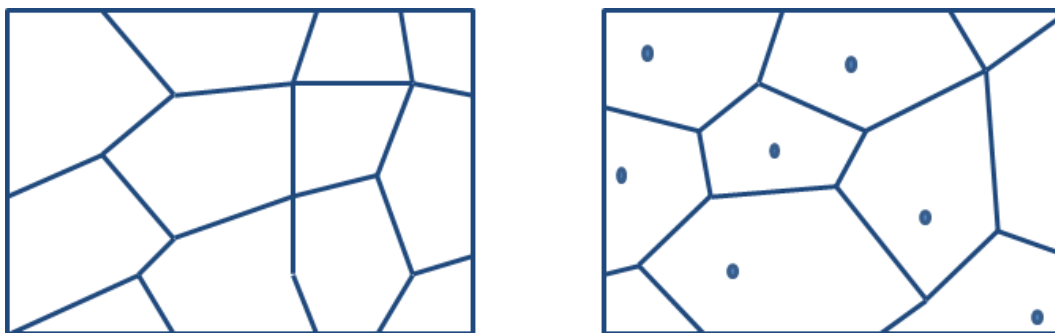


Fig. 7-4: Primeri nepravilnih mozaika

U praksi standardni mozaik se može naći kod aplikacija koje obrađuju satelitske slike kao što su vremenske prognoze i prognoze zagađenja. Tako su podaci prikupljeni na terenu predstavljeni kao prostorne funkcije kao što su temperatura ili visina. Domen funkcije više nije beskonačan set tačaka već konačan set piksela. Drugim rečima, prostor se više ne posmatra kao neprekidno polje, već kao diskretno polje koje dopušta eksplicitno predstavljanje podataka.

Nestandardni mozaik se, na primer, koristi kod zoniranja (standardne GIS funkcije), u socijalnim, demografskim ili ekonomskim podacima. Druge aplikacije uključuju modelovanje površine korišćenjem trouglova ili administrativnih i političkih segmenata.

Prostorni objekat u dvodimenzionalnom prostoru je predstavljen najmanjim (konačnim) skupom piksela koji ga čine. Tačka je opisana kao jedan piksel. Njena lokacija je opisana kao adresa piksela, par celobrojnih koordinata. Poligoni, izlomljene linije i regioni su predstavljeni konačnim brojem piksela (Fig. 7-5).

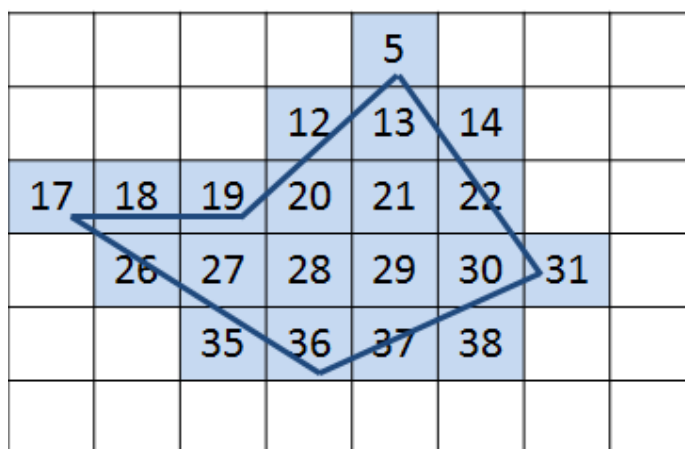


Fig. 7-5: Diskretni prikaz poligona P

7.2.2. Vektorski režim predstavljanja

U vektorskom režimu objekti su napravljeni od tačaka i ivica kao primitivnih elemenata. Tačka je predstavljena parom svojih koordinata, a kompleksni i linearni objekti i površi su predstavljeni strukturama (listama, grupama i nizovima). Za razliku od rasterskog predstavljanja, vektorsko ne zahteva memoriju [Velicanu, 2010.]. Pojedinačno, poligon je predstavljen konačnim setom temena (čvorova).

Postoji veliki broj varijacija za predstavljanje linija i regiona u vektorskom režimu.

Neki od njih su:

- izlomljena linija predstavljena listom tačaka $\langle p_1, \dots, p_n \rangle$, gde je svaki p_i najviša tačka. Svaki par (p_i, p_{i+1}) , sa $i < n$ predstavlja jednu od ivica linije.
- poligon je takođe predstavljen kao lista tačaka. Uočljiva razlika je u tome što lista predstavlja zatvorenu izlomljenu liniju, a samim tim par (p_n, p_1) predstavlja ivicu poligona.
- pojednostavljeno rečeno, region predstavlja set poligona.

U narednom primeru notacije strukture n-torke su označene sa [], liste sa <> i setovi sa {}. Koristeći ovu notaciju struktura sačinjena od tačaka, izlomljenih linija, poligona i regiona može biti prikazana na sledeći način:

- tacka : [x: real, y: real]
- izlomljenaLinija : <tacka>
- poligon : <tacka>
- region : {poligon}

Na slici Fig. 7-6 predstavljen je poligon *P* u vektorskom režimu. Opisan je sortiranom listom parova koordinata (<[4, 4], [6, 1], [3, 0], [0, 2], [2, 2]>).

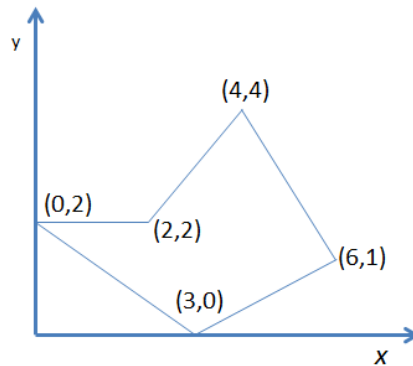


Fig. 7-6: Vektorski prikaz poligona

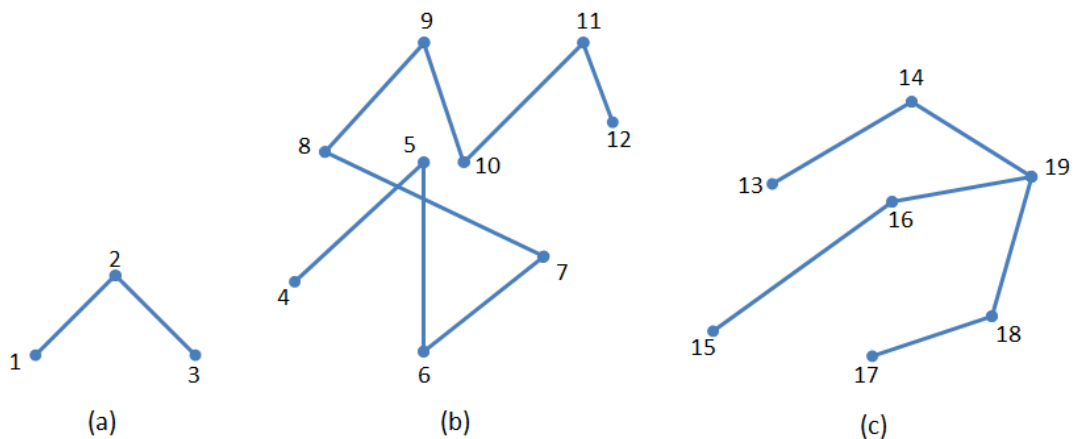


Fig. 7-7: Primeri izlomljenih linija

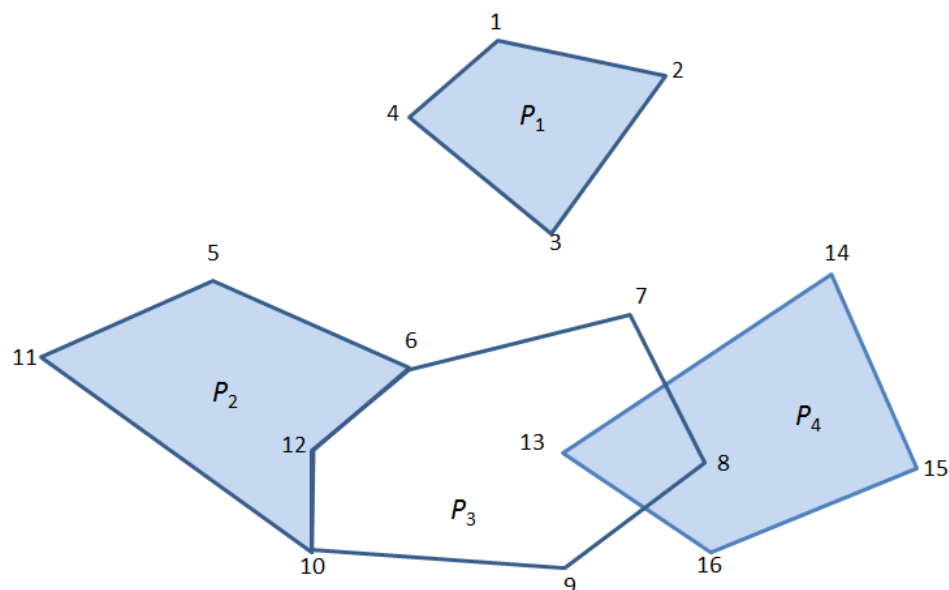


Fig. 7-8: Primer poligona

7.2.3. Režim predstavljanja poluravni

Svi prostorni objekti su definisani jednim prostim elementom, poluravni. Iako davno predložen, ovaj jednostavan model je tek u skorije vreme pridobio značajnu pažnju. Poluprostor H u d -dimenzionalnom prostoru R^d može biti definisan kao set tačaka $P(x_1, x_2, \dots, x_d)$ koji zadovoljava formu sledeće nejednakosti $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_dx_d + a_{d+1} \leq 0$. Tako, H predstavlja vektor $[a_1, a_2, \dots, a_{d+1}]$.

7.3. Predstavljanje geometrije grupe objekata

Tri najčešće korišćena načina (modela) predstavljanja grupa prostornih objekata su špageti model, mrežni i topološki model. Najveća razlika između njih je u prikazivanju topoloških veza između komponenata prostornih objekata.

7.3.1. Špageti model

Kod ovog modela, geometrija bilo kog prostornog objekta iz grupe opisana je nezavisno od ostalih objekata. Kod ovog modela redundantnost se podrazumeva. Na primer, ukoliko uzmemo u obzir granicu između dva susedna regiona, ona će biti dva puta predstavljena. Ovaj jednostavan model omogućava heterogeno predstavljanje koje istovremeno koristi tačke, izlomljene linije i regione bez ikakvih restrikcija. Ovo može značiti da, kada prava preseca ravan, sama tačka preseka ne mora biti eksplicitno sačuvana u bazi podataka.

Najveća prednost ovakvog modela jeste njegova jednostavnost. Obzirom da se svi objekti čuvaju nezavisno, to omogućava krajnjim korisnicima jednostavnije dodavanje novih objekata. Sa druge strane, glavna mana ovog modela jeste nedostatak eksplicitnih informacija

o topološkim relacijama između prostornih objekata. Na primer, ne postoji jednostavan način da se utvrdi da li granice dva poligona dele neke zajedničke tačke.

7.3.2. Mrežni model

Mrežni prostorni model je početno bio dizajniran kako bi se predstavljale mreže u grafičkim aplikacijama. U ovom modelu, topološke veze između tačaka i izlomljenih linija se čuvaju. Set geometrijskih tipova koji se ovde uzimaju u obzir je nešto kompleksniji od tipova kod špageti modela. Kod mrežnog modela se uvode dva nova pojma: čvorovi i lukovi. Čvor predstavlja karakteristična tačka koja spaja više lukova, a luk predstavlja izlomljenu liniju koja počinje i završava u čvoru. Postoje dva tipa tačaka, obična tačka i čvor. Čvor može biti ili krajnja tačka luka ili izolovana tačka u ravni.

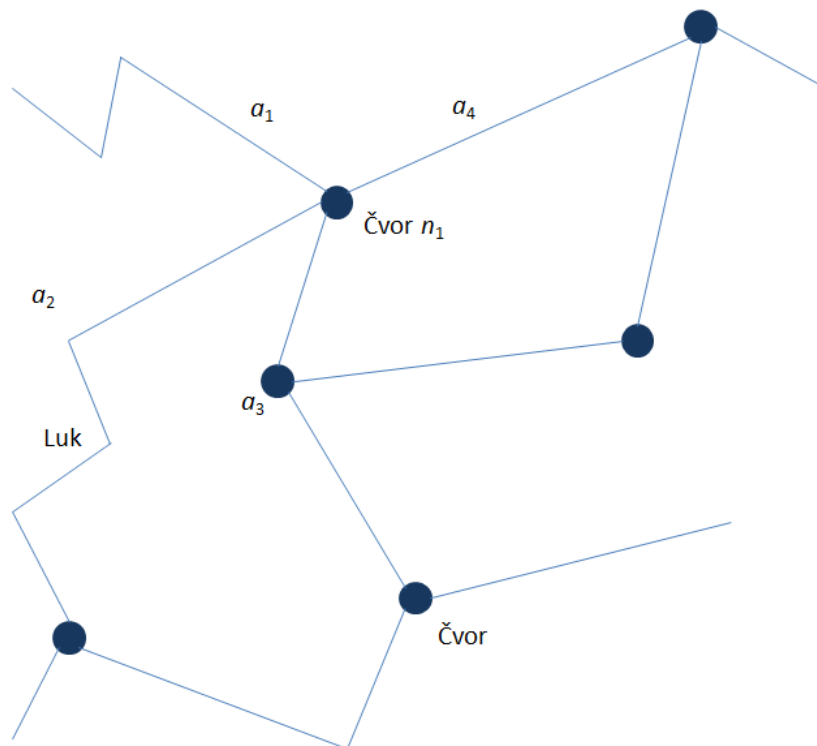


Fig. 7-9: Mreža

Mrežni model je od najveće koristi ukoliko su potrebne kalkulacije bazirane na problemima pronalaženja najbliže putanje.

U mrežnom modelu objekti od interesa mogu biti predstavljeni na sledeći način:

- tačka : [x: real, y: real]
- čvor : [tačka, <luk>]
- luk: [čvor-početak, čvor-kraj, <tačka>]
- poligon : <tačka>
- region : {poligon}

Prednost ovog pristupa leži u njegovom unutrašnjem opisu mrežne topologije i mogućnosti pronalaženja najbitnijih čvorova u svrhu izračunavanja i odabira optimalnih putanja.

7.3.3. Topološki model

Topološki model je dosta sličan mrežnom modelu. Kao i u mrežnom modelu, čvor je predstavljen tačkom i listom lukova.

Karakteristični objekti se mogu prikazati na sledeći način:

- tačka : [x: real, y: real]
- čvor : [tačka, <luk>]
- luk : [čvor-početak, čvor-kraj, levo-izlomljena, desno-izlomljena, <tačka>]
- poligon : <luk>
- region : {poligon}

Poligon je predstavljen listom lukova. Svaki luk je deljen (zajednički) sa susednim poligonom. Određena ponavljanja postoje iz razloga efikasnosti u pristupanju objektima. Sa druge strane, ponavljanje ne postoji kada je u pitanju geometrija koja se čuva, što znači da se svaka tačka, tj linija čuva samo jedanput.

Regioni su predstavljeni jednim ili više susednih poligona. Na slici Fig. 7-10 se može videti na koji način su predstavljeni poligoni u topološkom modelu iz koje proizilazi sledeći zapis:

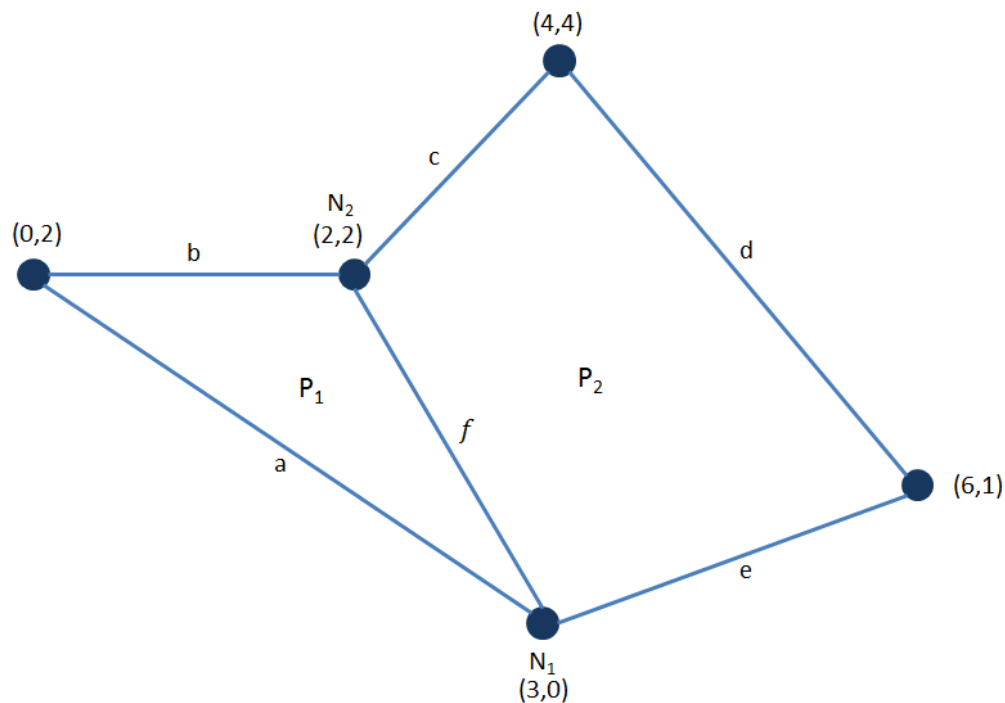


Fig. 7-10: Poligoni kod topološkog modela

$P_1 : < a, b, f >$
 $P_2 : < c, d, e, f >$
 $f : [N_1, N_2, P_1, P_2, < >]$
 $N_1 : [[3, 0], < a, f, e >]$

U ovom primeru ravan se sastoji iz dva poligona P_1 i P_2 . Oba poligona su predstavljena listom lukova pri čemu svaki zbog jednostavnosti ima po jednu ivicu. Predstavljen je prikaz jednog luka i jednog čvora; luk f se sastoji od dva čvora (po jedan za svaki kraj), zatim levo i desno orijentisani poligoni i lista koordinata tačaka. Čvor N_1 predstavljen je svojim koordinatama i lukovima a, f, e koji imaju čvor na svom kraju.

Prednost topološkog modela je u njegovoj efikasnosti kod proračunavanja topoloških upita. Sa druge strane, postoji nekoliko mana ovog modela. Pre svega, neki prostorni objekti u bazi podataka nemaju značenje u stvarnom svetu. Kompleksnost rezultujuće strukture može dosta usporiti neke operacije.

7.4. Formati prostornih podataka i standardi za razmenu

Razne organizacije prikupljaju geografske podatke (bazne mape, podatke o nadmorskoj visini i satelitske snimke) i georeferencirane socio-ekonomske podatke (demografski podaci i zdravstvena istraživanja) u konkretnoj oblasti primene. Zajedno sa internacionalnim odborima za standardizaciju, ove organizacije takođe pomažu u definisanju standarda vezanih za prostorne podatke čiji formati podataka imaju veoma stroga pravila o sadržaju (visina, političke granice,...) i karakteristikama (preciznost, projekcija,...) podataka koje sadrže.

Što se tiče vektorskog predstavljanja, moguće je razlikovati one koji su definisani, tj prihvaćeni od strane zvaničnih organizacija od onih koji su definisani od strane privatnih institucija.

Podaci su takođe dostupni u formatima karakterističnim za određene GIS ili CAD softverske pakete. Na primer, DXF format bi trebalo da bude korišćen kao format za prenošenje podataka između podataka CAD softvera, a postao je popularan GIS format podataka. Većina često korišćenih formata podataka definisanih za geografske ili CAD/CAM aplikacije omogućava predstavljanje kompleksnih topoloških veza između pripadajućih prostornih objekata [Rogerson, 2010.]. Samo njihov manji broj dopušta opisivanje osobina dodeljenih prostornim objektima i opisivanje veza između drugih, netopoloških objekata.

7.4.1. Pregled aktuelnih formata prostornih podataka

Podrazumevani standardi uključuju DXF, DIGEST, TIGER, NTF i SDT. DXF („Drawing Interchange Format“) je standard za CAD/CAM aplikacije na koji je najveći uticaj imao softver AutoCAD. DIGEST („Digital Geographic Information Exchange Standard“) je razvijen za vojne primene od strane DGIWG („Digital Geographic Information Working Group“) i korišćen je u vojnim aplikacijama unutar mnogih NATO zemalja, a definiše veliki broj raznovrsnih formata. SDTS („Spatial Data Transfer Standard“) je predstavljen od strane USGS („U.S. Geological Survey“) i korišćen je od strane mnogih SAD državnih agencija.

Slično DIGEST-u, SDTS omogućava opisivanje geografskih objekata u odvojenom katalogu i nudi kompleksan topološki model.

SDTS je dugo vremena bio zvaničan pokušaj da se razvije standardizovana lista uslova, kontrolisan od strane Američkog federalnog odbora za geografske podatke. Ovaj odbor je koordinirao razvojem američke nacionalne infrastrukture prostornih podataka koja obuhvata polise, standarde i procedure za organizacije kako bi uspešno stvarali i delili geografske podatke.

Mnogi geografski informacioni sistemi imaju svoje sopstvene formate. Šta više, mnoge države takođe imaju svoje sopstvene formate u zvaničnoj upotrebi od strane javnih institucija i nekih GIS softverskih kompanija. Neki od najpoznatijih standarda su EDIGeo – francuska civilna primena DIGEST formata, ATKIS - nemački format razvijen 1985. godine i baziran na objektno orijentisanim modelima podataka za opisivanje modelovanja predela, švajcarski INTERLIS i engleski NTF, kao i SAIF jedan od kanadskih standarda razvijen u novije vreme. Većina ovih standarda omogućava opisivanje i transfer rasterskih i vektorskih podataka sa osnovnim topološkim modelom.

Nekoliko standarda je definisano za prikazivanje isključivo rasterskih podataka kao što su GIF i JPEG. Samo mali broj njih je iskorišćen za prostorne podatke. Najčešće korišćen među njima je TIFF („Tagged Image File Format“). Još jedan učestali rasterski format je CGM („Computer Graphic Metafile“). Među standardima definisanim za prostorne aplikacije možemo navesti ASRP („Arc Standard Raster Product“).

7.4.2. TIGER tip podataka

TIGER je skraćenica za topološki integrisano geografsko kodiranje i referenciranje („Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing“). To je zajedničko ime za sistem i digitalnu bazu podataka razvijenu za američki biro za popis kako bi se podržala njihova potreba za mapiranjem decenijskih prikupljenih podataka, ali i drugih programa.

U odnosu na informacije sačuvane u TIGER bazi podataka, biro za popis je periodično puštao izvode baze podataka u javnost. Ovi izvodi su podržavali TIGER/ Line fajlove. Najsvežija verzija je TIGER/Line 1998. TIGER/Line fajlovi su baze podataka sa geografskim entitetima poput puteva, železnica, reka, jezera, političkih granica i popisnih statističkih podataka koji pokrivaju cele SAD. U TIGER- u ovi objekti predstavljeni su kao „odlike“. Baza podataka sadrži informacije o ovim odlikama kao što su njihova lokacija (izražena u longitudi i latitudi), naziv, tip odlike, opseg adresa većeg broja ulica, geografske veze ka drugim odlikama i druge informacije. TIGER-ov skup podataka pruža sledeće mogućnosti:

- kreiranje i održavanje geografskih baza podataka;
- kreiranje mapa iz TIGER baze podataka;
- povezivanje individualnih adresa sa geografskim entitetima i popisnim blokovima baziranim na poligonima.

Topološka struktura TIGER baze podataka definiše lokaciju i međusobne veze ulica, reka, železnice i drugih odlika, kao i veze ka brojnim drugim geografskim entitetima za koje biro za popis ima prikupljene podatke. [Rigaux, 2001] Dizajnirana je tako da onemoguću dupliranje ovih odlika.

Opis prostornih objekata je distribuiran preko grupe od sedamnaest fajlova, gde svaki fajl čuva specifični tip podatka. Sam proces izvođenja podataka je dosta kompleksan, što znači da bi se rekonstruisao prostorni objekat neophodno je povući set zapisa iz nekoliko fajlova, pre nego što se ovi zapisi povežu preko zajedničkih identifikatora. Po TIGER terminologiji, tipovi prostornih objekata su:

- čvor: multidimenzioni objekat koji je topološki čvor dve ili više veze ili lanca ili krajnja tačka veze ili lanca;
- entitetska tačka: tačka koja se koristi za identifikovanje lokacije odlike (tj, prostorne odlike svedene na tačku), kao što su kuće, zgrade i mesta;
- lanac: jednostavna izlomljena linija opisana početnim i krajnjim čvorom i listom tačaka koje se nalaze između (tačke oblika). Lanci se međusobno presecaju isključivo u čvorovima. Moguće je razlikovati dva tipa lanca - kompletan lanac (nazvan tako jer formira okvir poligona) i mrežni lanac;
- geometrijsko- topološki poligon: površina opisana listom kompletnih lanaca koji formiraju njene granice. Ovi poligoni su međusobno isključivi i njihova unija formira deo prostora.

Svi prostorni objekti su pomešani u jednom sloju koji uključuje puteve, hidrografiju, železnice, granične linije i ostale razne oblike. Svi ovi objekti su topološki povezani. Ovo određuje veoma detaljnu dekompoziciju prostora i uvodi mnoge prostorne objekte koji ne odgovaraju geografskim objektima. Na primer, čvor će označiti presek puta i reke. Odlike poput tunela (odlike ispod površine) ili mostova (odlike iznad površine) će takođe kreirati čvorove kada se preklope sa površinskim odlikama iako u realnom svetu ne postoji stvarna povezanost.

Na slici Fig. 7-11 prikazan je primer TIGER objekta na kojem je prostor organizovan (dekomponovan) lancima.

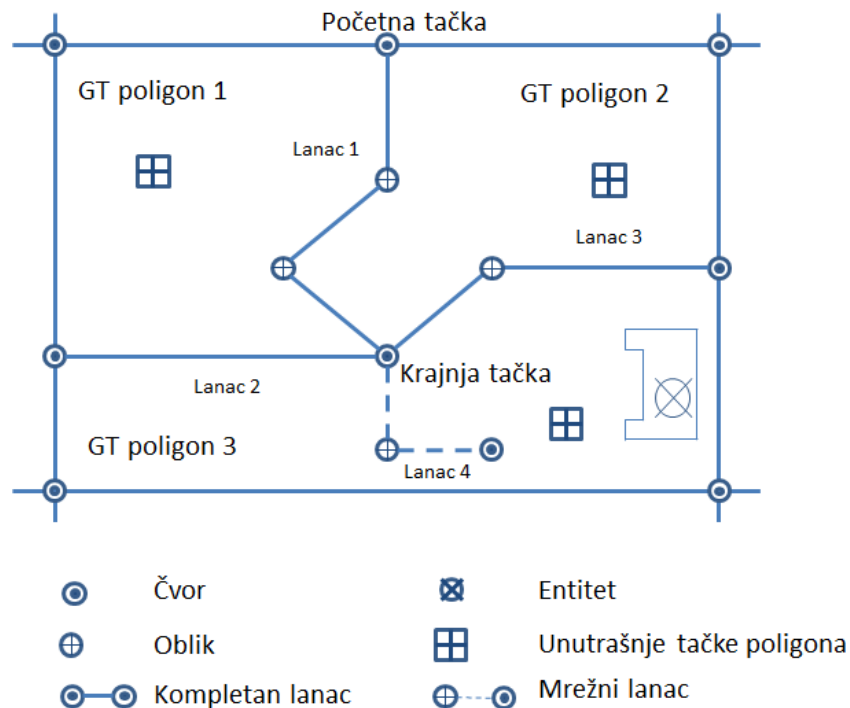


Fig. 7-11: TIGER objekti

Glavni tipovi odlika koji se mogu naći u TIGER-u su:

- linijske odlike (putevi, pruge, hidrografija, cevovodi, instalacije, granice)
- orijentirske odlike (orijentirske tačke- škole, crkve..., orijentirske površine- parkovi, kancelarije, fabrike...)
- poligonske odlike (statističke površine, školski okruzi, glasački okruzi, administrativne podele- na države, opštine, mesne zajednice- i blokovi).

TIGER fajlovi čine praktičan primer topološkog modela podataka. Predstavljanje podataka ide ka tome da bude ispravno i konzistentno.

7.4.3. Standardne savremene inicijative

Kako bi se poboljšala veza između geografskih informacionih sistema, mnoge institucije su godinama unazad radile na standardizaciji formata za razmenu podataka kao i prostornih modela podataka.

Konzorcijum „OpenGIS“ (OpenGIS Consortium - OGC) je nastao 1994. godine kako bi održavao komunikaciju među geografskim informacionim sistemima i kako bi osigurao međusobne veze. Ideja koja stoji iza otvorenog GIS-a jeste da se napravi skok od GIS-a kao jednoobraznog sistema ka modularnom sistemu koji bi obuhvatao različite softvere. OGC je asocijacija koja predstavlja presek organizacija iz javnog i privatnog sektora posvećenih kreiranju i upravljanju široko rasprostranjenom industrijskom arhitekturom koja je namenjena geoprocesiranju. Tehnički ciljevi OGC-a su:

- Univerzalni prostorno-vremenski podaci i procesni modeli koji pokrivaju sve postojeće i potencijalne prostorno-vremenske aplikacije (OGC model podataka);
- Specifikacija za svaki od važnijih jezika baza podataka za implementaciju OGC modela podataka;
- Specifikacija za svaki od najvažnijih računarskih okruženja za implementaciju OGC procesnih modela.

Tehnike aktivnosti OGC-a se mogu svrstati u tri glavne kategorije:

- Razvoj apstraktne specifikacije;
- Razvoj implementacione specifikacije;
- Specifikacija revizije procesa.

Uloga apstraktne specifikacije je da kreira i dokumentuje konceptualni model dovoljan za kreiranje implementacione specifikacije. Ona se sastoji iz dva modela: esencijalni i apstraktni model. Esencijalni model uspostavlja konceptualnu povezanost softvera sa stvarnim svetom, a apstraktni model definiše eventualne softverske sisteme u prirodno-implementacionom smislu. Ovo omogućava serverima sa podacima i klijentima obrađivačima podataka da komuniciraju u različitim okruženjima kao što su internet, lokalne mreže, pa čak i na istim mašinama.

Za dokumentovanje svih modela u OGC apstraktnoj i implementacionoj specifikaciji koristi se UML („Unified Modeling Language“).

ISO Tehnički odbor („The ISO Technical Committee 211- ISO TC/211“) se nalazi u prvom planu sa pitanjima globalne standardizacije vezane za GIS. TC/211 trenutno radi na

pripremanju grupe geografskih informacionih standarda u saradnji sa ISO tehničkim odborima koji rade na srodnim IT standardima. Standardi na kojima se trenutno radi definišu metode i alate za geografske informacije i servise za upravljanje podacima i razmenu istih između različitih korisnika, sistema i lokacija.

Dugo godina, OGC i ISO su radili nezavisno kako bi dolazili do istih ciljeva. Od 1997. godine, oba tela rade na pronalaženju najboljih rešenja zajedničkih problema.

Odbor TC/211 je podeljen na nekoliko radnih grupa zaduženih za sledeće oblasti:

- Radna grupa 1: Frejmvrk („Framework“) i referentni modeli;
- Radna grupa 2: Geoprostorni modeli podataka i operatori
- Radna grupa 3: Administracija geoprostornih podataka
- Radna grupa 4: Geoprostorni servisi
- Radna grupa 5: Profili i funkcionalni standardi

Prva radna grupa je za okvir i referentni model i određuje smernice i povezuje rad ostalih radnih grupa. Budući da većina nesporazuma potiče od korišćenja istih termina sa različitim značenjem, ova grupa bi trebalo da reši i nedoumice te vrste. Druga radna grupa se odnosi na geoprostorne modele i operatore. Ona proučava načine modelovanja geoprostornih objekata (tačke, linije, površi i tela) i njihovu međusobnu vezu (topologiju), kao i održavanje geoprostornih informacija. Treća radna grupa je zadužena za administraciju geoprostornih podataka, a u njoj nadležnosti su podaci o prostoru u koje spadaju opis kvaliteta i vrednovanja, kako bi se ocenilo da li su pojedini skupovi podataka pogodni za predviđenu upotrebu ili nisu, opisi samih podataka, metapodaci i geoprostorne reference objekata u prostoru. Četvrta radna grupa je za geoprostorne servise i razrađuje metode kodiranja podataka u formatima za prenos i metodologiju predstavljanja geoprostornih podataka. Peta radna grupa je za profile i funkcionalne standarde i razmatra grupisanje delova veće grupe standarda da bi se zadovoljila posebna područja primene. Ovo je značajno zbog brže primene i ulaska u okruženja korisnika.

„The Open Geospatial Datastore Interface“ – OGD I (otvoreni geoprostorni interfejs za podatke) je kreiran sa željom da ponudi rešenje koje bi ubrzalo i napore za standardizaciju podiglo na jedan viši nivo. OGD I predstavlja API („Application programming interface“) koji je pozicioniran između aplikacije i raznih proizvoda geografskih podataka sa ciljem da omogući standardizovan metod pristupa geoprostornim podacima. Za realizaciju i isporuku prostornih podataka preko interneta koristi se klijent/server arhitektura. OGD I je u mogućnosti da upravlja sledećim potrebama za integraciju važnih geografskih podataka:

- Distribucija proizvoda nastalih od geografskih podataka preko interneta. Ovo smanjuje potrebu za skladišnim prostorom za geografske podatke i osigurava da svi korisnici imaju pristup istim, ažuriranim podacima.
- Pristup podacima u izvornom formatu. Nema potrebe za čuvanjem više verzija geografskih podataka kako bi se zadovoljile potrebe različitih verzija GIS softverskih paketa.
- Prilagođavanje koordinatnih sistema i kartografskih projekcija se radi u hodu pri čemu se izvorni podaci ne menjaju.
- Pronalaženje i povlačenje geometrijskih i alfanumeričkih podataka.

Sadašnji kartografski serveri uglavnom prenose GIF, JPEG i statičke slike geoprostornih informacij koristeći HTTP („Hyper Text Transfer Protocol“), koji je baziran na privremenoj konekciji. Postoji i novi internet protokol za prenos geografskih biblioteka i geoprostornih podataka GLTP (The Geographic Librarz Transfer Protocol). On na neki način predstavlja

zamenu za postojeći HTTP protokol i omogućava jednostavnu razmenu geoprostornih podataka preko interneta. OGD serveri koriste GLTP kako bi se održala stalna konekcija između servera i aplikacije što dalje omogućava da se izvorni podaci koriste za analize u zahtevanoj rezoluciji i da se štampaju mape u različitim razmerama.

8. LOGIČKI MODELI I UPITNI JEZICI

Ovo poglavlje posvećeno je logičkim modelima i upitnim jezicima za sisteme prostornih baza podataka. Biće detaljno prikazan odnos glavnih kategorija sistema za upravljanje bazama podataka i samih geografskih objekata i upita izvršenih nad njima u relacionim i objektno orijentisanim sistemima.

8.1. Referentne šeme

Konceptualna šema opisuje, na apstraktnom nivou, jednu ili više tema neophodnih za predstavljanje grupe geografskih objekata koji postoje u geografskoj aplikaciji kao i predstavljanje njihovih međusobnih odnosa (relacija). Kao primer konceptualnih šema uzimamo tri šeme i to:

- šema 1: administrativne jedinice,
- šema 2: autoputska mreža i
- šema 3: zemljište.

8.1.1. Administrativne jedinice (šema 1)

Uzimajući u obzir hijerarhiju delova u dvodimenzionalnom prostoru, zemlja se sastoji od jedne ili više država, država se sastoji od okruga. Ako ovo pojednostavimo i zemlji i državi dodelimo attribute naziv i geometrija, a okrugu dodelimo attribute naziv, populacija i geometrija dobićemo šematski prikaz kao na slici Fig. 8.11.

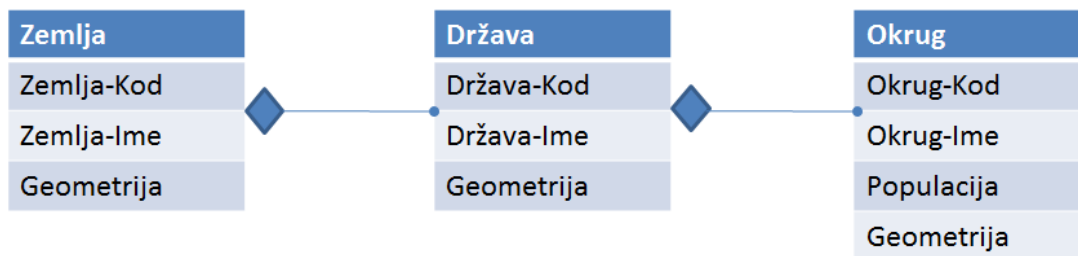


Fig. 8-1: Primer administrativnih jedinica

Sva tri teme su jednoznačno identifikovane svojom administrativnom šifrom. Romboidni simbol između dva tipa entiteta označava agregacionu vezu, a tačka se koristi za definisanje veze jedan prema više.

8.1.2. Mreža autoputeva između gradova (šema 2)

I u ovoj šemi imamo definisane tri teme. Entitet autoput ima attribute naziv i tip i sastoji se od deonica, a svaka deonica ima naziv, određen broj traka i geometrijski deo. Autoputevi i deonice su identifikovani šifrom. Deonica može biti zajednička za nekoliko autoputeva i samim tim predstavlja vezu prema više. One povezuju gradove jedne sa drugima.

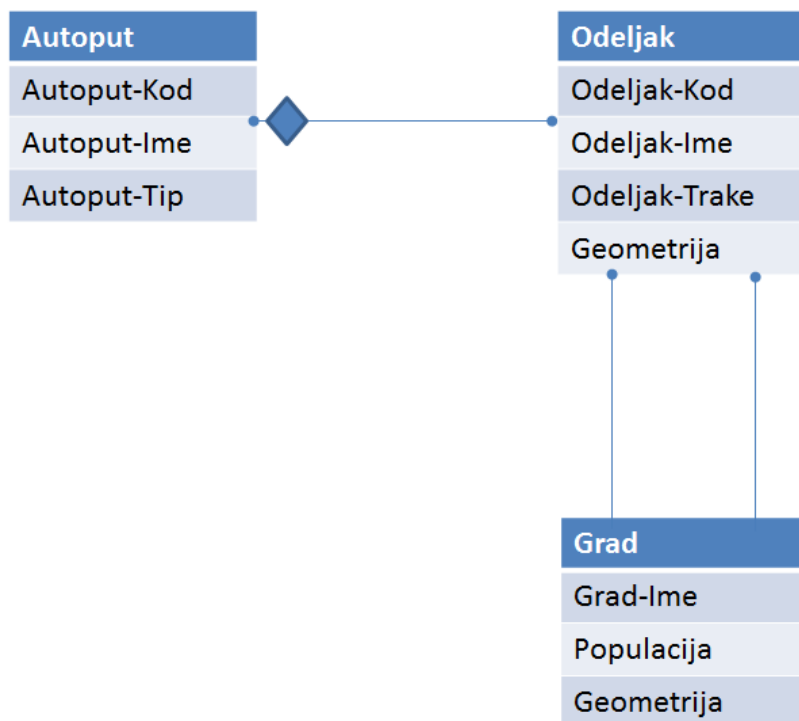


Fig. 8-2: Mreža autoputeva u odnosu na gradove

Pored prethodno opisanog na slici Fig. 8-2 mogu se primetiti imenovane veze počinje- u i završava- u između entiteta deonica i grad. Deonica počinje u određenom gradu i završava u drugom. Preko ova dva tipa veza autoput međusobno povezuje mnoge gradove i gradovi su povezani mnogim autoputevima (više prema više).

8.1.3. Korišćenje zemljišta

Poslednja ovde predstavljena šema ima samo jednu temu, zemljište. Unutar ove teme, određena površina u ravni je povezana sa tipom korišćenja (obrađivo zemljište, šume, stambena površina). Takva površina je predstavljena dvodimenzionalnim geometrijskim objektom (regionom).

8.1.4. Referentni upiti

U ovom poglavlju biće prikazane grupe reprezentativnih upita izvršenih nad prostornim bazama podataka, a bazirani su na prethodno predstavljenim šemama. Neki upiti su jednostavni i odnose se samo na opis geografskih objekata. Drugi upiti su kompleksniji i teži za rukovanje unutar sistema za upravljanje bazama podataka, jer zahtevaju postojanje prostornih operacija. Korišćena je sledeća klasifikacija referentnih upita:

1. upiti sa alfa numeričkim kriterijumima
2. upiti sa prostornim kriterijumima (operacije koje se odnose na prostorni deo jednog ili više prostornih objekata)

3. interaktivni upiti (upiti koji zahtevaju interakciju sa krajnjim korisnikom).

Upiti sa alfa numeričkim kriterijumima imaju prefiks ALPHA, upiti sa prostornim kriterijumima prefiks SPAT, a interaktivni upiti prefiks INTER. Zbog lakšeg uspostavljanja veza sa prethodno definisanim šemama i one imaju svoje definisane prefikse. Tako prva šema, administrativne jedinice, ima prefiks ADM, druga šema, autoputevi HW i treća šema za zemljište L.

Upiti sa alfa numeričkim kriterijumima:

- **ALPHA - ADM1** Broj stanovnika u Valjevskom okrugu
- **ALPHA - ADM2** Lista okruga u Srbiji
- **ALPHA - ADM3** Broj stanovnika u Srbiji
- **ALPHA - HW1** Broja saobraćajnih traka prvog odeljka autoputa E-75
- **ALPHA - HW2** Lista svih odeljaka autoputa E-75

Upiti sa prostornim kriterijumima:

- **SPAT - ADM4** Okruzi u okolini Valjevskog okruga
- **SPAT - ADM5** Prikaz države Srbije
- **SPAT - ADM6** Okruzi veći od Valjevskog okruga
- **SPAT - HW3** Dužina autoputa E-75
- **SPAT - ADMR1** Svi autoputevi koji prolaze kroz državu Srbiju
- **SPAT - ADM - L1** Prikaz svih naseljenih mesta u Valjevskom okrugu
- **SPAT - ADM - L2** Preklapanja administrativnih jedinica u Valjevskom okrugu

Interaktivni upiti:

- **INTER - ADM7** Opis okruga fokusiranog na ekranu
- **INTER - ADM8** Okruzi koje preseca zadati pravougaonik na ekranu
- **INTER - ADM9** Delovi okruga unutar zadatog pravougaonika na ekranu
- **INTER - HW5** Opis odeljka autoputa fokusiranog na ekranu
- **INTER - HW6** Opis autoputa čiji je odeljak fokusiran na ekranu

8.2. Apstraktni prostorni tipovi podataka

Apstraktni tipovi podataka („Abstract Data Types – ADT“) su uvedeni kako bi se zaobišao manjak mogućnosti za modelovanje. ADT predstavlja apstraktni funkcionalni prikaz objekata, gde je set operacija definisan nad objektima određenog tipa. Ideja iza ovog koncepta je da se sakrije struktura tipa podataka od korisnika (programera), koji im može pristupiti jedino kroz operacije definisane nad njima.

Ovakav način podele između upotrebe i implementacije, nazvan enkapsulacija, omogućava da se proširi upitni jezik sa geometrijskim funkcionalnostima nezavisno od specifičnog predstavljanja i implementacije. Tačnije, postaje moguće definisati listu prostornih tipova podataka koji omogućavaju komforan i jednostavan interfejs za korisnika.

9. OBJEKTNO ORJENTISANI MODELI

Objektno orjentisane baze podataka nastale su osamdesetih godina prošlog veka, kombinovanjem sistema baza podataka i objektno orijentisanih programskih jezika (u to vreme aktuelnih „Simula“ i „Smalltalk“). Ovo spajanje je bazama podataka donelo mnoge prednosti, kako u pogledu dizajna tako i u pogledu samog razvoja.

U objektno orjentisanom okruženju, prostorni i geografski objekti predstavljeni su kao objekti na homogen način. Svaki prostorni apstraktni tip podataka je materijalizovan preko klase.

9.1. Objektno orjentisani SUBP

Sistemi objektno orjentisanih baza podataka se ne oslanjaju uvek na jedinstvene modele već uglavnom prate standarde predložene od strane „Object database Management Group - ODMG“ iz 1993. godine. Osnovne karakteristike ovih sistema jesu identitet objekta, tipovi, klase i metode, enkapsulacija i nasleđivanje.

9.1.1. *Identitet objekta*

Objekat je jedinstveno označen u sistemu baza podataka korišćenjem identifikatora tj. objektnog identifikatora koji objekat zadržava u toku svog celokupnog životnog ciklusa, a nezavisno do vrednosti svojih atributa.

9.1.2. *Tipovi, klase i metode*

Tip nekog objekta odgovara njegovoj strukturi i operacijama koje mogu biti izvedene nad njim. Za razliku od relacionih okruženja, atribut nekog objekta može imati kao osnovnu vrednosti niz, realan broj, ali i sam identifikator drugog objekta. Tako, objekti istog tipa predstavljaju grupu koja se naziva klasa. Klase obuhvataju objekte koji imaju istu strukturu i ponašanje, koje se izražava metodama tj. operacijama, a koje odgovaraju objektu koji ih ima.

9.1.3. *Enkapsulacija*

Enkapsulacija znači da ni struktura apstraktnog tipa podataka niti njena implementacija nije vidljiva od strane spoljnog sveta. Umesto toga, objektima se može pristupati samo putem metoda definisanih nad klasom kojoj pripadaju, bez saznanja o detaljima same implementacije.

Koncept enkapsulacije garantuje visok nivo modularnosti kao i potpuno odvojen razvoj koda.

9.1.4. *Nasleđivanje*

Postoji mogućnost da se definiše pod-klasa na osnovu nad-klase, jednostavnim prečišćavanjem njene strukture. Ako za primer uzmemo tip „Osoba“ sa atributima „ime“ i „adresa“, moguće je definisati novi tip osobe, na primer, „Student“, koji bi imao sve attribute koje ima i tip „Osoba“ i dodatne nove attribute kao što su „godina“, „smer“ i „odsek“. Kako je, posmatrano na ovaj način, student osoba, on nasleđuje sve attribute osobe i sve metode

definisane nad klasom „Osoba“. Takođe, postoji mogućnost nasleđivanje atributa i metoda od više nad-klasa. Ova mogućnost se naziva „višestruko nasleđivanje“.

9.2. Objektni referentni upiti

Većina objektno orjentisanih sistema pruža krajnjim korisnicima napredne upitne jezike OQL („object query language“) čija je sintaksa veoma slična standardnom SQL-u. Sam OQL je predložen od strane „Object Database Management Group“ i omogućava krajnjim korisnicima da pristupaju kompleksnim strukturama, pokreću metode i izvlače podatke struktuirane na mnogo kompleksnijim načinima.

Ključne razlike između OQL-a i SQL-a:

- OQL podržava objekte referencirane unutar tabela i objekti mogu biti ugnježdjeni unutar drugih objekata.
- OQL ne prepoznaje sve SQL ključne reči, sva neupotrebljiva sintaksa je uklonjena iz OQL-a.
- OQL može izvršavati matematička izračunavanja unutar samih OQL iskaza.

10. KOMERCIJALNI SISTEMI I PROSTORNE BAZE PODATAKA

U ovom poglavlju biće predstavljeno nekoliko postojećih komercijalnih sistema čija je namena upravljanje geografskim informacijama i rad sa prostornim bazama podataka. Neki od ovih sistema, prikazani u narednim poglavljima su: ArcInfo, ArcView i PostgreSQL.

10.1. PostgreSQL

PostgreSQL sistem (prvobitnog naziva Postgres) je sasvim moguće jedan od pionirskih i najznačajnijih sistema koji je proširio mogućnosti standardnih SUBP-a. Sve češće se u literaturi može pronaći i izraz objektno-relacioni SUBP kojim se opisuje ovaj sistem koji između ostalog omogućava prostorno proširenje SQL-a. U 1996. godini, ovaj sistem postaje „open source“ projekat (projekat otvorenog koda) i obogaćuje se novim dodatnim geometrijskim funkcionalnostima. Ovaj sistem je trenutno u širokoj primeni kako u zajednici otvorenog softvera, tako i u profesionalnim okruženjima. Kao takav, stekao je epitet najkompletnijeg, besplatnog SUBP-a.

PostgreSQL sistem je bio prvi sistem baza podataka koji je imao integrisane geometrijske tipove i operacije kao i prostorno indeksiranje. Na slici Fig. 10-1 se vidi tabelarni prikaz geometrijskih tipova u PostgreSQL-u.

Geometrijski tip	Predstavljanje	Opis
point	(x,y)	Tačka u prostoru
line	$((x_1,y_1),(x_2,y_2))$	Beskonačna prava linija definisana sa dve tačke
lseg	$((x_1,y_1),(x_2,y_2))$	Deo linije definisan sa svoje dve krajnje tačke
box	$((x_1,y_1),(x_2,y_2))$	Pravougaonik
Path	$((x_1,y_1), \dots)$	Zatvorena putanja
Path	$[(x_1,y_1), \dots]$	Otvorena putanja
polygone	$((x_1,y_1), \dots)$	Poligon
circle	$\langle(x,y), r\rangle$	Krug definisan centrom i radijusom

Fig. 10-1: Geometrijski tipovi u PostgreSQL

Bitno je istaći da PostgreSQL razlikuje zatvorenu od otvorene izlomljene linije i naziva ih putanjama („Paths“). Sa druge strane, prostorni model PostgreSQL-a ne uključuje tip region („region“) tj. grupu poligona i samim tim ne pruža mogućnost izračunavanja preseka poligona. [Blasby, 2009.]

Na slici Fig. 10-2 tabelarno je prikazana lista prostornih operatora u okviru PostgreSQL-a.

Operator	Opis	Detalji
+	Translira pravougaonik	box x point -> box
*	Skalira pravougaonik	box x point -> box
#	Izračunava presek dva segmenta	lseg x lseg -> point
#	Broj tema u poligonu	polygon -> integer
&&	Preklapanje poligona	polygon x polygon -> bool
<<	Da li je levo?	geom << geom
>>	Da li je desno?	geom >> geom
<^	Da li je ispod?	geom <^ geom
>^	Da li je iznad?	geom >^ geom
?#	Provera preseka para izlomljenih linija ili izlomljene linije i poligona	Path x geom -> bool
?-	Provera da li dve tačke formiraju horizontalni segment	point x point -> bool
?_	Provera da li dve tačke formiraju vertikalni segment	point x point -> bool
?-	Provera da li su dva segmenta normalna	lseg x lseg -> bool
?	Provera da li su dva segmenta paralelna	lseg x lseg -> bool
@	Provera da li tačka pripada geometrijskom objektu	point x geom -> bool
~=	Provera jednakosti poligona	polygon x polzgon -> bool

Fig. 10-2: Prostorni operatori PostgreSQL-a

10.1.1. Kreiranje baze podataka i tabela

Koristeći pomenute tipove podataka i standardnu SQL sintaksu, može se kreirati tabela sa geometrijskim atributima.

U nastavku se nalazi primer kreiranja ovakve tabelle (primer kreirane tabelle je na engleskom jeziku zbog što pravilnijeg prikaza i razlikovanja segmenata SQL jezika):

```
CREATE TABLE LandUse (
    regionName varchar (15),
    landUseType varchar (10),
    geometrz polygon,
    PRIMARY KEY (regionName) );
```

```
CREATE TABLE Highway (
    highwayCode integer,
    highwayName char (4),
    highwayType char (2),
    PRIMARY KEY (highwayCode) );
```

```
CREATE TABLE Section (
    sectionCode integer,
    sectionName varchar (40),
    numberLanes integer,
    geometry path,
    PRIMARY KEY (sectionCode) );
```

```
CREATE TABLE HighwaySection (
    sectionCode integer,
    sectionNumber integer,
    highwayCode integer,
    PRIMARY KEY (sectionCode, highwayCode),
    FOREIGN KEY (sectionCode) REFERENCES Section,
    FOREIGN KEY (highwayCode) REFERENCES Highway );
```

```
CREATE Index RtrLandUse ON LandUse USING RTREE (geometry);
```

U poslednjoj liniji navedenog koda, može se primetiti sintaksa kojom se kreira R-drvo (R-tree) nad svakim prostornim atributom svake kreirane tabele. PostgreSQL će automatski održavati R-drvo u toku unošenja, ažuriranja i brisanja podataka. Optimizacija upita će, kada god je to moguće, razmotriti upotrebu R-tree indeksa.

10.1.2. Izražavanje upita

U ovom poglavlju zadržaćemo prethodno kreirane tabele i uz pomoć standardnih upita uneti željene podatke. Kao primer podataka koje treba uneti u kreiranu bazu podataka uzećemo primer sa slike Fig. 7.1.3. To je jednostavan set podataka koji se sastoji od tri jednostavne parcele (P1, P2 i P3), koje se u ovom slučaju preklapaju. Pored navedenih parcela, na grafikonu su prikazana i dva autoputa i pet pripadajućih odeljaka (S1, S2, S3, S4 i S4).

Komande koje će izvršiti upis dela podataka prikupljenih sa slike Fig. 10-3:

```
INSERT INTO LandUse (regionName, LandUseType, geometry)
VALUES ('P1', 'Wheat', '((1,1), (2,3), (5,2)))
```

```
INSERT INTO LandUse (regionName, LandUseType, geometry)
VALUES ('P2', 'Corn', '((2,2), (3,2), (5,3)))
```

```
INSERT INTO Section (sectionCode, sectionName, numberLanes, geometry)
VALUES (1, 'S1', 1, '((4,5), (5,4)))
```

```
INSERT INTO Section (sectionCode, sectionName, numberLanes, geometry)
VALUES (4, 'S4', 1, '((4,3), (6,2), (5,1)))
```

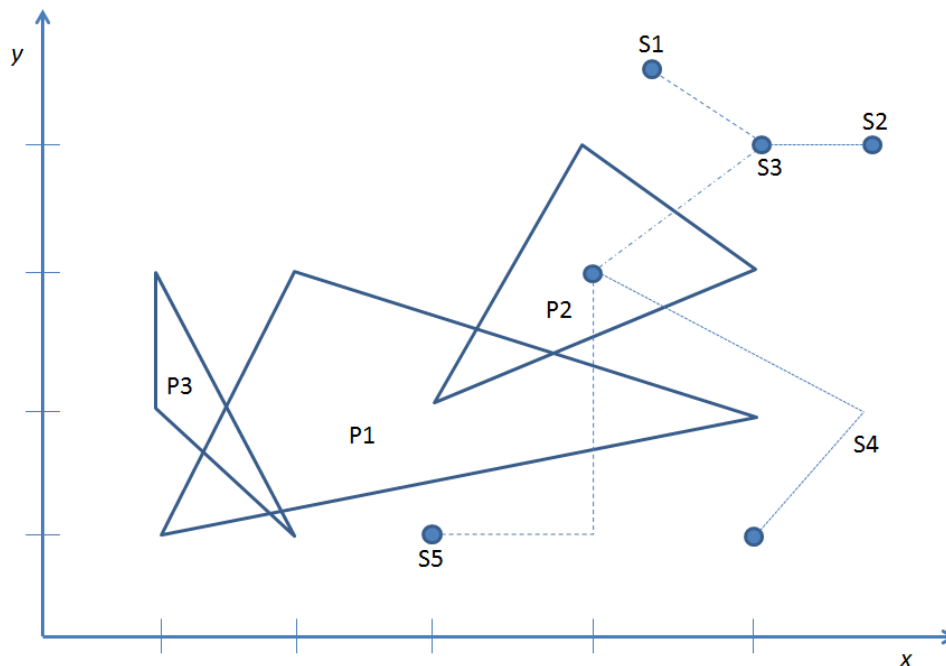


Fig. 10-3: Šema preklapanja parcela

Kako bi koristili unete podatke i izvlačili ih u što prilagođenijem obliku, navešćemo nekoliko primera različitih upita koji će imati alfanumeričke i prostorne kriterijume, kao i posebne interaktivne upite.

Upit sa alfanumeričkim kriterijumima (imena odeljaka i broj traka):

```

SELECT    sectionName, numberLanes
FROM      HighwaySection h1, Highway h2, Section s
WHERE     h2.highwayCode = h1.highwayCode
AND       H1.sectionCode = s.sectionCode
AND       highwayName = '199';

```

Rezultat ovakvog upita prikazan je na slici Fig. 10-4. Ovaj upit predstavlja standardan SQL upit i u ovom primeru PostgreSQL strogo prati SQL ANSI specifikaciju.

sectionName	numberLanes
S1	1
S3	2
S5	1

Fig. 10-4: Rezultat upita sa alfanumeričkim kriterijumom

Upit sa prostornim kriterijumom (dužina autoputa):

```
SELECT    SUM (length(geometry))
FROM      HighwaySection h1, Highway h2, Section s
WHERE      h2.highwayCode = h1.highwayCode
AND        h1.setionCode = s.sectionCode
AND        highwayName = '199';
```

Rezultat ovog upita je suma koja u ovom konkretnom slučaju predstavlja dužinu izabranog dela autoputa.

Upit sa prostornim kriterijumom (autoput koji prolazi kroz parcelu):

```
SELECT    highwayName
FROM      LandUse l, Highway h1, highway h2, Section s
WHERE      h2.highwayCode = h1.highwayCode
AND        h1.sectionCode = s.sectionCode
AND        l.regionName = 'P1'
AND        l.geometry ?# s.geometry;
```

Iskaz „?#“ proverava presecanje između poligona i izlomljene linije. Kao rezultat ovog upita dobija se naziv autoputa koji preseca parcelu P1.

Upit sa prostornim kriterijumom (preklapanje parcela):

```
SELECT    l1.regionName, l2.regionName
FROM      LandUse l1, LandUse l2
WHERE      l1.geometry && l2.geometry
AND        l1.regionName < l2.regionName
```

Iskaz „&&“ proverava preklapanje tj. presecanje dve parcele odnosno dva poligona. Kao rezultat se dobijaju nazivi parcela koje se preklapaju Fig.10-5.

regionName	regionName
P1	P2
P1	P3

Fig. 10-5: Rezultat upita sa prostornim kriterijumom

PostgreSQL nudi mnoge korisne prostorne iskaze. Na primer moguće je izabrati poligone koji se nalaze „levo od“ drugog poligona. Proverava se da li je krajnja desna tačka levog poligona sa leve strane krajnje leve tačke desnog poligona. [Galati, 2007.] U navedenom primeru to su parcele P3 i P2. Ovaj primer je prikazan kroz sledeći upit:

```
SELECT    l1.regionName, l2.regionName
FROM      LandUse l1, LandUse l2
WHERE      l1.geometry << l2.geometry;
```

Kao primer interaktivnih upita prikazaćemo dva upita koja se odnose na segmente od interesa fokusirane na ekranu korisnika. Prvi upit će vratiti opis parcele koja je fokusirana na ekranu:

```
SELECT    *
FROM      LandUse
WHERE      '(2,2)' :: point @ geometry;
```

Kao rezultat dobija se tabela prikazana na slici Fig. 10-6. Ovde je neophodno izvršiti eksplicitno kastovanje (pretvaranje tipa podataka) uz pomoć sintakse '::', gde se konvertuju koordinate (2,2) u konkretnu tačku. Koordinate (2,2) se mogu dobiti uz pomoć grafičkog interfejsa.

regionName	landUseType	geometry
P1	Wheat	((1,1),(2,3),(5,2))

Fig. 10-6: Rezultat interaktivnog upita

Najveća mana PostgreSQL-a svakako jeste nedostatak topoloških informacija u prostornom predstavljanju koje mogu znatno otežati implementaciju, dovesti do potencijalnih grešaka (uglavnom zbog geometrijske aproksimacije) i neefikasnosti. Drugi nedostatak ovog sistema jeste što nije moguće izraziti preklapanje mapa, a uzrok tome je što ne postoji način da se izračuna presek između dva poligona. [Galati, 2010.]

11. PRIMENJENI GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI

11.1. Opšte smernice

Gde? Ovo pitanje možemo smatrati fundamentalnim za savremeno društvo. Ovo pitanje je veoma važno postaviti u mnogim kontekstima. Na primer: Gde će se izgraditi novi autoput?, Gde bi trebalo da bude nova stanica za snabdevanje gorivom, nova prodavnica ili park? Stoga, nije iznenađujuće da ogroman procenat dostupnih informacija i podataka ima prostornu/geografsku komponentu.

Mape su pravi način da se ove informacije vide obzirom da su opšte prepoznatljive i prihvaćene. Možemo zaključiti i da je gotovo nemoguće da ljudi interpretiraju listu koordinata tako brzo i tako precizno kao što je to mapa. Ranije se u ovom kontekstu uglavnom mislilo na papirne karte, ali napredovanjem računara, njihovim smanjivanjem i ubrzavanjem ove karte su polako prelazile iz statičkih papirnih karata u visoko dinamičke, brze i prilagodljive digitalne karte locirane na računarima.

Danas se upotreba digitalnih geografskih informacija značajno širi i to zbog veoma široke upotrebe od strane ljudi koji imaju raznolike obrazovne i radne pozadine, ljudi koji su izvan geografije i informacionih tehnologija. Naravno, da bi ljudi koji nisu u potpunosti upoznati sa detaljima funkcionisanja ovakvih sistema, kreiranu su brojni informacioni sistemi koji im svakodnevni rad sa kartama i prostornim podacima čine lakšim i koji im omogućavaju da lakše donose zaključke, prilagođavaju različite modele prikaza i sami sakupljaju i čuvaju podatke od značaja. [Kumar, 2011.]

Kao adekvatan primer ovakvih primenjenih geografskih informacionih sistema predstaviću deo informacionog sistema osmišljenog i napravljenog za jednu internacionalnu naftnu kompaniju koja posluje u našoj zemlji a na čijem sam razvoju bio i lično angažovan.

Ovaj informacioni sistem, nazvan AMIS („Asset Management Information System“), namenjen je planiranju i praćenju realizacije investicionih projekata. Kako se radi o informacionom sistemu koji u sebi ima nekoliko segmenata zavisnih od tačnih geografskih lokacija, primena georeferenciranih podataka i modela je bila od velike važnosti prilikom razvoja ovog softvera. Kao glavni izvor prostornih podataka korišćeni su postojeći kompanijski zapisi, podaci prikupljeni na terenu, neiscrpane informacije sa interneta i kao podloga svega, mape i pristupni api-ji (API – Application Programming Interface) omogućeni od strane Google Maps-a.

Segmenti GIS-a unutar ovog informacionog sistema se mogu naći, kao što je ranije pomenuto, na nekoliko različitih mesta i to sa dosta širokom primenom. Najbitnije primene su detaljni prikazi podataka o konkretnim maloprodajnim objektima raspoređenim kako po našoj tako i po još 12 zemalja Evrope. U ovom smislu, moguće je napraviti selektivan prikaz objekata prikazanih na Google Mapama na osnovu veoma detaljnih filtera koje mogu da uključe informacije o godišnjim vrednostima prodaje, investicionim vrednostima pa i menadžmentom vremena. Takođe, poređenje sa konkurentnim objektima je veoma važna funkcionalnost, naročito prilikom planiranje nekih budućih projekata. Moguće je koristiti i funkcije pretrage na osnovu geografskih udaljenost kao i sve najzanimljivije opcije koje nam pružaju samostalno razvijani, ali i velik broj već pripremljenih Google api-ja namenjenih radu sa mapama. [Bogdanović, 2010.]

11.2. Primer upotrebe GIS-a

Kao polazni osnov, korišćeni su postojeći podaci prikupljeni sa terena i oni se uglavnom odnose na tačne geografske koordinate maloprodajnih objekata. Sa ovom osnovom lako se prešlo na dosta kompleksnije podatke i informacije od kojih se veliki deo njih dinamički generiše i zavisi od više činilaca. Tako se u postojeće tabele importuju opisi, funkcionalnosti, periodi izgradnje i slični podaci. Za svaki od ovih entiteta se mogu dobiti i pomenute kompleksnije kalkulacije koje se tiču praćenja vremena, utrošenog budžeta i dinamičkih podataka prikupljenih preko sekundarnih web servisa.

Ovakav način korišćenja modela geografskih informacionih sistema omogućava krajnjim korisnicima da planiraju i prate realizaciju svojih projekata, kako na nižem hierarhijskom nivou, tako i na nivou top menadžmenta, a sa uključenim informacijama od značaja za svaku grupu korisnika. Tako lokalni korisnici u svim zastupljenim zemljama mogu planirati svoje buduće projekte, mogu zahtevati njihovo elektronsko odobravanje i kasnije pratiti realizaciju samog projekata i njegov odnos sa konkurencijom. Sa druge strane internacionalni korisnici, uglavnom menadžment najvišeg nivoa, ima mogućnost pregleda projekata u smislu obuhvatanja prikaza kompletne mreže, kako pojedinačno tako i u paketu određenih zemalja, a što svakako može biti od velike pomoći u sagledavanju šire slike i krajnjem poređenju postavljenih ciljeva i ostvarenih rezultata, ali i veoma bitnom prostornom pozicioniranju na tržištu.

Bitno je istaći i glavne probleme sa kojima smo se susreli prilikom razvoja ove dodatne funkcionalnosti sistema.

Glavni izazov predstavljao je problem sa brzinom obrade i prikaza izlaznih podataka. Jedan od razloga pojavljivanja ovog problema bila je sama količina podataka koje sistem mora da obradi ali i činjenica da se sve razvijalo unutar već postojeće klijent-server desktop aplikaciji. Obrada ogromne količine podataka veoma često dovodila je do preopterećenja sistema pa čak i povremenog „pucanja“. Ovaj problem je na kraju sveden na minimum upotrebom naprednijih servisa za manipulaciju podacima kao i pravljenje privremenih tabela unutar postojeće baze podataka kako bi se prikaz zahtevanih informacija prikazivao u što kraćem vremenskim periodu.

Drugi veoma značajan problem prisutan u gotovo svim postojećim aplikacijama koji zavise od unosa podataka od strane čoveka, jeste problem pod nazivom „garbage in-garbage out“ tj. činjenice da se od loših ulaznih parametara uvek dobijaju isto toliko ili čak mnogo gori izlazni rezultati. Ovo naravno podrazumeva da korisnici koji unose podatke neophodne za funkcionisanje ovog modula jednostavno naprave grešku prilikom unosa, ne unesu sve neophodne podatke pa čak i zanemare potrebu za unosom ovih podataka, jasno je da ce rezultati pretraga i analiza biti pogrešni i samim tim gotovo beskorisni. Jedini način da se ovo izbegne ili svede na minimum jeste blagovremena i konstantna edukacija korisnika. Kada uvide da će i sami od pravilnog unosa informacija imati koristi i kasnije olakšan posao veoma je lako postići ovakav vid lične odgovornosti korisnika. Naravno veoma važnu polaznu osnovu za ovo predstavlja i značajno velika količina predefinisanih podataka koji predstavljaju jednu veoma vrednu bazu i osnovu za dalji rad.

Na sledećih nekoliko slika biće predstavljeni primeri upotrebe do sada pomenutog u realnom okruženju u sistemu „AMIS“.

Na slici Fig. 11-1 prikazana je upotreba funkcionalnosti pretrage entiteta od značaja na zadatom radijusu pretrage u odnosu na tačku od interesa. Kao rezultat ovakvog upita, dobija se prikaz tačnih lokacija stanica za snabdevanje gorivom na radijusu od 30 km u odnosu na izabranu početnu tačku na samoj karti u ovom konkretnom primeru. Sve je prikazano na Google mapama, pri čemu se podaci uzimaju iz tabela sa definisanim lokacijama objekata, njihovim nazivima i opisima.

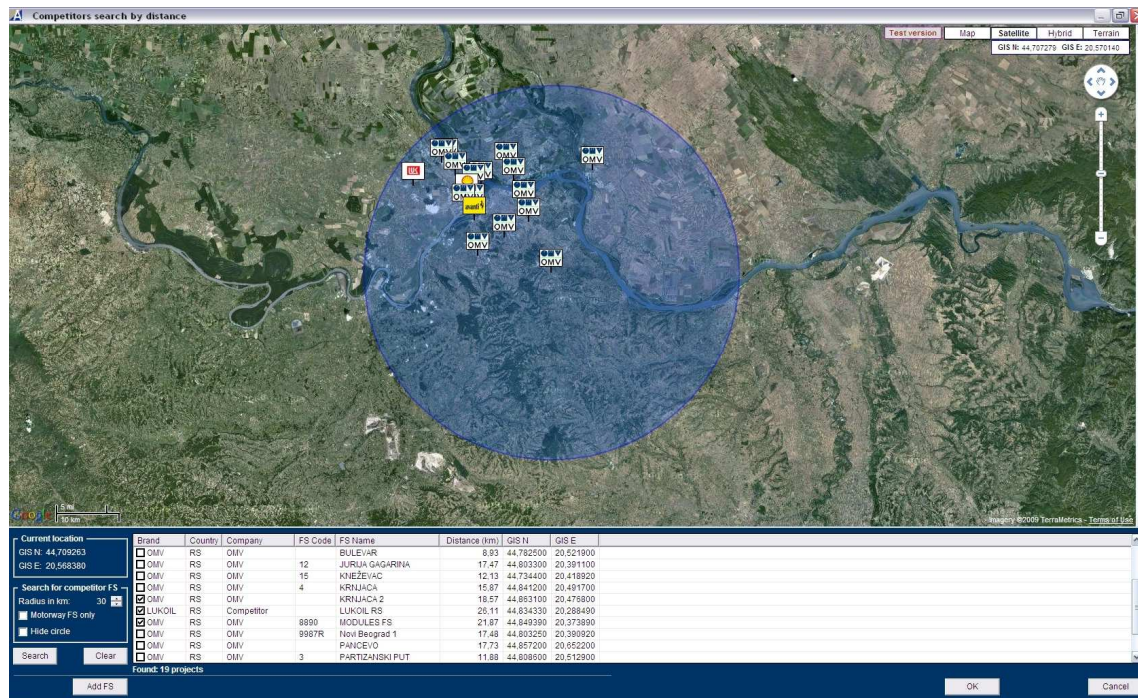


Fig. 11-1: Pretraga funkcionalnih entiteta

Još jedna od mogućnosti ovog sistema jeste globalna pretraga i paralelni prikaz entiteta i pripadajućih pod entiteta kao što je prikazano na slici Fig. 11-2. Ovo u konkretnom slučaju podrazumeva prikaz dve stanice za snabdevanje gorivom sa svojim pratećim realizovanim, ali i projektima koji su u toku. Pod pojmom realizovanog projekta pod jednom stanicom može se smatrati sama izgradnja kompleksa, a pod pojmom projekata koji su u toku možemo imati razne modifikacije i dogradnje (Bogdanović, 2010). Nakon korišćenja bogate palete filtera sa leve strane prozora, gde je moguće izabrati detalje lokacije (država i vrsta saobraćajnice na kojoj se entitet nalazi), tip projekata, rangiranje unutar mreže stanica za snabdevanje gorivom, etapa realizacije kao i finansijski i vremenski stepen realizacije, korisnik dobija jasan prikaz rezultata, kao i prateće podatke o rezultirajućim entitetima. Ovo između ostalog može iz odgovarajućih tabela baze podataka prikazati detaljne podatke o lokacijama, nazivima, istorijom radova i finansijskim tokovima.



Fig. 11-2: Globalna pretraga

Na primeru sa slike Fig. 11-3 može se videti i rezultat upotrebe filtera radijusa pretrage u kombinaciji sa prikazom na prethodnoj slici Fig. 11-2. Upotreba ove funkcionalnosti veoma brzo i precizno može kreirati prikaz od interesa koji pokazuje pozicioniranje matičnih, ali i konkurentnih stanica za snabdevanje gorivom (Bogdanović, 2010.).

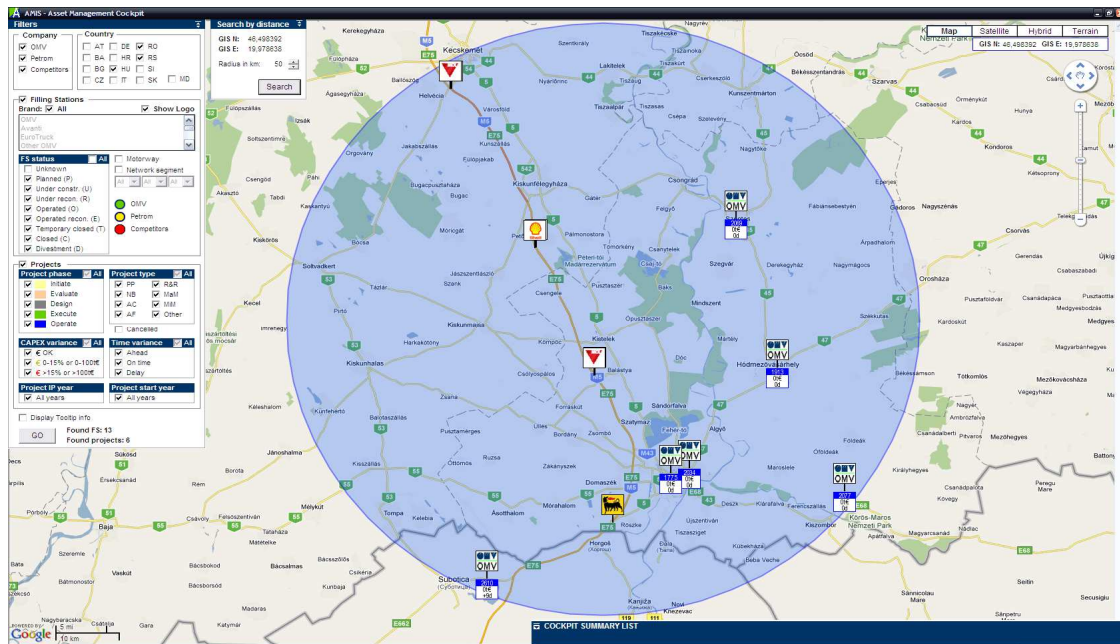


Fig. 11-3: Rezultati napredne pretrage

11.3. Opšti značaj upotrebe GIS-a u savremenom poslovanju

Od velikog značaja je istaći brojne prednosti ovakvog pristupa analizi tržišta i poslovanja kao i uporediti ga sa prethodno korišćenim metodama.

Sve češće se u savremenim kompanijama, koje svoje poslovanje shvataju veoma ozbiljno i u razvoj istog ulažu velike količine, kako novca tako i energije, može barem u jednom segmentu poslovanja pronaći veoma dobro primenjen neki od mnogih oblika geografskih informacionih sistema.

U navedenom primeru se jasno može videti kako se GIS može primeniti za planiranje i praćenje mreže stanica za snabdevanje gorivom, što svakako može biti primenjeno i na drugim oblicima istorodnog načina poslovanja.

Ovde je GIS korišćen kao integrisani modul unutar većeg i ranije razvijenog informacionog sistema i sada predstavlja njegovu centralnu tačku. Od njega se polazi kada se vrši analiza lokacija, kratkoročno i dugoročno planiranje razvoja mreže, ali i prilikom analize tržišta, evaluacije prodaje i učinka. [Dangermond, 2011.].

Pored ovoga, bitno je istaći i brzinu kojom se može doći do potrebnih podataka i analiza. Upotrebom GIS-a za dobijanje ovakvih podataka ne samo da je dobijeno dosta na uštedi vremena već i na samom angažovanju radne snage. Tako se nakon samo nekoliko minuta može kreirati detaljna analiza koja obuhvata i kombinuje prostorne podatke sa podacima vezanim za konkretno poslovanje i kao dodatni proizvod nudi i mogućnost kreiranja raznovrsnih izveštaja i tabela kao i veoma korisnih mapa, ne tako retko zahtevanih od strane višeg menadžmenta.

Sa druge strane, ručno kreiranje ovakvih analiza, izveštaja i mapa/prezentacija nekada može iziskivati i po nekoliko dana iscrpljujućeg rada i angažovanja više od jedne osobe, a da se pri tome kao rezultat dobiju relativno nepoverljivi podaci podložni ljudskoj grešci i mape i prikazi sa dosta lošijim kvalitetom i što je mnogo važnije manjom preciznošću.

12. AKTUELNA KRETANJA U GIS-U

Nekada skupa tehnologija, ograničena samo na naučne ustanove i vojne institute postala je pristupačna svima. GIS se uči u školama i na fakultetima. Mogu da ga koriste sve institucije i preduzeća koja se na bilo koji način bave prostorom, odnosno upravljanjem i eksploatacijom prostornih objekata - urbanizam, građevinarstvo, putna i železnička mreža, vodovod, kanalizacija, elektrodistribucija i distribucija gasa, toplovod, ekologija... Jedan od značajnijih koraka u ovom smeru svakako jeste želja da se u SAD-u GIS što više inkorporira unutar hitnih službi (vatrogasne, policijske i lekarske) sto bi nesumnjivo dovelo do brže reakcije pa samim tim i spasavanju života ali i kasnijem detaljnom izveštavanju i analiziranju. [Kumar, 2011.]. Tendencija jeste da se jednostavnim uspostavljanjem veze, službi koja prima zahtev automatski šalje podatak o tačnoj lokaciji osobe koja zove i tako eventualnu uslugu koja mora hitno da se sprovede podiže na značajno viši nivo.

Tehnologija geografskog informacionog sistema danas može da se koristi za naučna istraživanja, upravljanje resursima, imovinsko upravljanje, planiranje budućeg razvoja, prostorno planiranje, kartografiju i planiranje infrastrukture. Često se koristi i za istraživanja marketinga, u saobraćaju, ali i svim oblastima koje koriste podatke vezane za karte. Tako je u ovom kontekstu veoma značajno navesti kao primer budućeg razvoja GIS tehnologija i praćenje klimatskih promena. Značaj ovakvog pristupa ogledao bi se u mogućnosti sagledavanja globalnih ali i nacionalnih izazova i problema. Ovo bi omogućavalo da mnogo detaljnije sagledamo kako krupne tako i lokalizovane promene a što bi na kraju vodilo promptnom reagovanju u postavljanju kako kratkoročnih tako i dugoročnih planova i zadataka. Kako su klimatske promene na našoj planeti sve učestalije i kako za sobom povlače mnogo, uglavnom negativne, posledice, korišćenje GIS-a na ovom polju svakako bi bio od velikog značaja. [Dangermond, 2011.].

Povezivanjem globalnog sistema za pozicioniranje (GPS) i GIS tehnologije u jedinstven sistem obezbeđuje se praćenje mobilnih objekata u realnom vremenu i prikazivanje tačne pozicije objekta na odgovarajućoj geografskoj karti.

GIS tehnologija omogućava veliki napredak u svim oblastima i procesima upravljanja, praćenja, organizacije i odlučivanja u odnosu na konvencionalne metode rada. Zato se može očekivati da će se i u Republici Srbiji, posle trenutnog zastoja, ubrzati njegova implementacija i njegova primena. Kao veliki pomak u ovom smeru, svakako se može navesti i inicijativa da se sto veći broj lokalnih samouprava i opština modernizuje na ovaj način, uvođenjem GIS-a namenjenog vođenju evidencija i upravljanja katastrima. Veliki broj opština je nakon relativno kratkog perioda uvelo ovu mogućnost, koja premda dosta robusna i može se reći ne toliko stabilna platforma, svakako predstavlja značajan korak u razvoju GIS-a u našoj zemlji.

ZAKLJUČAK

U ovom radu bilo je reči o složenosti nastanka i funkcionisanja geografskih informacionih sistema i o brojnim faktorima koji su uticali na stvaranje osnove na kojoj su se razvili. Zbog značajnih posledica koje GIS ima na celokupan društveni i ekonomski razvoj, ovi sistemi se još uvek razvijaju, usložnjavaju i usavršavaju. Deo rada je posvećen relacionim i objektnim bazama podataka koje koriste geografski informacioni sistemi i koje omogućavaju kreiranje, strukturiranje i manipulaciju prostornim podacima. Kako se ovi sistemi i dalje razvijaju i sve više koriste, tako se baze podataka usložnjavaju i proširuju. Od ovih komponenata i njihovog razvoja zavisi praktična primena i upotreba geografskih informacionih sistema.

Zbog važnosti sadržaja i širine područja kojim se bavi ovaj istraživački rad postavljen je jedan dosta širok i uopšten cilj kojim smo se rukovodili tokom istraživanja. Kroz taj cilj smo pokušali utvrditi da li savremeni informacioni sistemi imaju praktičnu primenu i da li to olakšava rad i poslovanje pojedinaca i firmi koje se bave prostornim podacima i planiranjem. Zbog širine, ovi ciljevi su konkretizovani kroz sedam zadataka koji su međusobno povezani i zajedno doprinose istraživanju ciljeva i predmeta ovog rada. Da bi što potpunije i kompleksnije odgovorili na to pitanje, pokušali smo da utvrdimo na koji je način razvoj tehnološke infrastrukture uticao na razvoj geografskih informacionih sistema. Takođe deo rada je bio usmeren na to da se utvrdi na koji je način razvoj prostornih, georeferenciranih baza podataka uticao na razvoj geografskih informacionih sistema. Zbog svoje širine, postavljeni cilj je konkretizovan kroz nekoliko zadataka.

Prvi zadatak je bio ispitati kako je geografija uticala na razvoj geografskih informacionih sistema koji postoje danas. Proučavanjem literature i informacija do kojih je moguće doći na internetu, u radu je dat pregled oblasti ove nauke koje su bile od značaja za nastanak prvih geografskih informacionih sistema. Daljim usavršavanjem ovih sistema i sve obuhvatnijim korišćenjem geografskih podataka nastali su savremeni geografski informacioni sistemi koje koristimo. Zahvaljujući proučavanjima Zemljine površine, njenog oblika i dimenzija, geodezija je doprinela preciznijim i pouzdanijim merama na koje se geografski informacioni sistemi oslanjaju. Geografski podaci su polazna tačka svakog GIS-a i pružaju osnove neophodne za njegovo kreiranje. Oni se grupišu i tako pretvaraju u geografske informacije koje nude tačne podatke korisnicima i mogu olakšati analizu obrazaca u prirodi i ljudskom društvu i čak mogu dati odgovore na najteža pitanja. Kartografija, a posebno proučavanja razmere, omogućila su ovim sistemima da precizno funkcionišu, a predstavljanje kroz projekcije, koordinatne sisteme i modele, bolje razumevanje i snalaženje u prostoru i sistemima. To znači da su prva i druga radna hipoteza tačne i dokazane, odnosno da su geodezija i kartografija značajno uticale na razvoj GIS-a. Zaključci koji se iz ovih podataka mogu izvući govore u prilog tome da je ovaj zadatak istraživanja potvrđen, kao što smo i očekivali, odnosno geografija je nauka koja je imala presudan uticaj na razvoj ovih sistema i stvorila je osnove za njihov razvoj.

Drugi zadatak je bio da se ispita kako je razvoj informatike, u hardverskom i softverskom pogledu uticao na razvoj geografskih informacionih sistema. Prvi pokušaji vezuju se za karte na kojima su ucrtane tačke od značaja za problem koji se posmatra. Razvojem računara došlo je do stvaranja kompleksnijih GIS okruženja koja su se prvenstveno koristila u vojne, a zatim i katastarske svrhe. Od sedamdesetih godina prošlog veka, naglim razvojem u oblasti informatike i računara, geografski informacioni sistemi su postali dostupni i običnim korisnicima koji imaju kućne kompjutere i neophodne programe. Zahvaljujući boljim softverskim rešenjima i unapređenom hardveru podaci su centralizovani, štedi se vreme i automatizuju se radnje koje se često ponavljaju. Geografski informacioni sistemi koriste baze

podataka koje su osnova za upravljanje podacima i bez kojih ne bi mogli da funkcionišu. I ovaj zadatak je potvrđen prethodnim istraživanjem, a kao tačne su se pokazale i treća i četvrta postavljena hipoteza. To znači da su i razvijeniji hardver i softver pomogli razvoj GIS-a.

Treći zadatak u ovom radu je bio ispitati kakav je međusobni odnos između geografije i informatike kada su u pitanju savremeni geografski informacioni sistemi, odnosno kako su uticale na njihov razvoj. Kao što se iz celokupnog rada može zaključiti, polazne osnove za nastanak geografskih informacionih sistema pružila je geografija svojim istraživanjima, podacima i informacijama, a posebno pojedine grane ove nauke. Razvojem računara i njihovim korišćenjem za mapiranje pojedinih područja nastale su digitalne karte i baze podataka koje su omogućile da se ovi sistemi razvijaju u savremenom obliku kakav danas poznajemo. Na ovaj način informatika je obezbedila dodatni podsticaj za stvaranje okruženja koja su pozitivno uticala na kompleksnost i komercijalizaciju geografskih informacionih sistema. Dobijeni podaci govore o njihovom međuzavisnom odnosu u nastanku GIS-a, a peta hipoteza postavljena u ovom radu je dokazana kao tačna. Na ovaj način potvrđen je i treći zadatak.

Četvrti zadatak je bio ispitati kako su različiti načini kreiranja podataka uticali na razvoj georeferenciranih baza podataka, a time i na geografske informacione sisteme. U radu smo istraživali na koji način kvalitet i detalji podataka u georeferenciranim bazama podataka utiču na upotrebu geografskih informacionih sistema. Jedan deo rada posvećen je istorijskom razvoju baza podataka koje su koristili geografski informacioni sistemi ili ih još uvek koriste. Do ovih podataka došlo se proučavanjem dostupne literature koja se odnosi na ovaj problem i prikupljanjem podataka na stranicama interneta posvećenim ovim sadržajima. Obzirom da su geografski podaci osnova na kojoj nastaju geografski informacioni sistemi i na kojoj funkcionišu, bilo je sasvim logično očekivati da će se razvijati sistemi koji ih prikupljaju, čuvaju i obrađuju, a pri tome i omogućavaju lako i brzo korišćenje i kombinovanje ovih podataka. Prvi geografski informacioni sistemi su direktno koristili prikupljene podatke, ali se pokazalo da ovaj pristup ima više slabosti nego prednosti. Ipak, on se i danas ponegde koristi. Bolji rezultati su dobijeni kada su uvedeni sistemi koji upravljaju bazama podataka i prikupljene podatke koriste na mnogo ekonomičniji način. Ali i kod ovih sistema postoje određene mane. Zato se sve češće koristi pristup baziran na proširenom SUBP-u, a to znači da je moguće dodavanje novih tipova podataka i novih operacija relacionom sistemu. Na ovaj način se povećava količina podataka kojima se manipuliše, a istovremeno se smanjuje vreme koje je potrebno za njihovu obradu i manipulaciju. Pri tome su u upotrebi i relacije i objektna baza podataka. Ovo govori da je hipoteza tačna i dokazana, odnosno da se češće upotrebljavaju oni sistemi u kojima su podaci kvalitetniji i detaljnije opisani, iako u upotrebi ima i drugačijih rešenja. Zaključci koji se mogu izvući iz ovih podataka govore u prilog tome da je i ovaj zadatak potvrđen, odnosno potvrdili smo da je stvaranje baza podataka doprinelo razvoju geografskih informacionih sistema koji se danas koriste.

Peti zadatak je bio da se ispita kako pristupačnost i fleksibilnost podataka utiču na razvoj i širenje baza podataka koje koriste geografski informacioni sistemi. Radna hipoteza vezana za ovaj zadatak bila je da upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od načina na koji su modelovani i strukturirani podaci u bazama podataka. Istraživani su modeli u kojima se podaci definišu na različite načine (entitetski, prostorni i konceptualni) i predstavljeni su prednosti i nedostaci ovih modela. Kada je u pitanju strukturiranje ili predstavljanje, u radu su opisani režimi koji se najčešće koriste za prikaze podataka, kao i za prikaze grupe objekata. U radu je dat osvrt i na to kako su strukturirani podaci u objektnim bazama podataka. Neki su predstavljeni i kroz konkretne modele kako bi se stekla što bolja slika o njima. Zaključak je da se različiti načini modelovanja i strukturiranja podataka i grupe objekata efikasno koriste u različitim oblastima i imaju primenu u konkretnim uslovima. Hipoteza koja se odnosi na ovaj zadatak je delimično tačna jer se u različitim oblastima koriste različiti podaci i postoje

različite potrebe za pristupom informacijama, tako da su neki načini modelovanja i strukturiranja podataka efikasniji u nekim oblastima, dok u drugim nemaju jednaku efikasnost. Ovo govori da je peti zadatak potvrđen.

Šesti zadatak je bio ispitati kako je stvaranje prostornih baza podataka uticalo na razvoj geografskih informacionih sistema koji su i danas u upotrebi. U okviru ovog zadatka istraživano je kako upotreba geografskih informacionih sistema zavisi od brzine kojom je moguće manipulirati prostornim podacima, kao i od pristupačnosti podacima i mogućnosti njihovog lakog korišćenja. U radu je predstavljeno kako su se baze podataka stvarale i na koji način su ih koristili prvi geografski informacioni sistemi. Ovaj istorijski razvoj pokazuje da se stalno težilo pronalaženju onih rešenja koja su kvalitetnija, koja brže operišu podacima i gde je lakše pristupiti traženim podacima. Predstavljeno je kako funkcionišu različito orijentisane baze podataka i na koji način se u njima vrše upiti nad podacima. Konkretni primeri su ilustrovali naše izlaganje i doprineli boljem shvatanju odnosa između baza podataka i geografskih informacionih sistema. Potvrdili smo da je stvaranje baza podataka doprinelo razvoju geografskih informacionih sistema koji se danas koriste. Ovo govori da su i ove dve hipoteze tačne i dokazane, a to znači da brzina upravljanja podacima i pristupačnost podacima utiču na savremenu upotrebu geografskih informacionih sistema.

Sedmi zadatak u ovom istraživačkom radu je bio ispitati kako primena geografskih informacionih sistema utiče na razvoj poslovanja firmi koje ih koriste. On je razmatran kroz dve pretpostavke, od kojih je prva bila da razvijanje geografskih informacionih sistema za firme kojima su oni potrebni utiče na bolju organizaciju i raspodelu posla i radnih zadataka. U samom radu je predstavljen istorijski razvoj GIS-a sve do savremenih sistema koji su danas u upotrebi. Prikazano je i konkretno rešenje koje je u upotrebi od strane jedne vodeće naftne kompanije za čije potrebe je i razvijen. Zahvaljujući ovom sistemu, zaposleni su u mogućnosti da na brz način odluče o planiranju i praćenju realizacije investicionih projekata koje preduzimaju. Na mapama su detaljno prikazani postojeći maloprodajni objekti što obezbeđuje pretraživanje i selektovanje po nekoliko kriterijuma. Tako i veoma složeni i kompleksni zadaci mogu da se ostvare uz vremensku uštedu i kvalitetnije poslovanje. Svi izloženi podaci u radu govore da je i ova hipoteza potvrđena. Sledeća hipoteza je da praktična primena geografskih informacionih sistema pozitivno utiče na poslovanje firmi koje ih koriste u svom radu za prikupljanje podataka i obradu informacija. U radu je izloženo kako je moguće iz odgovarajućih tabela baze podataka prikazati detaljne podatke o lokacijama, nazivima, istorijom radova i finansijskim tokovima. Navedene su i brojne prednosti ovakvog pristupa analizi tržišta i poslovanja konkretne kompanije. Od geografskog informacionog sistema se, u ovom slučaju, polazi kada se vrši analiza lokacija, kratkoročno i dugoročno planiranje razvoja mreže, ali i prilikom analize tržišta, evaluacije prodaje i učinka kompanije. Prikazano je kako se za samo nekoliko minuta može kreirati detaljna analiza koja obuhvata i kombinuje prostorne podatke sa podacima vezanim za konkretno poslovanje i kao dodatni proizvod nudi i mogućnost kreiranja raznovrsnih izveštaja i tabela kao i veoma korisnih mapa, za koje bi bilo potrebno mnogo više vremena, energije i sredstava da se ostvaruje na neki drugi način. Analizom smo potvrdili da je i ova hipoteza dokazana. Zahvaljujući tome što su i deveta i deseta hipoteza tačne, možemo da zaključimo i da je sedmi postavljeni zadatak potvrđen i tačan.

Kao što je u zaključnim razmatranjima izneto, devet od deset hipoteza je dokazano, a samo jedna od postavljenih hipoteza je delimično potvrđena. I pored toga možemo konstatovati da su svi postavljeni zadaci u ovom radu tačni i potvrđeni. Na osnovu svih iznetih analiza i dokaza, potvrđenih i dokazanih hipoteza i tačnih zadataka istraživanja, možemo zaključiti i da su sva tri postavljena cilja ovog rada dokazana i tačna. Rad je pokazao da je infrastruktura koju su ponudile geografija i informatika uticala na stvaranje osnova novog okruženja koji se razvio u široko prihvaćene i kompleksne geografske informacione sisteme koji se i dalje

razvijaju i dobijaju sve veće mogućnosti primene. Dokazano je i da su georeferencirane baze podataka doprinele stvaranju geografskih informacionih sistema koji se danas koriste u različitim oblastima. Sve ovo je uticalo da se geografski informacioni sistemi uvrste u korisne i nezamenjive programe koje danas koriste kompanije i firme koje za cilj imaju da unaprede svoje poslovanje i ubrzaju procese na kojima se zasniva njihov rad i učinak. Istovremeno, ovi programi postaju sve brojniji i pronalaze primenu u različitim sferama života i rada ljudi.

LITERATURA

- [1] AMIS Handbook, Internal manual for end-users I, Stefan Bogdanović, 2010.
- [2] AMIS How to, Internal manual for end-users II, Stefan Bogdanović, 2010.
- [3] An introduction to Spatial Database Systems, Ralf Hartmut Gutting, 1994.
- [4] A new geospatial modality, Interview with Jack Dangermond (ESRI President), Geospatial World, 2011.
- [5] Building a Spatial Database in PostgreSQL, David Blasby, 2009.
- [6] Encyclopedia of GIS, Shashi Shekhar, Hui Xiong, Izdavačka kuća Editor Springer, 2007.
- [7] Geographical Information Systems and Science, Drugo izdanje, Paul A. Longlez, Micheal F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind, Izdavačka kuća John Wiley & Sons Ltd, 2011.
- [8] Geographic Information Systems Demystified, Stephen R. Galati, 2010.
- [9] Geographic Information Systems Demystified, Stephan R. Galati 2007.
- [10] Optimizing Spatial Databases, Anda Velicanu, Stefan Olaru, 2010.
- [11] Principi geografskih informacionih sistema, Peter Burrough i Rachael A. McDonnell, 2006.
- [12] Principi Geografskih Informacionih Sistema – Prostorni informacioni sistemi i Geostatistika, Peter A. Burrough & Rachael A. McDonnell, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2006.
- [13] Spatial Analysis and GIS, Stewart Fortheringham, Peter Rogerson, Izdavačka kuća Taylor & Francis, 2010.
- [14] Spatial Databases with Application to GIS, Philipe Rigaux, Michel Scholl, Agnes Voisard, 2001.
- [15] Here today, world tomorrow, Geospatial industry, Sanjay Kumar, 2011.
- [16] <http://gis.cancer.gov/nci/database.html>
- [17] http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datacon/datacon_f.html
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- [19] <http://data.geocomm.com/>
- [20] <http://postgis.refractory.net/documentation/>
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- [22] <http://www.esri.com/>
- [23] <http://www.gis.co.rs/>
- [24] <http://iugs.org/index.php?page=publications>
- [25] <http://www.geosociety.org/>

LISTA SLIKA

Fig. 2-1: Povezanost i tok od sirovih geografskih podataka do gotovih GIS proizvoda	11
Fig. 2-2: Prikaz geografskih karakterističnosti.....	13
Fig. 2-3: Rasterski podaci.....	14
Fig. 3-1: Mapa iz 1854. godine – „najraniji primer GIS-a“	17
Fig. 4-1: Funkcionalni delovi GIS-a	21
Fig. 4-2: Sistemi za upravljanje bazama podataka SUBP	22
Fig. 4-3: Višeslojni relacioni sistemi	23
Fig. 5-1: Tipovi prikaza razmere	25
Fig. 5-2: Definicija zemljinog elipsoida	27
Fig. 5-3: Kartografske projekcije.....	28
Fig. 5-4: Cilindrični projekcijski tip	28
Fig. 5-5: Konusni projekcijski tip	29
Fig. 5-6: Azimutni projekcijski tip	29
Fig. 5-7: Normalni vid projekcije	30
Fig. 5-8: Transverzalni vid projekcije.....	30
Fig. 5-9: Kosi vid projekcije.....	30
Fig. 5-10: Polarni vid projekcije.....	31
Fig. 5-11: Model zemlje sa definisanim koordinatnim sistemom	32
Fig. 5-12: Dvodimenzioni i trodimenzioni koordinatni sistemi	32
Fig. 5-13: Globalna kartografska projekcija (UTM)	33
Fig. 5-14: Prikaz Univerzal polar stereografik sistem (UPS).....	33
Fig. 5-15: Podela UPS sistema	34
Fig. 6-1: Relaciono predstavljanje država.....	36
Fig. 6-2: Arhitektura labave veze	37
Fig. 7-1: Primeri jednodimenzionih objekata.....	40
Fig. 7-2: Primeri 2D objekata	41
Fig. 7-3: Primeri pravilnih mozaika (mreža pravougaonika i heksagone ćelije)	42
Fig. 7-4: Primeri nepravilnih mozaika	42
Fig. 7-5: Diskretan prikaz poligona P	43
Fig. 7-6: Vektorski prikaz poligona.....	44
Fig. 7-7: Primeri izlomljenih linija	44
Fig. 7-8: Primer poligona	45
Fig. 7-9: Mreža	46
Fig. 7-10: Poligoni kod topološkog modela	47
Fig. 7-11: TIGER objekti	50
Fig. 8-1: Primer administrativnih jedinica	54
Fig. 8-2: Mreža autoputeva u odnosu na gradove	55
Fig. 10-1: Geometrijski tipovi u PostgreSQL	59
Fig. 10-2: Prostorni operatori PostgreSQL-a	60
Fig. 10-3: Šema preklapanja parcela.....	62
Fig. 10-4: Rezultat upita sa alfanumeričkim kriterijumom.....	62
Fig. 10-5: Rezultat upita sa prostornim kriterijumom	63
Fig. 10-6: Rezultat interaktivnog upita	64
Fig. 11-1: Pretraga funkcionalnih entiteta.....	67
Fig. 11-2: Globalna pretraga	68
Fig. 11-3: Rezultati napredne pretrage.....	68