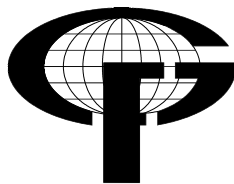


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET

Hrvoje Matijević, dipl. ing.

Modeliranje podataka katastra

Magistarski rad



Zagreb, 2004.



zahvala

Zahvaljujem svima koji su mi pomagali tijekom izrade ovog rada, a posebno mentoru prof. dr. sc. Miodragu Roiću.



S A D R Ž A J

1. UVOD	6
2. KATASTARSKI SUSTAVI	8
2.1. TEHNIČKE OSOBINE	9
2.2. PRAVNE OSOBINE	11
2.3. PREGLED SVJETSKIH SUSTAVA.....	12
2.3.1. <i>Germanska grupa – Austrija</i>	13
2.3.2. <i>Engleska grupa – Engleska</i>	16
2.3.3. <i>Torrensova grupa – Australija</i>	18
2.3.4. <i>Register of Deeds - SAD</i>	22
3. PROSTORNI PODACI	25
3.1. VRSTE PROSTORNIH PODATAKA	25
3.2. STRUKTURA VEKTORSKOG MODELA PODATAKA.....	27
3.2.1. <i>Prostorna sastavnica</i>	28
3.2.2. <i>Tematska sastavnica</i>	36
3.2.3. <i>Vremenska (temporalna) sastavnica</i>	39
4. MODELIRANJE PODATAKA	41
4.1. KONCEPCIJSKI MODELI	42
4.1.1. <i>Model entitet-veza (EV)</i>	42
4.1.2. <i>Objektni model</i>	45
4.2. LOGIČKI MODELI	52
4.2.1. <i>Relacijski</i>	52
4.2.2. <i>Objektno-relacijski i objektni</i>	54
5. MODELIRANJE PROSTORNIH PODATAKA	56
5.1. ANALOGNO	56
5.2. SLOJNI MODEL.....	57
5.3. RELACIJSKI MODEL	57
5.4. OBJEKTNI MODEL.....	59
5.5. NORME I STANDARDI	60
5.5.1. <i>Međunarodne organizacije za standardizaciju</i>	61
5.5.2. <i>Ostale važnije norme i standardi</i>	65
6. RAČUNALNE TEHNOLOGIJE	68
6.1. RAČUNALOM PODRŽANO CRTANJE.....	68
6.2. GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI	69
6.3. PROSTORNE BAZE PODATAKA	71
6.4. PRISTUP PODACIMA – INTERNET	72
6.4.1. <i>Mrežne programske arhitekture</i>	73
6.4.2. <i>Standardi i podaci</i>	77
7. MODEL I OSTVARENJE JEDNOG SUSTAVA	82
7.1. BAZA ZEMLJIŠNIH PODATAKA.....	82
7.1.1. <i>Katastar nekretnina</i>	82



7.1.2. <i>Zemljišna knjiga</i>	83
7.2. MODEL PODATAKA	85
7.2.1. <i>Koncepcijski</i>	85
7.2.2. <i>Tehnička izvedba</i>	86
7.3. WEB SUČELJE	89
8. ZAKLJUČAK	93
9. LITERATURA	94

POPIS TABLICA

POPIS SLIKA

PRILOZI

ŽIVOTOPIS

Sažetak

U ovom je radu dan pregled dva važna dijela svakog modernog katastarskog sustava, model podataka i tehničko tehnološka osnova.

Za dobro razumijevanje problema koji se pojavljuju prilikom modeliranja podataka katastra potrebno je poznavati njegove korijene odnosno uvjete pod kojima je nastao. U okviru rada je zato dan prikaz osnovnih vrsta katastarskih sustava u svijetu s posebnim osvrtom na njihove tehničke i pravne osobine.

Nadalje je dan pregled prostornih podataka s posebnim osvrtom na prostornu i opisnu sastavnicu te općenitih načina modeliranja podataka kako na koncepcijskoj tako i na logičkoj razini. Temeljeno na ovome, u nastavku su opisani načini modeliranja prostornih podataka uz osvrt na za to važne norme i standarde. Svi su moderni sustavi za upravljanje nekretninama danas temeljeni na računalnoj tehnologiji pa je i ona opisana u radu.

Konačno je, temeljem svega prethodnog, dan pregled u okviru ovog rada ostvarenog sustava BZP temeljnog na Oracle9i SDBMS. Posebno je ovdje opisana i hrvatska zakonska osnova kao jedan od temelja korištenog modela podataka.

Abstract

This master's thesis gives an overview of two important parts of each modern cadastral system, data model and technical and technological basis.

In order to fully understand problems met during the process of cadastral data modeling, one should understand its roots and the conditions that influenced it's forming process. Therefore this thesis gives an overview of world's different cadastral systems.

Following that an analysis of spatial data structure especially its spatial and attribute components, and basic data modeling techniques on conceptual and logical level. Furthermore, spatial data modeling techniques with a short overview of important national and international standards are described. All modern cadastral systems are based on computer technology so it is also described.

Finally a description of a cadastral system developed as a part of this thesis using Oracle9i SDBMS is given. Also a short overview of Croatian legislative basis concerning real estate management is given here.

1. Uvod

Odnos ljudi prema njihovom životnom okruženju, odnosno zemljištu, star je koliko i čovječanstvo, a s pojavom prvog društvenog sustava temeljenog na pravnim odnosima i on se značajno razvija. Potreba za evidencijom raznovrsnih pravnih odnosa na zemljištu uzrokuje već u feudalnom društvenom uređenju pojavu prvih katastarskih sustava (Ting i Williamson 1999, Roić i dr. 1999). Prateći trendove prvih društvu važnih podataka o odnosu ljudi prema zemljištu nastali su najprije porezni, a kasnije samostalno ili iz njih i pravni katastarski sustavi. Glavni činilac procesa njihova oblikovanja, a time i modela podataka kojima su oni upravljali, oduvijek je bio kombinacija socijalnih odnosa i gospodarske moći regije ili države (FIG 1995). Socijalni odnosi određivali bi pri tom model podataka dok se ovisno o ekonomskoj moći mijenja učinkovitost i ažurnost sustava. Važan činilac oblikovanja modela katastarskog sustava je dakako i povijesno razdoblje njegova nastanka i to ne samo gledano sa stajališta raspoloživih tehnologija, već posebno glede trenutnog stupnja razvoja društvenih odnosa.

Tako su prvi katastarski sustavi «starog svijeta» nastali u vrijeme feudalizma s prvenstvenom svrhom oporezivanja korisnika zemljišta koja je prije bila u vlasništvu plemstva. Kako bi to bilo moguće bila je potrebna potpuna evidencija o svim dijelovima zemljišta. To je rezultiralo nastankom katastarskih planova kao prikaza odnosa na zemljištu s naglaskom na potpunosti podataka ali umanjene geometrijske točnosti. S druge strane su katastarski sustavi «novog svijeta» nastali sa zadaćom evidentiranja pravnih odnosa na zemljištu (Williamson i Enemark 1996). Konceptijska razlika ovih u odnosu na one prve ogleda se u nepostojanju potpune evidencije o cijelom području za koje se osnivaju ali povećane metričke točnosti onog dijela za koji podaci postoje.

Sasvim je dakle jasno da, iako katastarski sustavi temeljeni na modernim trendovima od kojih su samo neki privatizacija nekih njegovih dijelova, kompjutorizacija, te sjedinjavanje evidencija, teže sličnim modelima, njihovo porijeklo igra vrlo važnu ulogu u procesu koji ih tome vodi (Kaufmann i Steudler 1998, Molen 1998).

Kako moderno dinamično društvo sve informacije treba brzo i to u ažurnom i točnom obliku mora i katastarski sustav biti takav da ih je u stanju takvim prikupljati, održavati i izdavati na korištenje. Upravo zbog toga mnoge države s dugom poviješću održavanja kvalitetnih katastarskih sustava značajno mijenjaju svoje modele katastarskih podataka (Oosterom i Lemmen 2001, Hawerk 2001).

Nevezano uz vrstu katastarskog sustava, tehnologiju i metodologiju na kojoj se temelji ili njegovu prvenstvenu svrhu, općeniti model podataka kojima on upravlja nije se promijenio od najranijih vremena. Dvije grupe podataka su oduvijek temelj svakog katastarskog sustava. Podaci o zemljištu (sa svojom prostornom i opisnom sastavnicom) i podaci o pravnim odnosima na njoj. Prostorna sastavnica podataka o zemljištu sastavljena je dalje od geometrijskog i topološkog podskupa (Bill i Fritsch 1994). Iako na prvi pogled izgleda drugačije, jezgra modela podataka katastarskog sustava temeljenog na potpuno analognim postavkama ne razlikuje se značajno u odnosu na one najsuvremenije (Roić i dr. 2002a).

S druge strane jasno je da se implementacija modela u okviru katastarskog sustava, i to kako njegove jezgre tako i ostalih dijelova, prilagođavala raspoloživim tehnološkim rješenjima.

Tako je početkom osamdesetih godina dvadesetog stoljeća popularizacijom računalne tehnologije s tada dobrim mogućnostima upravljanja relacijskim bazama opisnih podataka u mnogim državama počela i kompjutorizacija knjižnih dijelova katastarskih sustava. Nešto kasnije, pojavom stabilnih CAD sustava, javljaju se i prvi katastarski sustavi temeljeni na računalom podržanom upravljanju i prostornog djela podataka o zemljištu (Tuomaala i Uimonen 1998). Njihova se funkcionalnost proširuje pojavom GIS alata koji omogućavaju povezivanje prostornih i atributnih podataka čime se otvaraju još šire mogućnosti iskorištavanja i analiziranja katastarskih podataka. No, zbog visokog stupnja redundancije ovakvi sustavi ne osiguravaju brzo i učinkovito upravljanje podacima, te što je barem jednako važno dodatno povećavaju mogućnosti pojave njihove nekonzistentnosti.

Tek s pojavom prvih cjelovitih rješenja čuvanja svih podataka, u zasad samo objektno-relacijskim bazama podataka, otvara se mogućnost izgradnje sustava za upravljanje katastarskim podacima koji će moći zadovoljiti sve zahtjeve koje moderno društvo pred njega može postaviti. Njihove najvažnije prednosti pred svim prethodnim su, zajednička pohrana svih podataka čime se olakšava njihovo upravljanje i izdavanje, te općenito robusnost i prilagodljivost cijelog sustava.

Slijedeći korak u razvoju prostornih baza podataka je ugrađivanje algoritama za odvojeno upravljanje geometrijom i topologijom prostorne sastavnice. Nekoliko takvih sustava bilo je dostupno i već prije desetak godina, no zbog svoje ponešto preuranjene pojave oni nisu uspjeli zaživjeti (Hesse 1991, Hesse i Williamson 1993). Time će se, kroz uklanjanje većine redundantnih podataka, još značajnije popraviti performanse sustava i što je jednako važno značajno smanjiti mogućnost pojave nekonzistentnosti (Francica 2003, Oosterom i dr. 2002).

U postupku modeliranja podataka katastra potrebno je, uz sve navedeno, uzeti u obzir i norme koje određuju prostorne podatke čime se omogućuje njihova svrsishodna razmjena i olakšava doprema krajnjem korisniku. Unatrag nekoliko godina sve više se u svijetu prihvaćaju i implementiraju ISO norme s toga područja iako su neke od njih još uvijek u postupku nastajanja (Seifert 2002, Oosterom i Lemmen 2002).

Svrha ovoga rada je provesti detaljnu analizu, kako tuzemnih tako i relevantnih inozemnih modela podataka katastra od njihovih prvih pojavljivanja do trenutnog stanja, te time olakšati određivanje smjernica njihova budućeg razvitka. Kroz navedenu analizu potrebno je upoznati stanje modernih tehnoloških rješenja koja su upotrijebljena u svrhu njihova ostvarivanja s naglaskom na sustavima za pohranu i upravljanje prostornim podacima. Kako podaci bez korisnika ne ispunjavaju svrhu postojanja potrebno je proučiti načine izdavanja podataka na korištenje s naglaskom na tehnologije temeljene na Internetu.

2. Katastarski sustavi

Današnji moderni katastarski sustavi vođeni u razvijenim svjetskim državama jesu višenamjenske prirode, a prema (Williamson i Enemark 1996) služe kao:

- podrška sustavu upravljanja pravima na zemljištu,
- podrška sustavima oporezivanja i vrednovanja zemljišta,
- podrška sustavima za upravljanje komunalnom infrastrukturom,
- podrška sustavima urbanog i ruralnog prostornog planiranja.

Želimo li navedeno produbiti, nailazimo na katastarske podatke kao temelj nacionalne infrastrukture prostornih podataka (Cetl 2003, Cetl i dr. 2003). Ovo je sasvim logično zbog njihovih osnovnih pozitivnih svojstava (točnost, pokrivenost, aktualnost) što niti jedna druga vrsta podataka o prostoru ne može nadmašiti. Još konkretnije gledano nailazi se na katastarske podatke u svojstvu podloge različitim komunalnim informacijskim i drugim sustavima neophodnim za održavanje i razvoj ljudskih naseobina (Pešun 2003).

Također je u svjetskim katastarskim sustavima moguće razlučiti nekoliko trendova. Uz općeniti trend informatizacije koji je vidljiv u cjelokupnom društvu ovdje je važno spomenuti težnju ujedinjavanju tehničkih i pravnih evidencija. Klasična rješenja odvojenih institucija koje brinu o ovim dva vida podataka o zemljištu bila su uvjetovana prvenstveno raspoloživim tehnologijama za njihovo upravljanje. Takvi su sustavi danas nedovoljno učinkoviti jer od korisnika zahtijevaju pristup dvjema, u pravilu fizički odvojenim, institucijama od kojih svaka ima vlastiti, drugačiji skup pravila međuodnosa s njim. U budućnosti se očekuje značajna promjena raspodjele odgovornosti pravnog i geodetskog stručnjaka u pogledu odnosa prema katastru kao jedinstvenom sustavu za upravljanje svim podacima o nekretninama (zemljištu).

Klasični katastarski sustavi većinom su dio državne uprave, opterećeni njezinom poznatom nefleksibilnošću i tromašću. To ih, kao i odvojenost evidencija, čini nedovoljno učinkovitim prilikom ispunjavanja zahtjeva modernih gospodarstava u svakom pogledu. U budućnosti se zato očekuje prebacivanje upravljanja katastarskim podacima iz državne u privatnu domenu. Država bi se trebala uglavnom baviti nadgledanjem i kontrolom (Kaufmann i Steudler 1998).

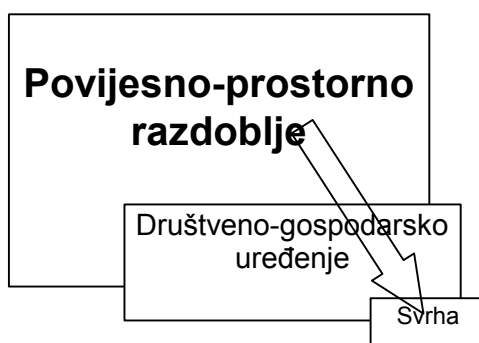
Danas ne postoje dva potpuno jednaka katastarska sustava, pa je teško napraviti njihovu sustavnu podjelu ne zanemarujući odnosno uopćavajući određene posebnosti. U svrhu lakšeg razumijevanja trenutnog stanja sustava upravljanja podacima o nekretninama, kako pravne tako i tehničke prirode, potrebno je poznavati njihovu povijest. Počevši od potreba koje su uzrokovale njihovo formiranje, preko zahtjeva koji su se pred njih postavljali tijekom vremena, zbog promjena političkih i gospodarskih odnosa, do napretka u tehnološkim dostignućima uzrokom su promjena u raznim vidovima sustava za upravljanje podacima o nekretninama.

Može se reći da dva važna svojstva određuju suvremene modele katastarskih sustava u svijetu. Tehnički dio modela pod snažnim je utjecajem prvenstvene

svrhe koju je on trebao ispunjavati, a to je uglavnom porezna ili pravna. U ovisnosti o povijesno pravnom naslijeđu države, podjela je na sustave registracije titule odnosno naslova stjecanja ili registraciju isprave.

2.1. Tehničke osobine

Ograničimo se ovdje na nekoliko, uglavnom vertikalno međusobno ovisnih činioca koji su određivali model podataka katastra prilikom njihova oblikovanja (Slika 1). Povijesno-prostorni činilac se može uzeti kao prvenstveni, koji nadalje neposredno utječe na društveno-gospodarsko uređenje, a time dakako i na svrhu kojoj katastarski sustav treba služiti.



Slika 1. Činioci koji utječu na oblik katastarskog sustava

Važno je razlikovati povijesno-prostorno razdoblje od možda na prvi pogled logičnijeg čisto povijesnog. Razlog tome je ipak prilična razlika između društveno-gospodarskih odnosa različitih dijelova svijeta u jednom povijesnom razdoblju. Jednu od mogućih podjela daju (Williamson i Enemark 1996) i to na:

- katastarske sustave «starog svijeta» i
- katastarske sustave «novog svijeta».

U prvu grupu pripadaju klasični parcelarni katastarski sustavi koje nalazimo u gotovo svim evropskim državama, dok su pripadnici druge grupe razne verzije Thorrensovog katastra i «Register of deeds» sustava. Iako se razlikuju i u drugim pogledima, osnova njihove razlike je svrha zbog koje su osnovani, a kao posljedica toga i model podataka u tehničkom pogledu.

Katastarski sustavi «starog svijeta» ustanovljeni su prvenstveno u svrhu pravednog oporezivanja prihoda od zemljišta. Iako je već potkraj XVIII. stoljeća bilo brojnih pokušaja uvođenja katastarskih sustava s ovom svrhom, prvi od njih utemeljeni na znanstvenim osnovama pojavili su se početkom XIX. stoljeća. Otprilike istovremeno s ovim procesima mijenjalo se ekonomsko-političko uređenje evropskih država iz feudalnog u društvo temeljeno na privatnom vlasništvu.

Kako bi učinkovito obavljao pred njega postavljene zadatke porezni katastar mora biti pravilno oblikovan. Porez se dakako prikuplja od svog zemljišta temeljem određenog skupa svojstava (način korištenja, površina, kvaliteta, ...). Logično je da se bilo koja kombinacija tih svojstava kroz vrijeme može mijenjati i mijenja. Porezni

katastar mora dakle sadržavati potpunu evidenciju o potrebnim obilježjima za promatrano područje.

U pravilu se ta evidencija sastoji od tehničkog i knjižnog odnosno opisnog dijela katastarskog operata. Veza između tehničkog i opisnog dijela operata ostvarena je jedinstvenim identifikatorom (kombinacija alfanumeričkih znakova) svake njegove najmanje jedinice (katastarske čestice). Za svaku katastarsku česticu postoji zapis u knjižnom dijelu gdje uz njezin identifikator stoje potrebni opisni podaci.

Dakako da je i u ovom slučaju poželjna što veća točnost podataka, no u odnosu na konkretnu svrhu nije i presudna. Porez će na kraju biti prikupljen od jednog ili drugog korisnika. Spoj navedenog daje osnovna svojstva poreznog katastra kao evidencije koja:

- mora biti cjelovita i
- nema potrebe za povećanom točnošću podataka.

Većina katastarskih sustava osnovanih u svrhu oporezivanja poslužila je odmah nakon osnivanja, ili nešto kasnije, i kao podloga sustavu za upravljanje pravima na nekretninama. Jasno je da je u ovu svrhu drugi od prethodno navedenih uvjeta potrebno odgovarajuće prilagoditi. Većina je država koje su počele s poreznim katastrom to i obavila, dakako u okvirima mogućnosti obzirom na ekonomsku moć i samu jezgru modela katastarskih podataka. Važno je još spomenuti da su u germanskom području ovakvi sustavi upravljanja pravima na nekretninama odvojene institucije u odnosu na katastar.

Kolonijalni pokreti iz Engleske prvenstveno prema Australiji i Sjevernoj Americi u drugoj polovici XVIII. stoljeća imali su za posljedicu osnivanje «novih» svjetova, koji su dakako trebali i odgovarajuće sustave upravljanja pravima na novokoloniziranom zemljištu. Ovi katastarski sustavi pripadaju, prema prethodnoj podjeli u drugu grupu odnosno katastarske sustave «novog svijeta».

Njihovo osnivanje nije temeljeno potrebom za oporezivanjem koje tada nije bilo razvijeno kao izvor prihoda države već prvenstveno zahtjevima koje je postavljalo tržište nekretnina. I kasnije kod uspostave stabilne države oporezivanje se temeljilo na tržišnoj vrijednosti nekretnine, a ne na njejoj «produktivnosti».

Svaka transakcija u okviru tržišta promatra se odvojeno i nije potrebno apriori obaviti izmjeru već kada za njom nastupi potreba. Temeljem navedenog lako je zaključiti da ovi katastarski sustavi nisu i nemaju potrebe biti cjeloviti za neko promatrano područje. Izmjera se obavlja u trenutku kada je potrebno obaviti neku transakciju odnosno promijeniti stanje nekog prava na nekretnini.

S druge strane, opet za razliku od poreznih katastara, ovakvi sustavi ipak moraju osiguravati razmjerno veću točnost odnosno pouzdanost ponovnog uspostavljanja granica prostiranja promatranog prava. Svaka je pojedinačna izmjera obavljena velikom točnošću, ali se ti podaci kasnije ne koriste u svrhu održavanja katastarskog plana (smanjenje točnosti), već se čuvaju u izvornom obliku. Važno svojstvo ovakvih katastarskih sustava je nepostojanje katastarskog plana (barem u smislu katastra «starog svijeta»)

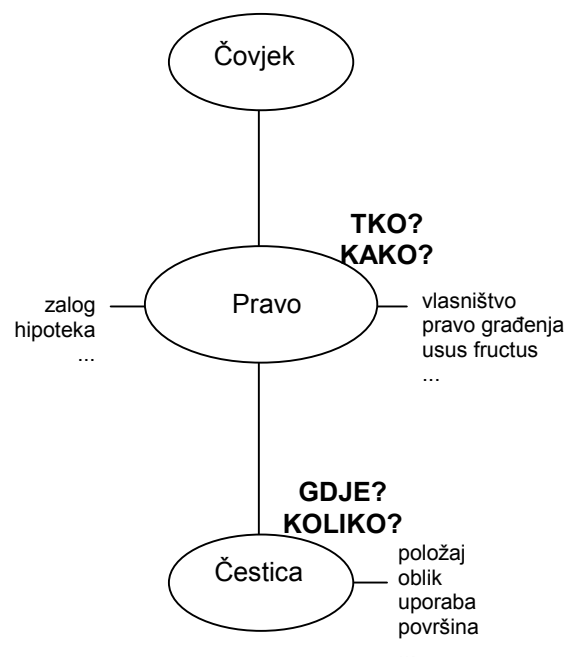
Kao rezultat izloženog moguće je odrediti obilježja katastarskih sustava «novog svijeta, koji moraju:

- osigurati točno određivanje prostiranja nekog prava na nekretnini i
- nema potrebe za cjelovitom evidencijom.

2.2. Pravne osobine

Svi katastarski sustavi sadržavaju i pravni dio odnosno dio sustava koji upravlja pravima na nekretnini. No kako je u prethodnom poglavlju navedeno u trenutku osnivanja neki ga katastarski sustavi nisu imali već je uveden naknadno, najčešće kao zasebna institucija. Važno svojstvo sustava za upravljanje podacima o nekretninama je njihova (ne)jedinственost u tehničkom i pravnom pogledu. Kod katastarskih sustava «starog svijeta» ova su dva dijela u pravilu odvojene institucije, dok su sustavi «novog svijeta» češće jedinstveni. U slučaju odvojenih institucija tehnički dio se najčešće naziva Katastar, a pravni Zemljišna knjiga.

Bez obzira o stupnju njihove jedinstvenosti ove institucije svoju svrhu nalaze u zajedničkom djelovanju u procesu upravljanja podacima o nekretninama. Općenito, prema (Henssen 1995) može se reći da je katastar institucija koja daje odgovor na pitanje «gdje» i «koliko» dok zemljišna knjiga odgovara na pitanja «tko» i «kako» (Slika 2).



Slika 2. Odnosi između dijelova sustava upravljanja podacima o nekretninama

S pravnog stanovišta sustavi za upravljanje podacima o nekretninama mogu se podijeliti u dvije grupe i to kao oni koji registriraju:

- naslov stjecanja (*engl. title*)
- ispravu (*engl. deed*)

Povijesno ova podjela vuče korijene iz orijentiranosti države romanskom (registriranje isprave) ili germanskom pravu odnosno engleskom običajnom pravu (*engl. Common Law*) (registriranje naslova stjecanja prava) (Kurtović 1987).

Sustavi temeljeni na registriranju isprava u osnovi su evidencija vlasnika s podacima «tko je vlasnik čega». S druge strane sustavi koji registriraju naslov stjecanja predstavljaju evidencije nekretnina s podacima o «što je u čijem vlasništvu» (Enemark 2003).

Koncept sustava koji registriraju isprave ogleda se u ispravi kao dokazu da je određena transakcija provedena. Isprava je dakle sama po sebi dokaz transakcije, no ne posjeduje pravnu snagu dokaza da je stranka s koje se pravo prenosi doista njegov nosilac. To znači da je traženjem izvorne isprave koja potvrđuje dodjeljivanje tog prava promatranom stranki, isto tek potrebno dokazati. Može se reći da ovi sustavi registriraju pravnu činjenicu. Država je ovdje, kroz svoj aparat, umiješana samo u pogledu registriranja isprave kojom se pravo prenosi.

Suprotno prethodnom, sustavi koji registriraju naslov stjecanja prava na osnovu isprave odnosno općenito kao rezultat transakcije, registriraju pravo na promatranom objektu. Pravo, zajedno s imenom zakonitog nosioca i objektom prava uključujući ograničenja bivaju ovdje registrirani. Ovim postupkom registracije je napravljen naslov prava. Ovi sustavi registriraju dakle posljedice pravne činjenice. Država u ovom slučaju aktivno provjerava istinitost i zakonitost svake transakcije. Obilježja obaju vrsta sustava dana su u (Tablica 1).

Tablica 1. Obilježja sustava upravljanja pravima na nekretninama

	Sustavi registracije isprave	Sustavi registracije naslova
Povijesno pravno porijeklo	romansko pravo	germansko / englesko običajno pravo
Sudjelovanje države	pasivna	aktivno provjerava
Garancija prava od strane države	nema garancije	država garantira

Prema (Henssen 1995), sustavi koji registriraju isprave zovu se i «negativni sustavi» odnosno «pasivni sustavi». Ovo dolazi iz nedostatka garancije sustava da pravo stvarno postoji. Sustavi registracije naslova prava, s druge strane garantiraju postojanje prava, a država u tu svrhu osigurava pozitivne pravne propise. Ovi se sustavi mogu nazvati «pozitivni sustavi» odnosno «aktivni sustavi».

2.3. Pregled svjetskih sustava

Glede implementacijske razine sustave koji registriraju naslov moguće je podijeliti u tri podgrupe:

- germanska grupa
- engleska grupa
- torrensova grupa.

U Europi najrasprostranjenija je upravo germanska grupa sustava za upravljanje podacima o nekretninama. U načelu su to izvorno porezni katastarski sustavi evolucijom prerasli u osnovu sustava za upravljanjem podacima i stvarnim pravima na nekretninama. Tehničkim dijelom se upravlja u ustanovi koja se zove Katastar, dok se pravnim dijelom podataka bavi Zemljišna knjiga. Ove su dvije ustanove ovdje u pravilu odvojene. Tehnički dio sustava, katastar, u pravilu ima porijeklo u poreznoj svrsi te uglavnom odgovara svojstvima takvih katastara (opisano u prethodnim poglavljima). Sustavi iz ove grupe imaju vrlo slične korijene, ali su ih u nekim slučajevima različita društveno politička uređenja i ekonomske prilike tijekom povijesti prilično promijenili. U ovu grupu pripadaju njemački, austrijski (i sustavi država pod njezinim povijesnim utjecajem), većina sustava nordijskih država, švicarski, egipatski, turski i drugi.

Drugu značajnu grupu sustava za upravljanje podacima o nekretninama čine engleski i sustavi država pod njezinim utjecajem među koje pripadaju irski, nigerijski, te sustavi nekih kanadskih provincija. Za razliku od prethodnih, njihova početna svrha nije bila porezna već pravna. Kao tehnička osnova sustava koriste se topografski planovi krupnijeg mjerila na kojima je moguće općenito odrediti položaj granica protezanja prava. Pravne osnove temeljene su prilikom njihova osnivanja na engleskom običajnom pravu.

Treća grupa sustava temeljeni su na načelima koje je 1858. godine uveo Robert Torrens. Nedovoljna učinkovitost i ekonomska neisplativost primjenjivanja klasičnog engleskog sustava na novonaseljena australska prostranstva rezultirala su potrebom za novom vrstom sustava, koji ipak većinu načela u pogledu prava na nekretninama nasljeđuju iz engleskog običajnog prava. U načelu nastali kao jedinstvena ustanova, koja se bavi registriranjem pravnih odnosa na nekretninama, ovi su sustavi uglavnom lišeni katastarskog plana u europskom smislu. Dakako u novije vrijeme i ovakvi se sustavi prilagođavaju modernim trendovima. Znanstvenim metodama objedinjavaju se u tom okviru raspoloživi prostorni podaci kako bi iz njih nastala cjelovita evidencija najbližnja katastarskom planu. Sustavi temeljeni na ovim načelima mogu se naći u Australiji, Novom Zelandu, dijelovima Kanade i SAD-a, Maroku, Tunisu i drugima.

Najznačajniji predstavnik druge vrste sustava, onih koji registriraju ispravu jesu svakako SAD.

2.3.1. Germanska grupa – Austrija

Iako je i prije bilo manje uspješnih pokušaja (Jozefinski katastar) temelje današnjeg katastarskog sustava u Austriji postavio je Car Franjo I proglašenjem Carskog patenta (*njem. Grundsteuerpatent – Patent über die Einführung des stabilen katasters*) 23. prosinca 1817. godine. Njime je naređeno da se odmah pristupi katastarskoj izmjeri i klasiranju zemljišta te izradi katastarskog operata, a sve u svrhu oporezivanja zemljišta. Izmjera je trajala od 1825. do 1861. godine. Izmjera je temeljena na trigonometrijskoj mreži sustavno uspostavljenoj diljem cijele države, a izvođena je geodetskim stolom. Detalji su ucrtani na planove uglavnom mjerila 1:2880. Uz izmjeru obavljeno je i klasiranje zemljišta obzirom na proizvodnu sposobnost, te su prikupljeni i podaci o posjednicima. koji su kasnije poslužili prilikom priznavanja prava vlasništva na nekretninama.

No ubrzo nakon završetka izmjere postalo je jasno da katastarski sustav koji ne održava stvarno stanje na terenu ne može učinkovito ispunjavati svoju svrhu. Zbog toga je 1883. godine donesen zakon o održavanju katastra kojim je propisana obaveza održavanja katastra u skladu sa stanjem na terenu (*njem. Evidenzhaltungsgesetz*). Razvoj novih mjernih metoda te povećano zanimanje za točno određivanje prostiranja prava na zemljištu imalo je za posljedicu zamjenu geodetskog stola numeričkim metodama izmjere. Prihvatanjem metričkog mjernog sustava i katastarski su se planovi počeli izrađivati u mjerilo 1:1250 i 1:2500.

Već su austrijski građanski propisi iz 1811. godine određivali obavezno evidentiranje prava na zemljištu i njihova ograničenja u različitim registrima koji su u nekim gradovima i područjima postojali. Ipak, tek je Općim zakonom o registru zemljišta iz 1873. godine došlo do uvođenja jedinstvenog sustava upravljanja pravnim podacima na nekretninama. Taj je sustav odnosno registar nazvan Zemljišna knjiga (*njem. Grundbuch*), a njegovo je održavanje u nadležnosti područnih sudova.

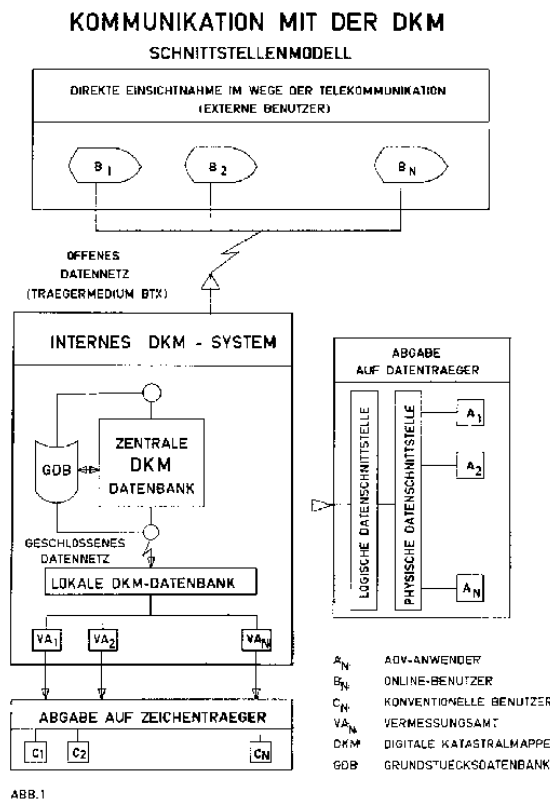
Slijedeća velika prekretnica u austrijskom sustavu za upravljanje podacima o nekretninama dogodila se 1969. godine donošenjem Zakona o Izmjeri (*njem. Vermessungsgesetz*) kojim je omogućena uspostava Međnog Katastra (*njem. Grenzkataster*). Dotadašnjim je sustavom sudski bio zaštićen samo identifikator pojedine čestice (samo on je bio u nadležnosti Zemljišne knjige) dok je katastarski dio sustava (katastarski plan) služio tek kao približni prikaz položaja nekretnine. Novi sustav (međni katastar) jamči, u okviru značajno veće točnosti, položaj i ponovnu uspostavu svake karakteristične točke pojedine čestice. Ovo dakako važi samo za čestice, odnosno njihove pojedine točke, koje su se počele evidentirati u novom sustavu. Prelazak je naime osmišljen tako da se svaka nova izmjera obavlja prema novom zakonu, a za ostale se zadržava postojeće stanje dok se ne ukaže potreba.

Držeći korak s novim tehnologijama, a kako bi odgovorili zahtjevima korisnika, započeto je 1973. godine s razmatranjem načina osnivanjem digitalnog informacijskog sustava za upravljanje podacima o nekretninama. Prikupljanje podataka i početno pohranjivanje u digitalnu bazu podataka započeto je 1978. godine. Katastarski podaci prebačeni su u digitalnu bazu podataka do 1984. godine, a podaci Zemljišne knjige do 1992. godine. Time je osnovana baza zemljišnih podataka (*njem. Grundstücksdatenbank*) koja se sastoji od:

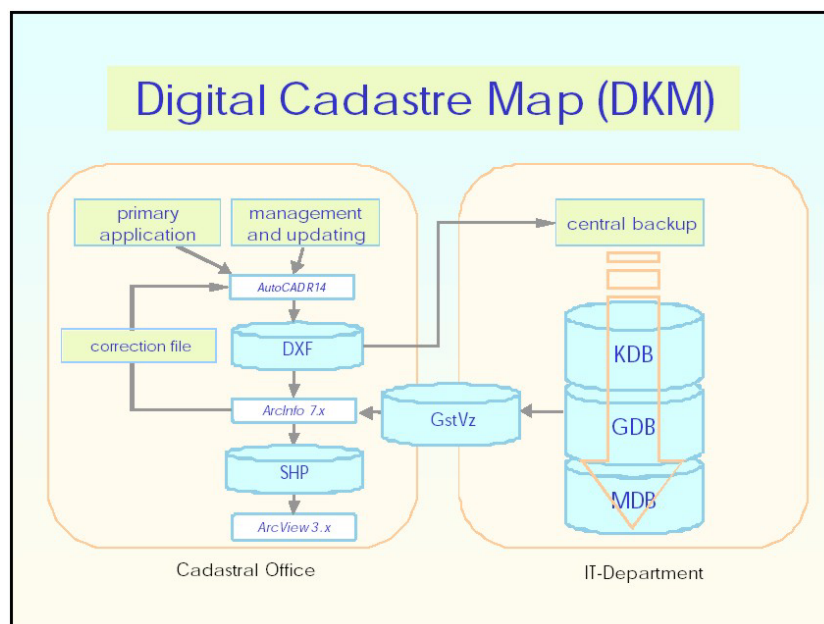
- popisa čestica (*njem. Grundstücksverzeichnis*),
- digitalnog katastarskog plana (*njem. Digitale Katastralmappe*),
- baze podataka koordinata (*njem. Koordinatendatenbank*),
- područne informacije (*njem. Regionalinformation*),
- baze podataka detaljnih listova (*njem. Mappenblattdatenbank*),
- povijesnog popis čestica (*njem. Historisches Grundstücksverzeichnis*).

Javni pristup digitalnom katastarskom planu u početku je bio ostvaren korištenjem BTX (*njem. Bildschirmtext*) tehnologije (Slika 3), a njegovo se održavanje provodilo korištenjem AutoCAD CAD sustava. Logično je nadalje zaključiti kako je model podataka digitalnog katastarskog plana temeljen na slojnom modelu.

Posebim se postupcima digitalni katastarski plan održava u konzistentnom odnosu s bazom podataka koordinata. Važno je dakle primijetiti da su ovo dvije baze podataka odvojene, ali se savjesnim radom drže u konzistentnom stanju jedna prema drugoj.



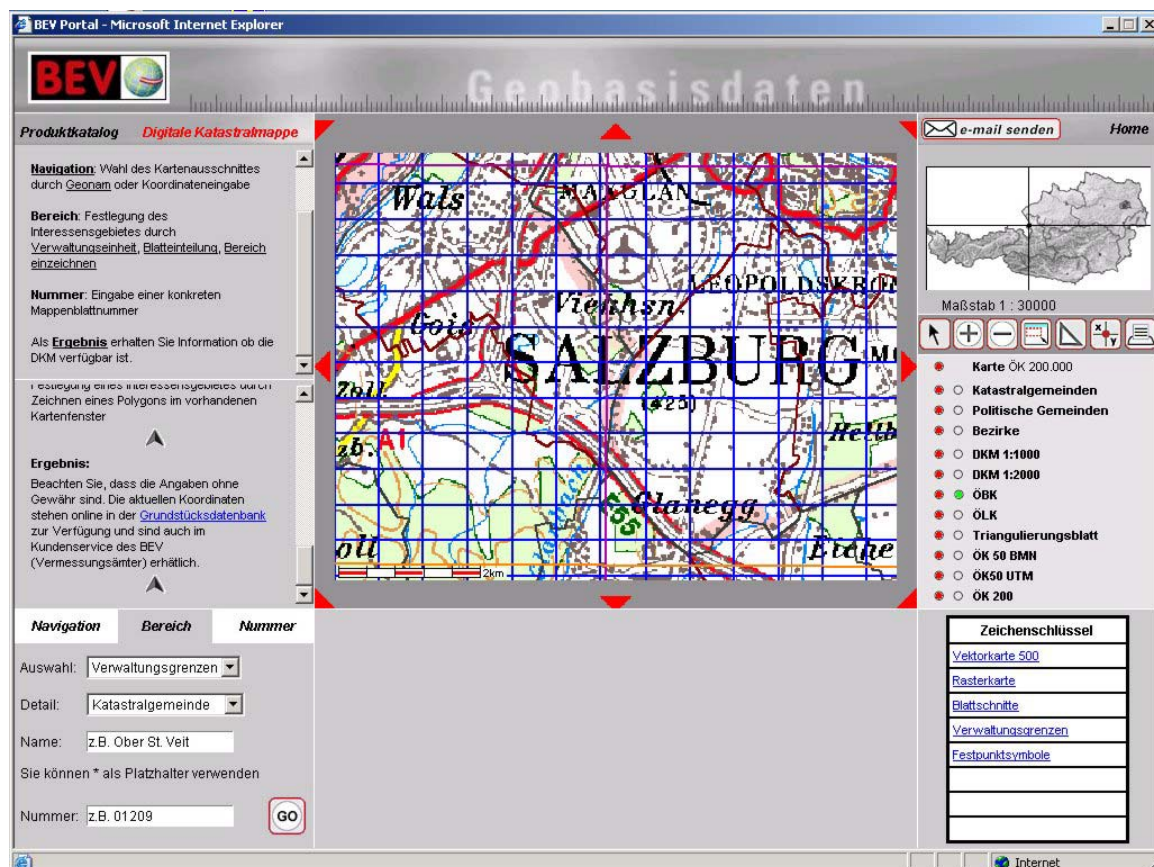
Slika 3. Pristup digitalnom katastarskom planu (Zimmermann 1990)



Slika 4. Današnje stanje tehnologije digitalnog katastarskog plana (Hoffmann 2003)

Razvijana prilagodбом raspoloživih komercijalnih i drugih rješenja, a temeljem nedovoljno sustavnog pristupa, austrijska je digitalna baza zemljišnih podataka danas postala troma i neučinkovita (Hoffmann 2003). Zbog toga se tijekom 2003. godine pristupilo detaljnim analizama postojećeg stanja i potreba, a u svrhu što bržeg pronalaženja novog modela podataka.

Državna institucija koja u svojoj nadležnosti ima poslove u vezi s katastrom je u Austriji Savezni ured za baždarenje i mjerenje (*njem. Bundesamt Für Eich- und Vermessungswesen / BEV*). Sve metapodatke u njegovoj nadležnosti moguće je pregledavati putem WWW (*engl. World Wide Web*) tehnologije (Slika 5), te temeljem toga naručivati potrebne podatke.



Slika 5. BEV portal (URL7)

Austrijski je sustav za upravljanje podacima o nekretninama uglavnom temeljen na modernim modelima i potpomognut digitalnom tehnologijom obrade podataka. Svi su registri javni, a zainteresiranim je strankama omogućen pristup podacima i putem javnih digitalnih mreža. U zadnje se vrijeme nalazi u postupku osuvremenjivanja modela podataka kako bi išao u korak s trenutnim potrebama društva. Sustav je osmišljen tako da svaka nova i točnija izmjera popravlja kvalitetu postojećih podataka.

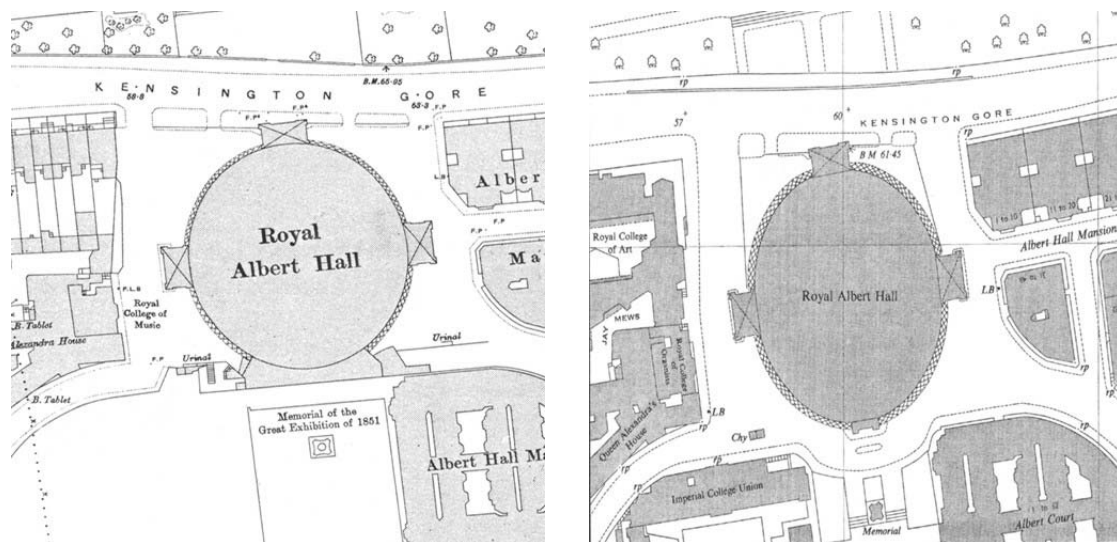
2.3.2. Engleska grupa – Engleska

Prvi propis o evidentiranju pravnih odnosa na nekretninama donesen je u Engleskoj 1862. godine. Prije toga postojale su samo institucije koje su se bavile registriranjem isprava u pokrajinama Yorkshire i Middlesex. No taj propis nije

zaživio prvenstveno jer je bio temeljen na dobrovoljnom prijavljivanju transakcija, ali i zbog postavljenih previsokih standarda u pogledu zahtijevane točnosti određivanja granica protezanja prava.

Zakonodavni akti koji su uslijedili ispravili su uočene nedostatke tako da je 1875. godine uveden koncept registracije s općenitim granicama (*engl. general boundary*), a 1897. godine je ozakonjeno vođenje tehničkog dijela registra na posebnim planovima (*engl. Ordnance Survey Map*). Obaveza registriranja transakcija je uvedena tek 1899. godine u jednom dijelu Engleske. Uvođenje sustava na spomenutim načelima (općenite granice, obaveza registracije) nastavljeno je u pojedinim dijelovima Engleske i Velsa (*engl. Wales*) tijekom 20. stoljeća, a posebno je važan (*engl. Land Registration Act*) iz 1925. godine kojim je određeno postupno uvođenje obaveze registracije nekretnina na cijelu državu koja je 01.12.1990. i ostvarena za Englesku i Vels (Manthorpe 1999, URL22).

Najveća posebnost ovog sustava je dakako načelo općenitih granica. Tijekom povijesti na promatranom je području zaključeno da točno određivanje granica protezanja prava na nekretninama donosi više problema nego koristi. Zato je načelo općenitih granica, odnosno određivanja granica na osnovu prirodnih ili izgrađenih objekata koji je i ovako povijesno dugo poznat, određen kao najprikladniji. Kako bi ovo bilo moguće napravljeni su, od strane Ordnance Survey, kvalitetni topografski planovi i karte (Slika 6) (Dixon-Gough i dr. 2002).

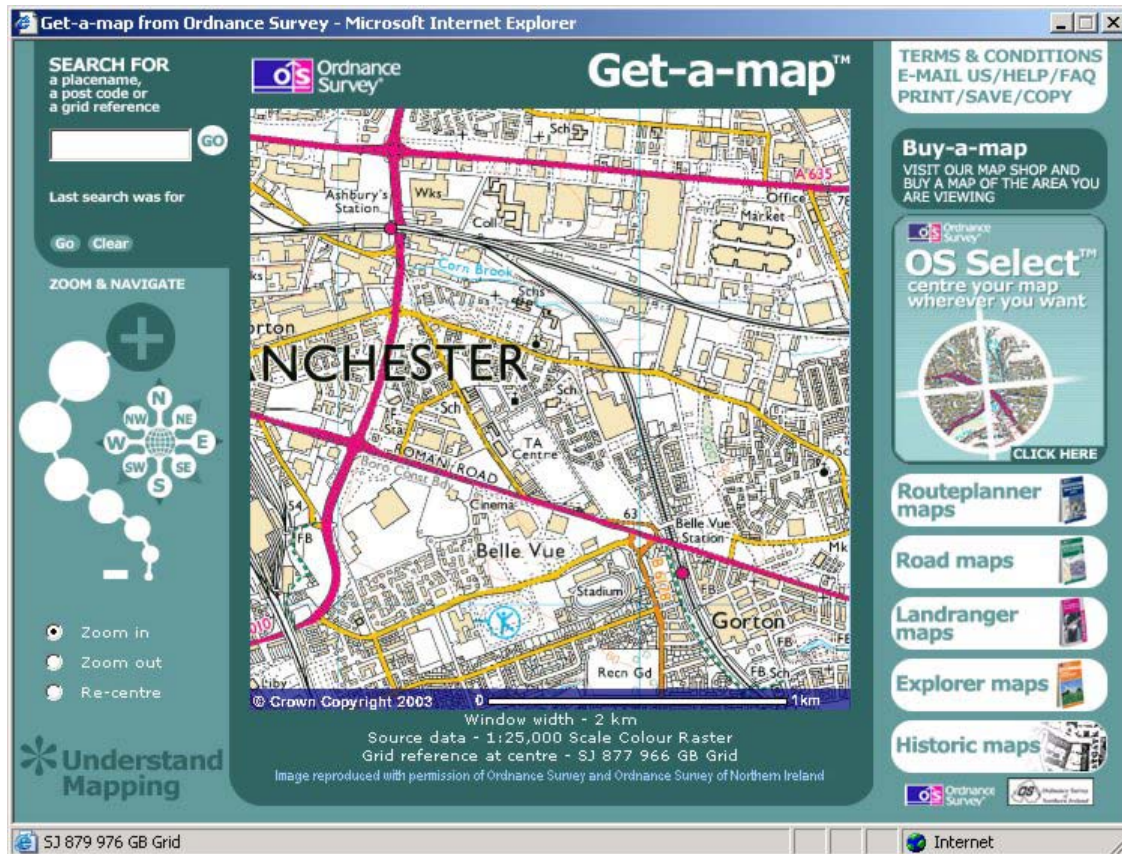


Slika 6. Topografski planovi do i nakon 1940. godine

Ustanova koja se u Engleskoj bavi evidencijom pravnih odnosa na nekretninama zove se zemljišni registar (knjiga) (*engl. Land Registry*), a osnovana je 1862. kao odvojena vladina agencija u okviru ministarstva pravosuđa (*engl. Ministry of Justice*). Ona ima 24 ispostave diljem Engleske i Velsa, a djelomično je privatizirana (računalna podrška, sigurnost, održavanje čistoće, ...) ali ipak u okviru ministarstva pravosuđa kako bi se osiguralo njezino nepristrano djelovanje (Manthorpe 2003). Sustav je temeljen na načelu bilježenja naslova. Iako je uveden samo četiri godine nakon što ga je Torrens uveo u Australiji, to nije bilo pod njegovim utjecajem (Ruoff 1968). I danas se ova ustanova oslanja na Ordnance

Survey za održavanje prostorne sastavnice sustava za upravljanje podacima o nekretninama.

Pristup podacima i metapodacima kojima upravlja Ordnance Survey moguć je i putem WWW usluga (*engl. services*) (Slika 7).



Slika 7. WWW portal za pristup metapodacima Ordnance Survey

Poznato načelo općenitih granica, odnosno granica temeljenih na prirodnim ili izgrađenim dijelovima prostora, rezultira ovdje nedostatkom posebnog katastarskog sloja podataka. Glavna razlika ovog i sličnih sustava u odnosu na Sustave Torrensovog katastra je u određivanju prostornog protezanja prava na nekretnini.

2.3.3. Torrensova grupa – Australija

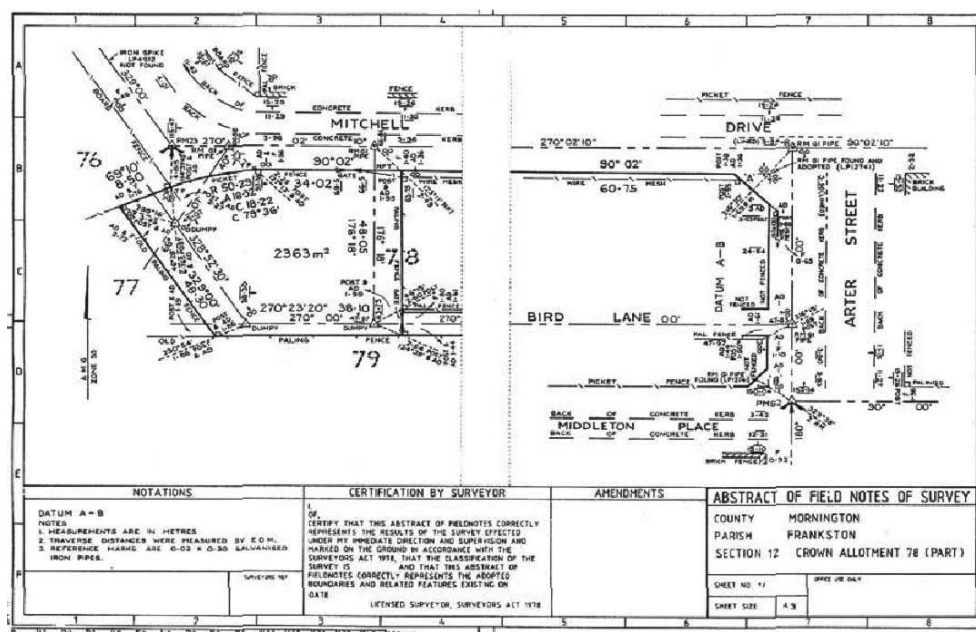
Australija je država s federativnim uređenjem, te svaka od članica federacije vodi odvojeni katastarski sustav (Slika 8). Kolonizacija Australije, od strane engleskih kolonista, započela je 1788. godine. Nepregledna prostranstva trebalo je prije naseljavanja izmjeriti, kako bi se stvorili preduvjeti za registraciju prava na njemu.



Slika 8. Savezne države u Australiji

Izmjere su obavljane uglavnom prema potrebi i odvojeno. Zbog potrebne brzine izvođenja radova te često nedovoljno stručnog osoblja i neodgovarajućeg instrumentarija neke su izmjere pogotovo u početku slabije kvalitete. Prethodno svakom obliku naseljavanja obavljena je izmjera zemljišta, no često nije prethodno uspostavljena mreža stalnih točaka na koji se trebalo priključiti. Važan činilac poklanjanja (ne)dovoljne pažnje izmjerama je dakako bio i različit stupanj privlačnosti pojedinog područja, što je uzrok prilično različitih modela sustava i danas.

Ipak u svim je područjima i državama katastarska izmjera provođena visokom matematičkom preciznošću (Slika 9), ali nevezano za bilo kakav koordinatni sustav (koordinate su čak zabranjene osim u Australian Capital Territory) (Dalrymple i dr. 2003). Svaka takva pojedinačna izmjera zove se «izdvojena» izmjera (*engl. «Isolated» survey*). Svi terenski i ostali podaci čuvaju se u izvornom obliku i ne uctavaju se na neku cjelovitu jedinstvenu evidenciju.



Slika 9. Terenski podaci o «izdvojenoj» izmjeri (Dalrymple i dr. 2003)

Zbog ovakvog sustavnog pristupa u Australiji sve do nedavno nije postojao katastarski plan sličan onom u većini evropskih katastara. Moderni su trendovi u zadnje vrijeme ipak prisilili i tamošnju državnu upravu da oformi neku vrstu jedinstvene i cjelovite prostorne evidencije podataka o nekretninama. To se uglavnom provodi uklapanjem pojedinih izmjera u određeni referentni sustav korištenjem poznatih geodetskih načela. U novije se vrijeme i u većini područja ipak zahtijeva povezivanje mjerenih podataka u propisani referenti koordinatni sustav.

Prema vremenskom razdoblju početka kolonizacije (1788. godine), te porijeklu kolonizatora lako je zaključiti da je i australski sustav registriranja prava na nekretninama bio u početku temeljen na engleskom običajnom pravu, dakle na načelu registracije isprave. Sustavi temeljeni na ovom načelu zadržali su glavnu ulogu u Australiji idućih 70-tak godina.

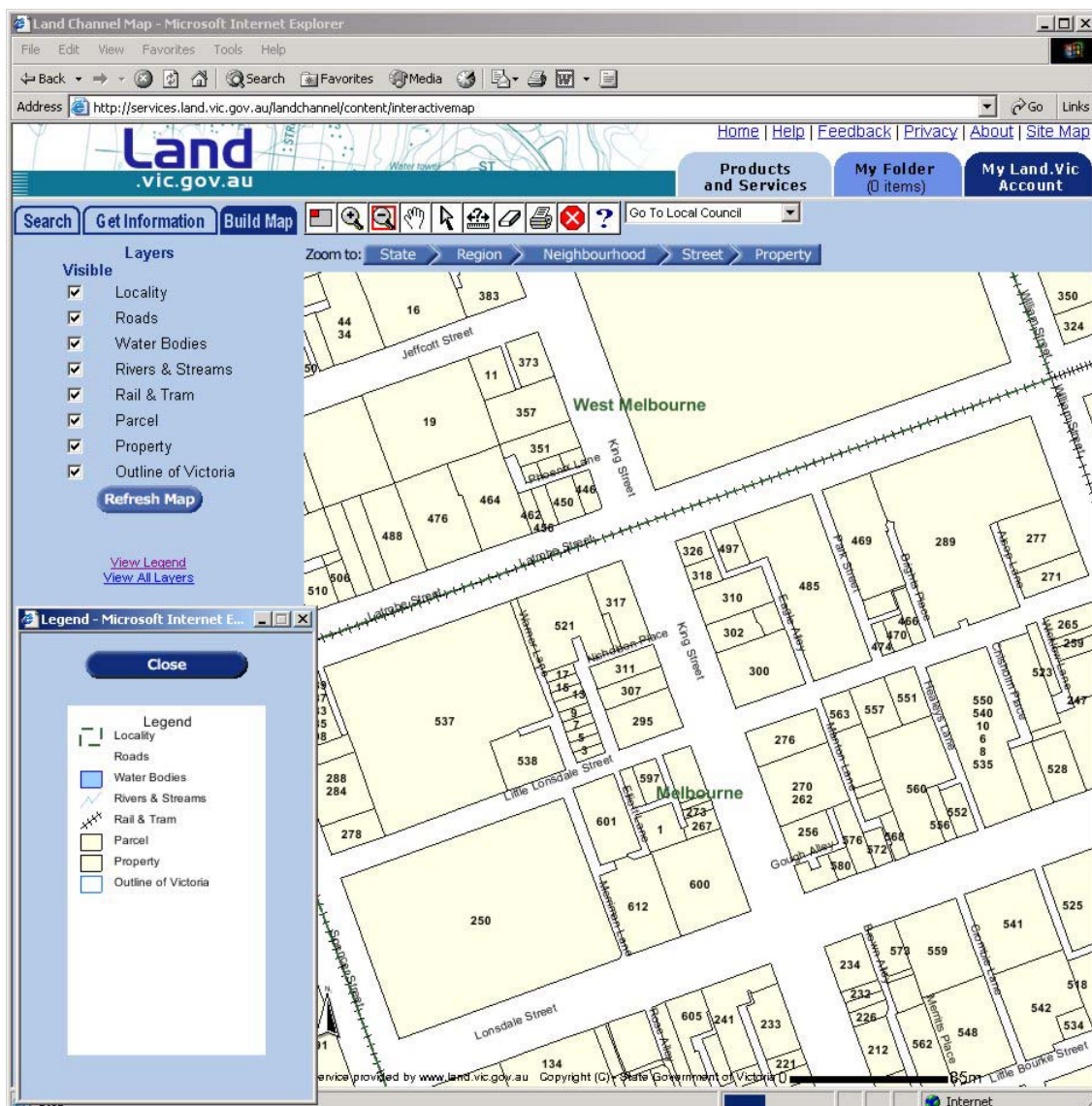
No sa sve jačim pritiskom uzrokovanim velikim brojem transakcija ovakvi sustavi postaju neučinkoviti i skupi zbog potrebe za stručnim ispitivanjem velikog broja isprava kako bi se potvrdila vrijednost neke od njih. Uvođenjem novog znatno jednostavnijeg i učinkovitijeg sustava 1858. godine Robert Torrens uvodi mogućnost nesmetanog razvoja tržišta nekretnina te općenitog društvenog napretka. Novi sustav temeljio se na registraciji naslova, a prema tvorcu uvriježio se naziv Torrensov sustav. Iako je ovo naišlo na priličan otpor pravnih stručnjaka kojima je oduzeta privilegija umiješanosti u transakcije glede vlasništva i drugih stvarnih prava, Torrens je čak postao guverner Južne Australije. Do 1874. godine sve su države Australije, uz prilagodbe vlastitim potrebama, prihvatile Torrensov sustav.

Već 1990. godine sve su australske savezne države osim Tasmanije prebacile svoje sustave za upravljanje podacima o nekretninama u digitalni oblik (Slika 10).

Topic	NSW	VIC	QLD	SA	WA	TAS	NT	ACT	NZ
Size % Aust.	10.4	3.0	22.5	12.8	32.9	0.9	17.5	0.03	(3.5)
Pop. % Aust.	34.5	25.8	16.6	8.5	9.3	2.7	0.9	1.7	(20.0)
Dens. per km ²	7.1	18.7	1.6	1.4	0.6	6.6	0.1	113.9	11.9
Parcels	>3m	>2.2m	>1.9m	>800k	>850k	>220k	>60k	101k	>2.62m
Urban/ Rural %	34/ 66#1	55/ 45#1	68/ 32	62/ 38	53/ 47	73/ 27	72/ 28	98.4/ 1.6	57/ 43
Capture d (%)	39	44	97	100	65	-	99.9	98.6	17 #5
Urban/ Rural	76/ 21	60/ 25	#2	100/ 100	100/ 26	-/ -	100/ 100	100/ 9.4	#5
H'ware	HP/IBM	I'graph	Prime/ DEC	Data General	I'graph/ IBM	-	IBM	Prime	DEC
S'ware	Genasys /IBM	I'graph	Prime/ DEC	Easinet	I'graph/ IBM	-	IBM	own	Geo- vision
Accur. code	points	lines	none #3	point	point	-	poly.	none #4	point
Storage	Topol. + RDB	CAD + Net.	CAD + RDB	Point, Line, Poly.	CAD RDB	-	Poly. Hierarc	Point, Line, Poly.	Topol. + RDB
Transfer	as required	AS2482 SIF IGDS DXF	QIF	ASCII	ASCII SIF IGDS	-	A2482 DXF	ASCII	GINA + other

Slika 10. Pregled australskih sustava za upravljanje podacima o nekretninama (Hesse 1991)

Modeli podataka i različiti stupnjevi interesa korisnika prema njima i nekretninama i ovdje su uzrokovali prilično različite softversko-hardverske osnove. Danas je katastar u cijeloj državi digitaliziran jer su sva područja nadležnosti završila proces digitalizacije svojih zemljišnih čestica (Dalrymple i dr. 2003). Jedinstvena digitalna baza katastarskih podataka (*engl. Digital Cadastral Database / DCDB*) cijele država nastala je spajanjem pojedinih područnih digitalnih sustava, te njihovim svođenjem na nacionalni referentni datum. Ovaj sustav pokriva otprilike 10.2 milijuna čestica. Točnost koordinata ovog sustava je uglavnom od ± 1 m pa sve do ± 10 -tak metara. U urbanim područjima točnost se često približava i ± 0.1 m. Pristup DCDB omogućen je u većini australskih saveznih država putem WWW usluga, a onaj u Victorii prikazan je na (Slika 11). Iako ovim putem nije moguće neposredno prikupljati geometrijske podatke (koordinate) prikazano sučelje omogućava mjerenje linearnih veličina iz prikazanih podataka.



Slika 11. Katastarski WWW portal u australskoj državi Victoria (URL8)

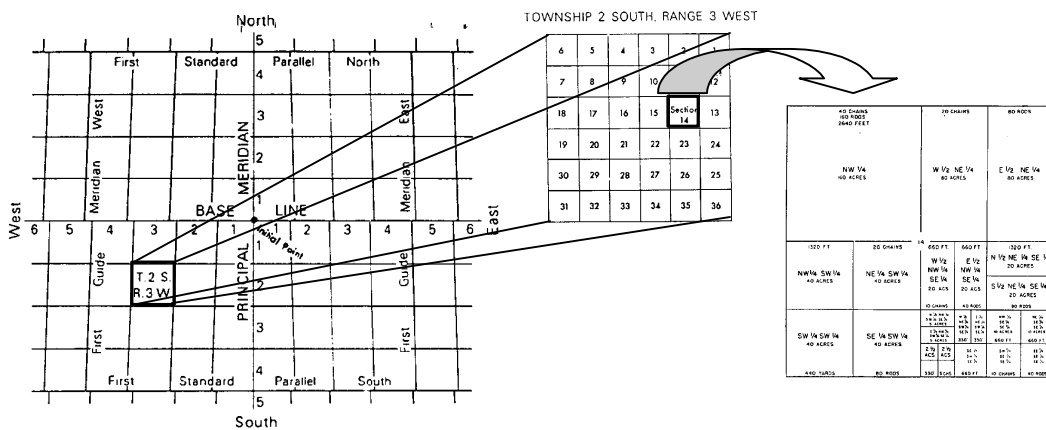
Australski sustav za upravljanje podacima o nekretninama je u cijelosti temeljen na digitalnim tehnologijama. Iako zbog svojih posebnosti dugo nije imao potpuni i jedinstveni skup prostornih podataka (katastarski plan), potrebe suvremenog

društva su ga ipak odvele u tom smjeru. Sustav je osmišljen tako da svaka nova i točnija izmjera popravija kvalitetu postojećih podataka.

2.3.4. Register of Deeds - SAD

Naredbom o zemlji (*engl. the Land Ordinance*) iz 1785. godine uspostavljen je pravokutni referentni sustav izmjere zemljišta, detaljno opisan u (Ročić i dr. 1999), a nazvan Javni sustav izmjere zemljišta (*engl. Public Land Survey System / PLSS*). Svrha ovoga nije bila naplata poreza, Kongres nije imao ovlasti nametati poreze, već prodaja zemlje kako bi se platili dugovi nastali ratom protiv Engleske (Moeller 1990). Tijekom vremena su razna ministarstva i agencije bile zadužene za upravljanje državnim zemljištem, da bi 1946. godine bio osnovan Ured za upravljanje zemljištem (*engl. Bureau of Land Management / BLM*). Tek je 1976. godine Kongres donio saveznu uredbu o ujedinjavanju zakona o upravljanju zemljištem kojom je svrha BLM-a promijenjena iz raspolaganja državnim zemljištem u upravljanje i zaštitu (Buhler i Racette 2002). Upravljanje podacima o zemlji u privatnom vlasništvu ili u vlasništvu lokalne uprave u potpunosti je prepušteno lokalnim vlastima.

Općenito gledano postupak izmjere temelji se na određivanju udaljenosti promatranog zemljišta od glavnog meridijana (*engl. principal meridian*) i osnovne linije (*engl. base line*). Glavne prostorne jedinice su township, section i lot (Slika 12). Detaljni opis ovog sustava dan je u (BLM 1973) zajedno s iscrpnim uputama o metodama i postupcima prilikom izmjere.



Slika 12. Podjela na prostorne jedinice PLSS sustava

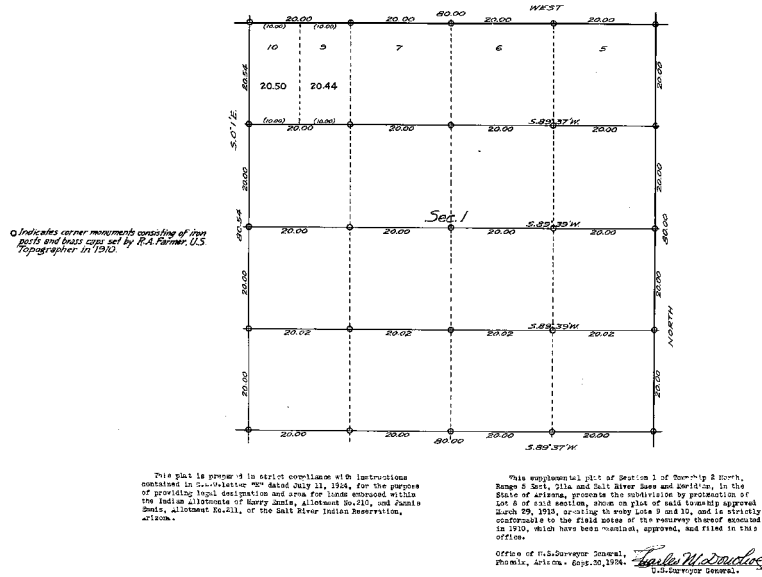
Podaci prikupljeni prilikom izmjere bilježe na skicu (*engl. plat*) (Slika 13) i terenske bilješke (*engl. field notes*).

Supplemental Plat of Sec. 1, Township 2 North, Range 5 East, G. & S. R. Base & Meridian, Arizona.
All within the Salt River Indian Reservation.

30077

Scale: 1 inch = 10 chains

OFFICIALLY FILED 10-29-1924



Slika 13. Skica izmjere u PLSS sustavu

Pravni dio sustava za upravljanje nekretninama u SAD vuče korijene iz engleskog običajnog prava. No SAD, odnosno pojedine države koje ih čine, su u svojoj relativno kratkoj povijesti prošle puno burnih, ratnih i prevratnih vremena i događaja. Iz tog razloga ima u SAD različitih sustava za upravljanje podacima o nekretninama gotovo koliko i saveznih država. Svima je ipak zajedničko načelo registriranja isprave prilikom transakcije koja na neki način uključuje nekretninu. To, kao i u ostalim sličnim sustavima, znači da je prilikom promjene prava, ograničenja ili nosioca prava na nekretnini potrebna stručna mukotrpa i financijski iscrpljujuća analiza njene pravovaljanosti. U nekim državama zakon zahtjeva traženje barem 60 godina «u natrag», u nekim sve do izvorne vladine isprave, itd.

Iako je u 21 saveznoj državi bilo pokušaja da se uvede značajno učinkovitiji, jednostavniji i sigurniji Torrensov sustav registracije naslova, skoro svi su propali. Glavni razlog tome su najvjerojatnije prilično veliki početni troškovi koji bi nastali prilikom provođenja velike količine nakupljenih isprava. Dakako da su se tome žestoko protivili i oni koji dobro zarađuju u trenutnom sustavu, prvenstveno odvjetnici.

Kako sami sustavi tako i digitalni modeli podataka, njihova kvaliteta i ažurnost u pojedinim je državama SAD različita. U BLM uredu Arizone moguće je putem WWW-a preuzimati skanirane terenske podatke o izmjeri (Slika 14).

The image shows two side-by-side screenshots from a web browser. The left screenshot displays a directory listing for the URL <http://www.blm.gov/info/2005/survey/>. The listing contains a table with columns for Name, Size, and Last Modified. Below the table are links for Statewide Links, Search, Home, and Contact Us, and contact information for the Bureau of Land Management.

Name	Size	Last Modified
Az14600000050e0-00011.d	92144	21-Mar-01
Az14600000050e0-00012.d	101264	21-Mar-01
Az14600000050e0-00013.d	236112	21-Mar-01
Az14600000050e0-00014.d	157728	21-Mar-01
Az14600000050e0-00015.d	288432	21-Mar-01
Az14600000050e0-00016.d	479112	21-Mar-01
Az14600000050e0-00017.d	45360	21-Mar-01
Az14600000050e0-00018.d	77640	21-Mar-01
Az14600000050e0-00019.d	63004	21-Mar-01
Az14600000050e0-00020.d	168700	21-Mar-01
Az14600000050e0-00111.d	71512	21-Mar-01
Az14600000050e0-00112.d	89976	21-Mar-01
Az14600000050e0-00113.d	58384	21-Mar-01
Az14600000050e0-00114.d	99360	21-Mar-01
Az14600000050e0-00115.d	53276	21-Mar-01
Az14600000050e0-00116.d	47972	21-Mar-01
Az14600000050e0-00117.d	63612	21-Mar-01

The right screenshot shows a 'Supplemental Plat of Sec 23 Township 2 North Range 5 East G.S.R Base & Meridian Arizona All within the Salt River Indian Reservation'. The map includes a grid, a winding road, and various survey points and bearings. The scale is 1 inch = 10 chains.

Slika 14. Pristup podacima izmjere putem WWW-a (URL9)

Kako bi ipak bilo moguće razmjenjivati i zajednički razvijati katastarske podatke te obavljati njihove analize na saveznoj razini oformljeno je u okviru FGDC (engl. *Federal Geographic Data Committee*) povjerenstvo za izradu standarda sadržaja katastarskih podataka (engl. *Cadastral Data Content Standard*). Povjerenstvo je sastavljeno od predstavnika svih zainteresiranih ministarstava i drugih tijela državne uprave.

3. Prostorni podaci

Nedostatak relevantne literature s ovog područja na Hrvatskom jeziku uvjetuje potrebu za kratkom analizom terminologije korištene u stranoj literaturi, s najviše zastupljenih govornih područja, Engleskog i Njemačkog.

Tako (Bill i Fritsch 1994) pod cjelovitom strukturom prostornog objekta podrazumijevaju tro-razinsku hijerarhiju (*njem. Dreiebene-Hierarchie*), gdje najniža razina sadržava metriku određenu koordinatama, srednja preuzima topologiju, a najviša razina određuje njegovo semantičko značenje. Općenitija podjela je na dva glavna vida i to tematski (opisni, atributni) i geometrijski. Nadalje (Bartelme 2000) koristi pojam (*njem. Geoinformation*) koji nastaje specijalizacijom pojma informacija s mjesnim, položajnim, prostornim i vremenskim karakteristikama. Podaci su kod njega općenito slabije strukturirana niža razina informacija.

U okviru engleskog govornog područja za prostorne se podatke koristi nekoliko sinonima: (*engl. geographic data, spatially related data, spatial data, geospatial information*). Zajedno s terminologijom razlikuju se donekle i pojedina tumačenja odnosno definicije prostornih podataka. Prema (OGC 1999c) (*engl. geospatial information*) je sve ono o čemu možemo nešto saznati gledanjem na zemljopisne karte. Prema (OGC 2001a) (*engl. geospatial information*) je informacija koja se tiče fenomena (pojave) implicitno ili eksplicitno povezane s položajem u odnosu na Zemlju. Posebnu usporedbu svih navedenih engleskih pojmova daju (Longley i dr. 2001) gdje daju prednost (*engl. geographic*) pred (*engl. geospatial*) kada se podaci odnose na Zemlju ili njezinu blizinu, a (*engl. spatial*) kada je riječ općenito o prostornim podacima.

Važan pojam iz engleskog govornog područja je obilježje (*engl. feature*), a koriste ga svi autori. Prema (OGC 2001a) obilježje (*engl. feature*) je apstrakcija fenomena (pojave, objekta) iz stvarnog svijeta. Ova definicija preuzeta je iz ISO 19107 norme. Obilježje može biti i ne-prostorno, a prostornim obilježjem (*engl. spatial feature*) možemo nazvati ono kojem barem jedno svojstvo ima geometrijsku vrijednost. Definicija (*engl. feature*) prema (Longley i dr. 2001) kaže da je to zemljopisni entitet kodiran vektorskim podacima.

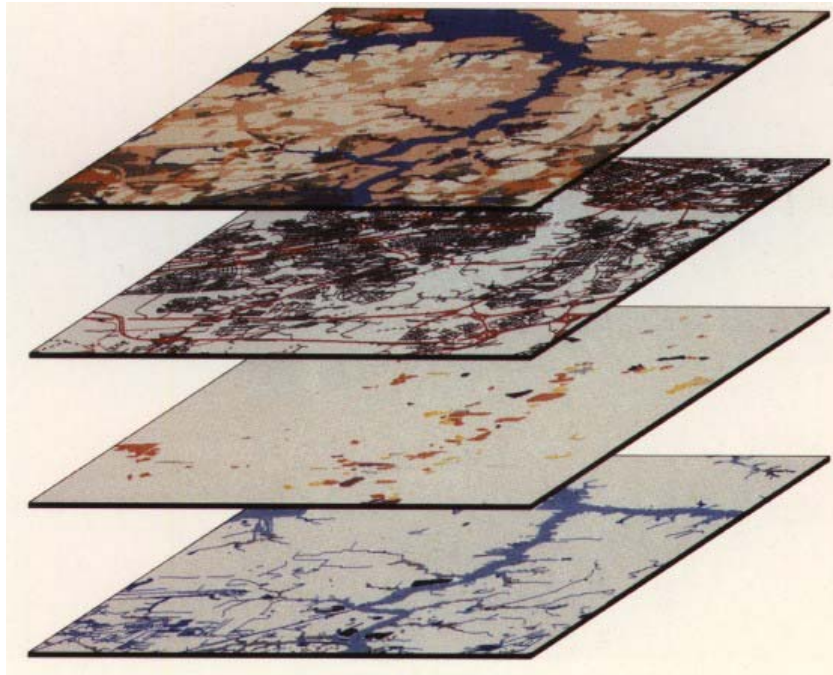
Često je korišten i pojam (*engl. spatial object*) što prema (OGC 2001a) znači objekt korišten za predstavljanje prostorne karakteristike (značajke) (*engl. feature*). Izostavivši eksplicitnu definiciju (Maguire i dr. 1991) spominju kako (*engl. spatial object*) ima položaj i svojstva.

3.1. Vrste prostornih podataka

Dva su općenita pogleda na prostorne podatke ovisno o tome jesu li primarna njihova svojstva ili položaj. Obzirom na unutarnju predstavu i strukturu podataka potrebnu za implementaciju tih dvaju pogleda možemo reći da postoje dvije vrste modela prostornih podataka, i to rasterski i vektorski. U stručnoj literaturi moguće je naći i sinonime površinski (arealni) model i linijski (linearni) model za rasterske i vektorske podatke (Bartelme 2000). Ovo dolazi od bolje prilagođenosti pojedinog modela prikazu pretežito površinskih odnosno linijskih obilježja prostornih objekata. Kod literature s engleskog govornog područja spominju se (*engl. object*)

za vektorski i (*engl. field*) za rasterski model (Shekhar i Chawla 2003, UCGIS 2003). Modeliranje prema vrsti mozaiciranja (podjele) (*engl. tessellation*) prostora na pravilne i nepravilne dijelove nalazimo kod (Maguire i dr. 1991).

Sustavi podijele prostora na pravokutne ćelije (*engl. cell*) pravilnog oblika i veličine zovu se rasterski sustavi. Geometrijski element odnosno najmanji razlučivi dio prostora rasterskog sustava najčešće se zove piksel (*pixel = engl. picture element*). Informacijski sustavi koji koriste rasterski prikaz podataka najčešće su temeljeni na slojnom načinu modeliranja (Slika 15).



Slika 15. Slojni način modeliranja rasterskih podataka

Svakoj je ćeliji pojedinog sloja pridružena određena atributna vrijednost. Geometrijska odnosno položajna koincidencija ćelija iz različitih tematskih slojeva posebno olakšava izvođenje analiza kombiniranjem njihovih vrijednosti korištenjem različitih matematičkih i drugih operacija.

Zbog svoje prirode rasterski su podaci pogotovo pogodni za prikazivanje prirodnih pojava kod kojih granice nisu strogo određene, a potreban je prikaz, odnosno mogućnost analize na većem području u sitnijem mjerilu. Ovdje je dakle prvenstveno zanimanje poklonjeno obilježju, dok je njegova položajna točnost u drugom planu.

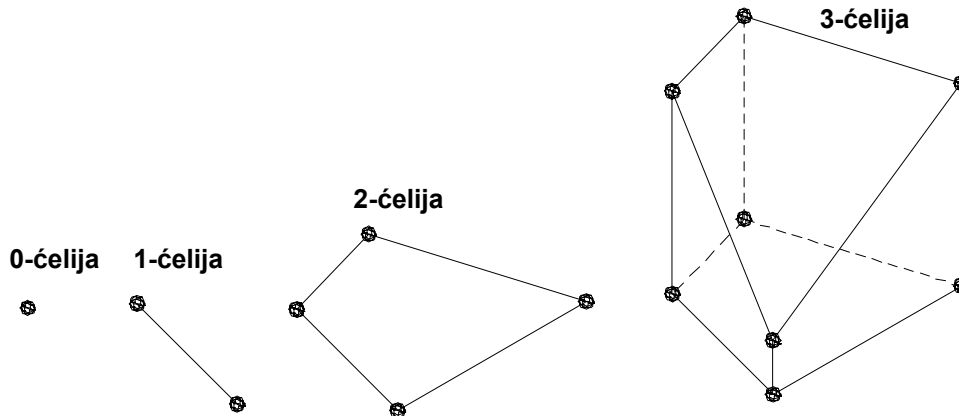
Drugi pristup podijeli prostora je onaj kojem primarna briga nije obilježje već položaj, a prostor je podijeljen na nepravilne dijelove. Sustavi temeljeni na ovakvom pristupu zovu se vektorski.

U ranim CAD sustavima ovaj je model bio implementiran kao jednostavan skup točaka i linija bez uvođenja topoloških zakonitosti, a zove se špageti (*engl. spaghetti*) model. Linije su u njemu bile jednostavno linije te su presjeci bili izvođeni iz njihovih koordinata. Točke su predstavljale centroide čije su se granice matematički intenzivnim operacijama morale izvlačiti iz skupa okolnih linija, a

tematski su podaci modelirani slojno. Ovakvi su se sustavi uglavnom koristili za računalnu izradu analognih prikaza zbog tek rudimentarne GIS funkcionalnosti.

Proširenje «špageti» modela ostvarivo je povezivanjem s vanjskim bazama podataka pomoću identifikatora u njegovu prostornom dijelu čime se donekle proširuju mogućnosti njihove analize.

Za razliku od ranih vektorskih i rasterskih modela, osnovni dijelovi odnosno ćelije moderno modeliranih prostornih podataka razlikuju se prema dimenzijama (Slika 16).



Slika 16. Ćelije prema dimenzijama

Svaka je ćelija ograničena ćelijama niže dimenzije te je istodobno i granica (*engl. boundary*) neke ćelije više dimenzije. Tako je linija ograničena točkama, ali je i granica neke površine.

Važno svojstvo vektorskog modela je uključivanje topoloških odnosa. Time je ostvaren «puni topološki model» (kod rasterskih modela, topologija postoji ali u implicitnom obliku). Time se postiže «svijest» pojedine ćelije o njezinim susjedima, te nadalje otvara mogućnost ispitivanja korektnosti podataka kontroliranjem topoloških uvjeta i zakonitosti.

Razlika između dvaju modela ogleda se i u prostornoj razlučivosti, koja je kod rasterskih u načelu više redova veličine manja u odnosu na vektorske. Proporcionalno razlučivosti raste i količina podataka pa u nekom dijelu modela treba uvesti povećani stupanj uopćenja prostornog objekta. Ovo najčešće nastupa kroz uopćenje atributnih vrijednosti pogotovo površinskih objekata.

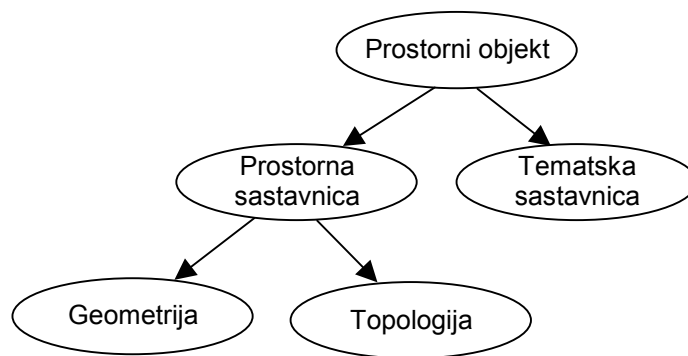
3.2. Struktura vektorskog modela podataka

Iako se u jednom dijelu oslanjaju i na rasterski model prostornih podataka katastarski su podaci tradicionalno okrenuti vektorskom modelu. Razlog tome leži u prethodno opisanoj prirodi vektorskog modela koji je prikladniji za modeliranje objekata s manjim brojem svojstava uz naglasak na položaj.

Iako se to, nešto uopćenije može reći i za rasterski, prvenstveno vektorski model prostornog podatka, sastoji se od dvije sastavnice, prostorne i opisne. Osnova prostorne sastavnice je geometrija koja sadrži metričke podatke najčešće dane

koordinatama u nekom referentnom sustavu. No poznavanje položaja karakterističnih točaka nekog objekta ne određuje jednoznačno i njegov izgled. Tek uvođenjem odnosa između njih moguće je steći točan uvid u oblik promatranog objekta, a to je kod prostornih podataka sadržano upravo u topologiji.

Geometrija i topologija jednoznačno određuju oblik, veličinu i položaj modela objekta u prostoru, odnosno oni čine njegovu prostornu sastavnicu. Spajanjem prostorne, s opisnom odnosno atributnom sastavnicom dobivamo potpuno određen objekt iz stvarnog svijeta (Slika 17). U prethodnoj rečenici treba svakako voditi računa da je objekt potpuno određen razmjerno na model podataka, odnosno stupanj uopćenja, koji je u konkretnom slučaju prihvaćen.

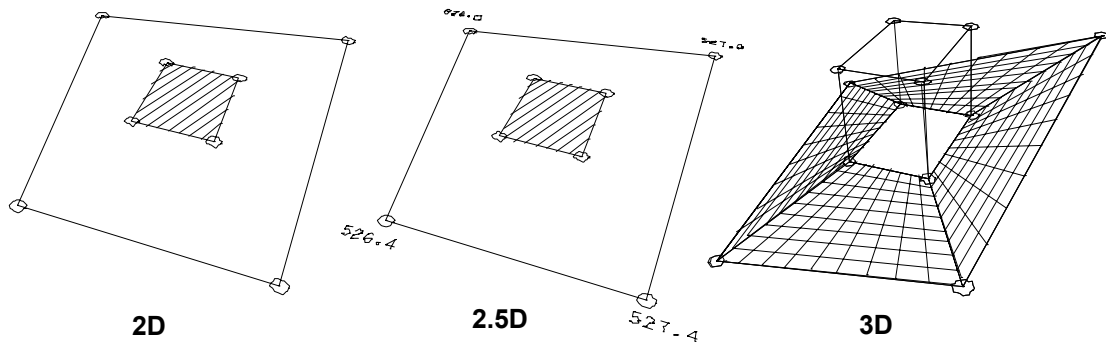


Slika 17. Struktura prostornog objekta

Opisane sastavnice jednako su važne i izdvajanjem bilo koje iz cjeline prostornog objekta, narušava se njegova cjelovitost, a nepotpun podatak može navesti na pogrešne zaključke o njegovoj prirodi. Isto tako svaka od sastavnica prostornog podatka ima različite posebnosti i ponaša se prema drugim pravilima.

3.2.1. Prostorna sastavnica

Geometrija prostornih objekata određena je oblikom i relativnim položajem njegovih karakterističnih točaka. Najčešći oblik određivanja položaja tih točaka jesu koordinate u izabranom referentnom sustavu (pravokutnom, polarnom, ...). Važno svojstvo geometrijskih podataka je njihova dimenzionalnost. Imamo li tako geometrijske podatke u ravnini govorimo o 2D podacima. Dodamo li tim podacima kao atribut i visinu u odnosu na referentnu plohu baratamo s 2.5D podacima (Slika 18). 3D podaci su određeni prostornim koordinatama u promatranom koordinatnom sustavu, a dodamo li im još i vremenski sastavnicu dobivamo 4D podatke.

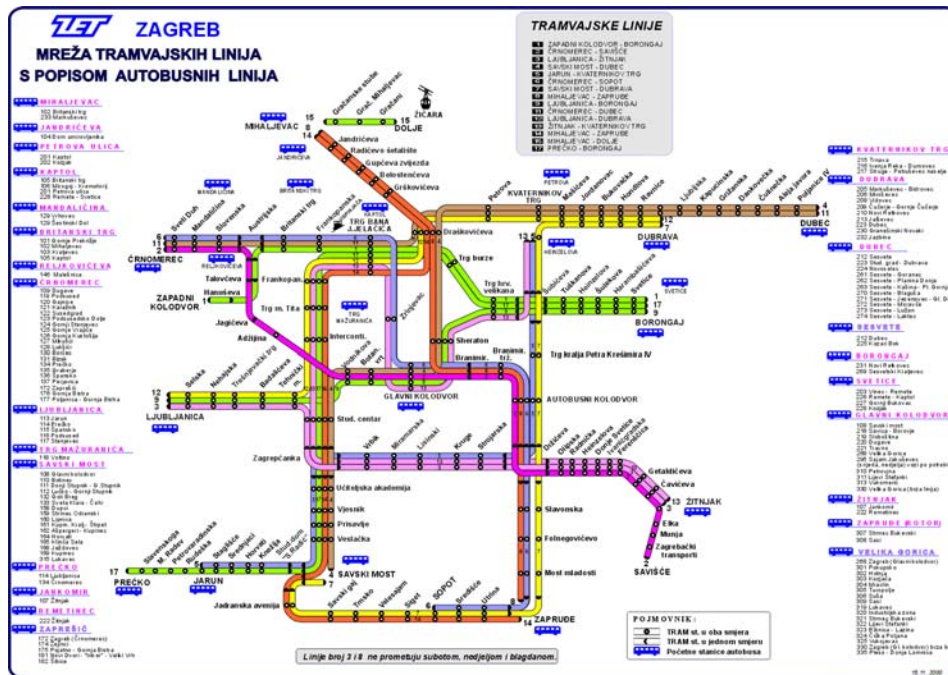


Slika 18. Vrste geometrijskih podataka obzirom na dimenzionalnost

U vektorskom je modelu točka nosilac geometrijske informacije, a sve se ostale više strukture (linije, plohe) grade temeljem točaka. Iz koordinata točke moguće je nadalje izvoditi metričke podatke o tim strukturama kao duljina linije i površina plohe. Održavanje jednoznačnosti modela uvjetovano je zahtjevom da na jednom mjestu u prostoru može postojati samo jedna točka. Ovo je isto tako i jedan od preduvjeta za uspostavu topološke jedinstvenosti (integriteta). Točka se u topološkom smislu naziva čvor (*engl. node, njem. Knoten*). Važno je naglasiti da nije moguće niti potrebno zahtijevati obrnutu jednoznačnost čvora i njegova položaja. Zamisliv slučaj je primjerice upravljanje tehničkim i pravnim koordinatama međnih točaka čestica.

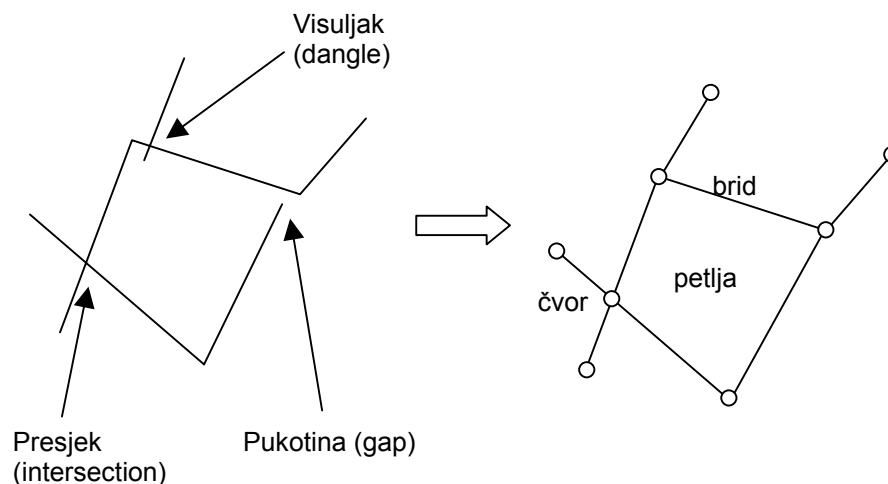
Slijedeći stupanj u strukturi vektorskog modela nastaje povezivanjem točaka u linijske strukture koje se u topologiji nazivaju rubovi ili bridovi (*engl. edges, njem. Kanten*). Povezivanjem čvorova u bridove uspostavlja se među njima jednoznačni topološki odnos koji u geometrijskom smislu može imati različite oblike. Bila spomenuta veza između čvorova pravocrtna ili zakrivljena, ostaju one u topološkom smislu na isti način povezane. Porijeklo opisane tzv. brid-čvor strukture je teorija grafova.

Dobar primjer topološkog strukturiranja podataka je pregledna karta javnog gradskog prijevoza (Slika 19). Na njoj je u drugom planu geometrijska točnost položaja pojedinih tramvajskih stanica (ipak barem djelomično očuvana zbog bolje preglednosti), a naglasak je potpuno na predstavi informacija o njihovoj povezanosti. Stanice su u ovom slučaju čvorovi, koje su povezane tramvajskim linijama koje pak predstavljaju bridove.



Slika 19. Pregledna karta tramvajskih linija u Zagrebu

U krajnjem slučaju se i brid-čvor strukturi pridružuju metrička svojstva odnosno svakom se čvoru određuje položaj u prostoru. Ovdje je sasvim smisleno, s geometrijskom jednoznačnošću u vidu, zahtijevati da se na jednom mjestu u prostoru može nalaziti samo jedan čvor. Dakako analogija s bridovima je sasvim logičan slijedeći korak, dakle na jednom se mjestu u prostoru može nalaziti samo jedan brid. Konačno ograničenje ne dozvoljava križanje bridova odnosno uvjetuje uvođenje čvora na križanju dvaju bridova (Slika 20). Poštovanjem navedenog uvelike je pojednostavljeno obavljanje daljnjih radnji nad podacima, a za one koji ne ispunjavaju navedene uvjete često se koristi naziv špageti (*engl. spaghetti*).

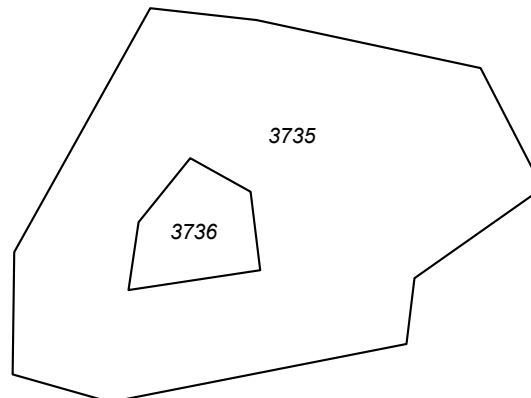


Slika 20. Špageti i topološki strukturirani podaci

Najčešće (iako ne uvijek) manje su zanimljivi čisto linijski strukturirani podaci već ćemo njihovim korištenjem i smislenim povezivanjem doći do površina odnosno ploha. Plohe su u vektorskom modelu određene svojim rubom odnosno rubnim

poligonom koji je linijske strukture. Iako samo implicitno, plohe su dakle određene brid-čvor strukturiranim podacima. U nekim je slučajevima tako moguće na pitanja o plohama odgovoriti analizirajući njihov rubni poligon.

Stvari se donekle kompliciraju uvođenjem mogućnosti pojave površina koje nisu u cijelosti ispunjene već sadrže tzv. otoke. (*engl. islands, njem. Aussparungen*). Takvi su slučajevi česti, a samo jedan od primjera je veća katastarska čestica u okviru koje je u cijelosti sadržana neka manja (Slika 21). Prirodno je da kod ovakvih slučajeva želimo odvojeno promatrati i analizirati svaku od površina, te biti u stanju izdvojiti manju iz one veće.



Slika 21. Površina s otokom

Površina je sada sastavljena od vanjskog i mogućih unutarnjih rubnih poligona koje ovdje nazivamo prsteni. Kako za vanjski tako i za eventualne unutarnje prstene važi da moraju biti zatvoreni, odnosno moraju topološki biti ekvivalentni krugu. Kako bi se razlikovala od u uobičajenom govoru korištenog pojma za geometrijsku strukturu ona se u topološkom smislu naziva petlja ili strana (*engl. face, njem. Masche*). U daljnjem tekstu biti će korištena riječ petlja koja se autoru čini prikladnijom.

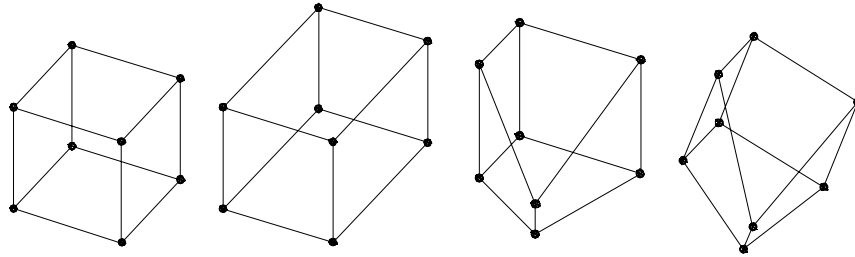
Ovim određena petlja-brid-čvor struktura ograničena je nadalje nekim uvjetima:

- svaki je brid ograničen točno dvama čvorovima (početak-kraj),
- u svakom čvoru može počinjati odnosno završavati više bridova,
- svaki brid ima jednu lijevu i jednu desnu petlju (u odnosu na smjer početak-kraj),
- svaka je petlja ograničena jednim vanjskim, te eventualnim jednim ili više unutarnjih prstena.

3.2.1.1 Topologija

Veoma važna grana matematike koja se bavi proučavanjem jednog podskupa prostornih odnosa zove se topologija. Najvažnija značajka tih je odnosa nepromjenjivost prilikom primjene topoloških transformacija kao što su translacija, rotacija, promjena mjerila itd. (Slika 22) koje mijenjaju geometriju. Za obavljanje bilo kakvih analiza na prostornim objektima korištenjem GIS alata potrebno je dobro poznavati posebno topološke odnose između njih. Bitno je još jednom

ponoviti da se topologija bavi samo nemetričkim prostorom, dakle metričke vrijednosti (koordinate, duljine, kutovi, ...) nisu u okviru topologije razmatrani. Pregled topološke strukture prostornih podataka može se naći u svakoj ozbiljnijoj knjizi koja ih opisuje, a za detaljniji uvod u topologiju s teorijom grafova i strukturiranjem podataka pogledati (De Floriani i dr. 1995, Bill i Fritsch 1994).



Slika 22. Rezultati topoloških transformacija

Popularizacijom GIS-a pojavila se izražena potreba za određivanje postupaka i metoda za drugačije određivanje topoloških odnosa među prostornim objektima. Iako se pojavljuju i ideje za neke više ili manje modele, još uvijek je aktualan, i u mnogo GIS sustava implementiran, model četiri presjeka (*engl. 4-intersection*) ili njegovo proširenje model devet presjeka (*engl. 9-intersection model*) koji je usvojen od strane Open GIS Consortium OGC (OGC 1999a).

Jednoznačno određivanje topoloških odnosa između dijelova prostorne baze podataka najvažniji je preduvjet koji je potrebno ispuniti želimo li je dovesti u stanje položajne konzistencije. Potrebno je dakle, automatizirati procese i postupke za određivanje topoloških odnosa između točaka, linija i površina, odnosno njihovih topoloških ekvivalenata čvorova, bridova i petlja.

Problem nekonzistentnosti podataka pojavljuje se primjenom metoda njihove automatske obrade. Obradujemo li grupu prostornih podataka manualno, iskustveno znamo kojim se oni zakonitostima moraju pokoravati. To u sprezi s značajnom osjetljivošću ljudskog oka na otkrivanje geometrijskih odstupanja čini stručnjaka teško zamjenjivim dijelom ekspertnog sustava.

Želimo li ga djelomično ili čak u cijelosti zamijeniti računalnom hardversko-softverskom platformom, ona mora biti u stanju otkriti i ispraviti sve što je mogao i stručnjak.

3.2.1.2 Klasifikacija topoloških odnosa

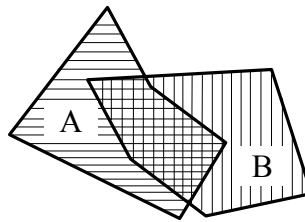
Razvoj matematičke teorije kategorizacije odnosa među prostornim objektima prepoznat je 1980-ih kao važan korak ka svladavanju različitosti i nepotpunosti prostornih odnosa kroz različite informacijske sustave. Istraživanja su temeljena na općenitim topološkim zakonitostima i načelima, a odnosi između topoloških primitiva korišteni su kao osnovni mehanizam istraživanja situacija u kojima se mogu naći prostorni objekti. Osnovni kriterij bio je ispitivanje stanja prazno / ne-prazno presjeka između primitiva.

Prva ideja temeljila se na usporedbi granica i unutrašnjosti dvaju prostornih objekata, a model koji je proizvela naziva se 4-presjeka. Ovaj je model binarnih

topoloških odnosa temeljen na presjecima granica (*engl. boundary*) i unutrašnjost (*engl. interior*) dvaju skupova točaka u topološkom prostoru uzimajući u obzir nepromjenjivost sadržaja (prazan / ne-prazan) njihovih presjeka (Egenhofer 1989, Egenhofer i Franzosa 1995, Maguire i dr. 1991).

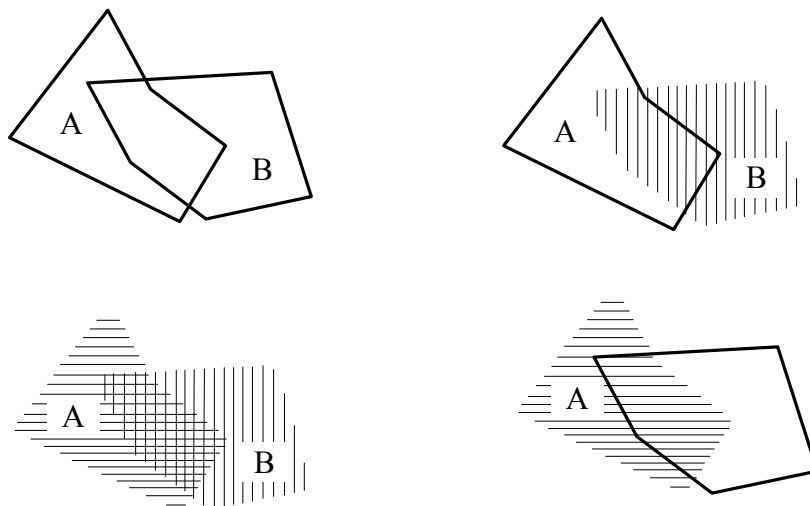
Temeljna je ideja ove metode razdijeliti svaki topološki element A , bez obzira radilo se o čvoru, bridu ili petlji, na njegovu granicu A^g i unutrašnjost A^u .

Kako bi ukratko razložili temelje ovog modela razmotrimo prvo odnos između dvaju objekata A i B koji bi uobičajenim govorom nazvali preklapanje (Slika 23). Svaki od objekata je sastavljen od granice i unutrašnjosti koje možemo promatrati kao odvojene cjeline.



Slika 23. Dva objekta koji se preklapaju

Temeljem toga uočavaju se četiri odnosa promatranih objekata i to dva između istovrsnih (granica – granica i unutrašnjost – unutrašnjost) i dva između različitih dijelova promatranih objekata (Slika 24). Vrijednost svakog od njih može biti samo prazan (0) ili ne-prazan (1).



Slika 24. Usporedbe granica i unutrašnjosti dvaju objekata

Ovo se može pisati kao:

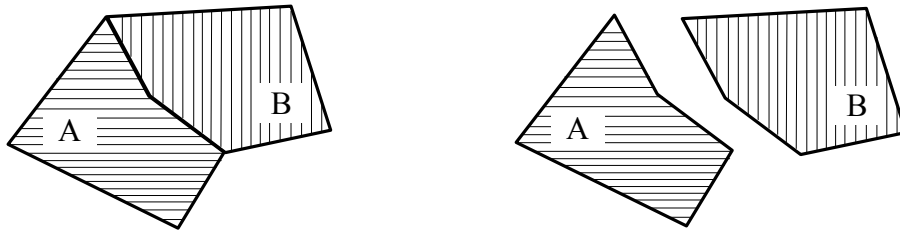
$$A^g \cap B^g$$

$$A^g \cap B^u$$

$$A^u \cap B^u$$

$$A^u \cap B^g$$

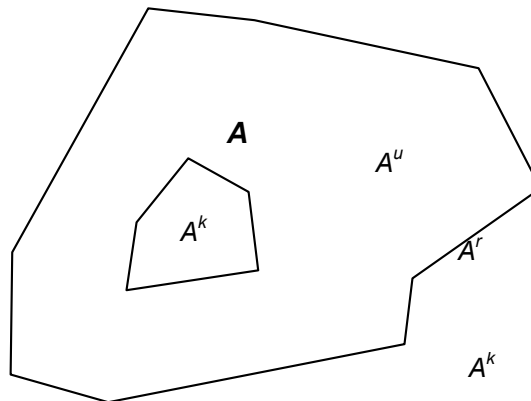
Nadalje dva objekta mogu biti susjedni, odnosno dodirivati se u barem jednoj točki, ili mogu ne biti susjedni odnosno ne imati barem jednu zajedničku točku (Slika 25).



Slika 25. Susjedni i razdvojeni objekti

Nevezano koji se od slučajeva odnosa među objektima pojavio uvijek je moguće izvući određene zaključke o njihovu odnosu uspoređujući njihove granice i unutrašnjosti. Ipak broj kombinacija ($2^4=16$) koje je ovom metodom moguće dobiti nije dostatan za opisivanje svih mogućih međusobnih odnosa dvaju prostornih objekata.

Zato je u razmatranje mogućih situacija uveden i treći činilac i to sve ono što nije promatrani element, dakle njegov komplement A^k , a ovaj je model nazvan 9-presjeka. Kod petlje su tri komponente očigledne, unutrašnjost petlje, prsten i eventualni otoci te sav ostali vanjski prostor (Slika 26).



Slika 26. Topološke komponente petlje

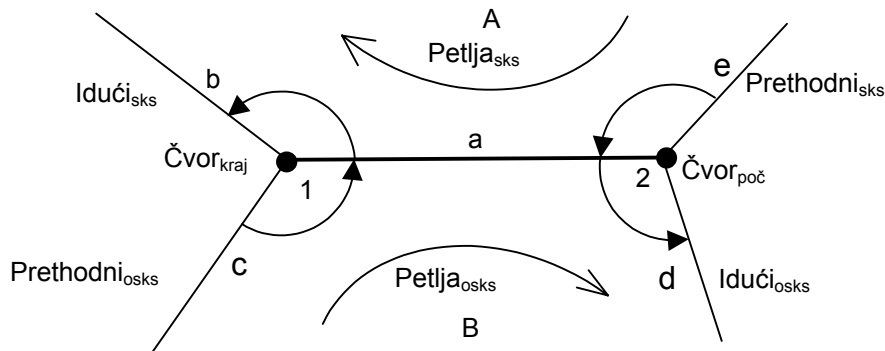
Slično tome je «granica» brida određen dvama čvorovima, a njegovu «unutrašnjost» čine sve točke na njemu osim početnog i krajnjeg čvora, dok je komplement dopuna ovog na cjelokupni prostor, u ovom slučaju ravninu. U slučaju čvora su «granica» i «unutrašnjost» zajednički, a komplement je ravnina s izuzetkom proizvoljno male rupe koju zauzima čvor.

Analogno modelu 4-presjeka, ovdje je broj mogućih kombinacija $2^9=512$, dakle značajno veći. Iako sve kombinacije nisu moguće u stvarnosti, ovo ga čini moćnijim u odnosu na prethodno opisani. Premda ni ovaj model i njegova proširenja (Chen i dr. 1998, Clementini i dr. 1993, Billen i dr. 2002) ne daju odgovore na sva pitanja koja se mogu pojaviti prilikom proučavanja odnosa između prostornih objekata, trenutačno nepostojanje dobro razrađenog cjelovitijeg modela čini ga često najboljim kompromisom.

3.2.1.3 Strukturiranje topoloških podataka

Iako čvor i petlje mogu biti osnova strukture topoloških podataka ipak je to najčešće brid. Jedna od najstarijih i posebno u čvrstom modeliranju (*engl. solid modeling*) često primijenjena metoda strukturiranja topoloških podataka je krilati brid (*engl. winged edge*) koju je 1975. godine razvio B. Baumgart. Njegovo djelomično proširenje je i potpuni krilati brid (*engl. full winged edge*) (Rottensteiner 2001, Kettner 1998, URL2, URL3).

Kod ove je strukture dakle, brid temeljni nosilac podataka, kako o sebi tako i o svojoj okolini. Svaki brid sadrži podatak o svojem početnom ($\check{C}vor_{po\check{c}}$) i krajnjem ($\check{C}vor_{kraj}$) čvoru. Svaki brid sadrži također podatak o svoje dvije susjedne petlje. Kako je u susjednim petljama koje dijele brid on suprotno orijentiran određeno je u kojoj je njegova orijentacija obrnuto od smjera kazaljke na satu ($Petlja_{osks}$), a u kojoj u smjeru kazaljke na satu ($Petlja_{sks}$). Informacija o prethodnom i slijedećem bridu u obje njegove petlje također je sadržana u opisu pojedinog brida. Tako su za petlju orijentacije u smjeru kazaljke na satu prethodni ($Prethodni_{sks}$), a slijedeći ($Slijedeći_{sks}$). Analogno vrijedi i za drugu petlju (Slika 27).



Slika 27. Brid u potpunoj strukturi krilatog brida

Uzmimo, radi jednostavnosti pisanja, da se smjer kazaljke na satu označava kao pozitivan (+), a obrnuti negativan (-). Ovako strukturirani podaci mogu biti skupljeni u tablicu u kojoj svaki brid predstavlja jedan red sa stupcima koji sadrže pojedinu od navedenih informacija (Tablica 2).

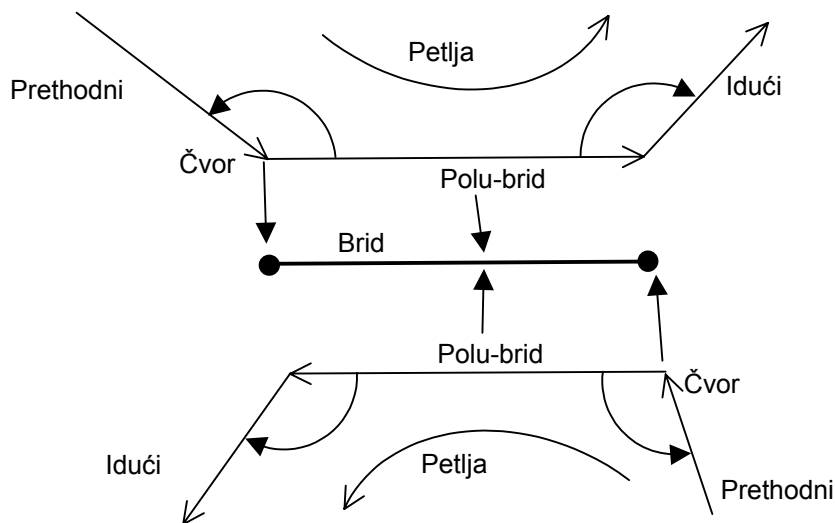
Tablica 2. Podaci o bridu u punoj strukturi krilatog brida

brid	čvor p	čvor k	petlja+	petlja-	idući+	prethodni+	idući-	prethodni-
a	2	1	A	B	b	e	d	c
b	1
...

Za implementaciju ove strukture potrebna je još tablica u kojoj se pohranjuju geometrijski podaci odnosno koordinate čvorova.

Posebna vrsta potpunog krilatog brida je i polu-brid (*engl. half edge*) ili podijeljeni brid (*engl. split edge*), a ponegdje je (starija literatura) moguće naći i naziv D-CEL (*engl. Doubly-Connected Edge List*). Ova topološka struktura opisuje jedan dio petlje. Njeni su dijelovi podatak o roditeljskoj petlji, podatak o početnom čvoru (u

smjeru petlje), podaci o prethodnom i slijedećem polu-bridu, te podatak o svom bridu (Slika 28). Svaki polu-brid je ovdje sadržan u samo jednoj petlji, ima samo jednu orijentaciju koja je suprotna od njegovog suprotnog polu-brida.



Slika 28. Polu-brid struktura

Ovisno o namjeni, implementaciji i zahtjevima moguće je koristiti neku od navedenih struktura, ili njihove podvrste. Nedostatak prve je potreba za određivanjem smjera (u svakom koraku) prilikom obilaska cijelom petljom, što povećava vrijeme potrebno za navedeni postupak. Druga pak struktura zahtijeva nešto više prostora (deset podataka u odnosu na osam kod krilatog-ruba), ali je obilazak jednoznačan, a time i brže izvediv (Kettner 1999).

Osim navedenih često je korištena i četvero-brid struktura (*engl. quad-edge*), posebno za modeliranje 3D ploha (DMR), a usko je povezana s Voronoi dijagramima (Kreveld i dr. 2000, Gold i Mostafavi 2000).

3.2.2. Tematska sastavnica

Kao što je već prije spomenuto osim prostorne, koju čine geometrija i topologija, svaki prostorni objekt ima i tematsku ili opisnu sastavnicu. Dok ova prva prostornom objektu daje oblik, smješta ga u prostoru, te određuje njegove odnose sa susjednim mu objektima, tematska mu sastavnica daje sadržajno značenje.

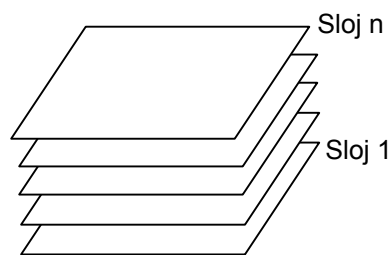
Kao i prostorna i tematska se sastavnica razlikuje prema dimenzionalnosti. Ako je informacijski sustav odnosno njegovi prostorni podaci, obogaćen jednom vrstom tematskih podataka govorimo o tematski jednodimenzionalnom sustavu. Analogno tome broj vrsta tematskih podataka određuje njegovu tematsku dimenzionalnost. U slučaju 0 tematskih podataka informacijski je sustav tematski bezdimenzionalan. Digitalni model reljefa je, u svom najjednostavnijem obliku, čisto geometrijska predstava dijela stvarnog svijeta te je kao takav tematski bezdimenzionalan.

Kao i prostornu sastavnicu prostornog podatka odnosno objekta, potrebno je i tematsku prikladno modelirati. Pod tematskim modeliranjem podrazumijevamo opisivanje, obradu i pohranu tematike prostornog objekta (Bill i Fritsch 1994).

Ovisno o implementaciji i svrsi informacijskog sustava postoje dva općenita načina tematskog modeliranja i to tzv. slojni i model objektnih klasa. Slojni je način modeliranja nastao ranije temeljen na načelima tematske kartografije, te je uglavnom korišten kao alat za njezinu automatizaciju i poboljšanje. Modeliranje objektnim klasama proizvod je trendova informatizacije sustava za upravljanje prostornim podacima, te njihovim brzim razvojem i prihvaćanjem najnovijih tehnologija kako bi zadovoljili zahtjeve koji se pred njih postavljaju.

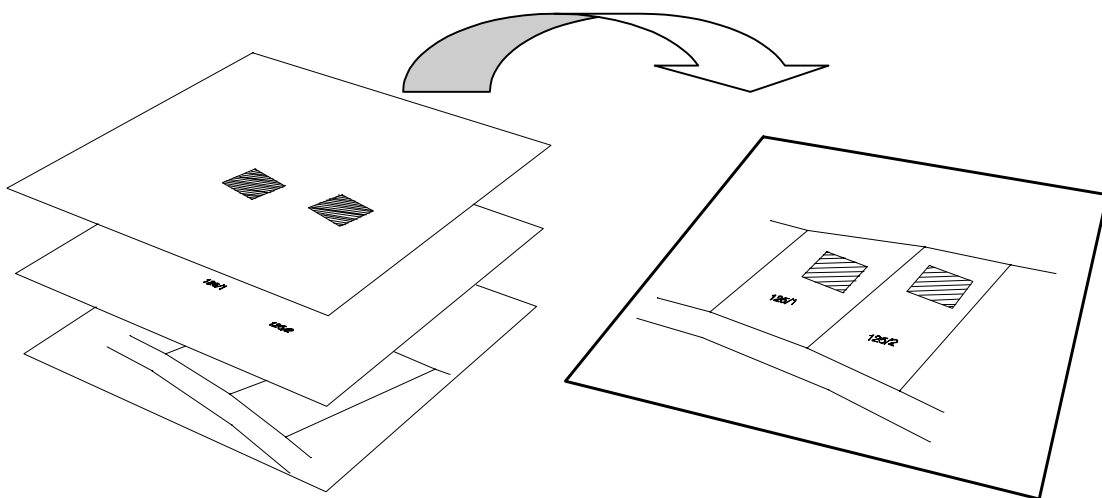
3.2.2.1 Slojni način tematskog modeliranja

Slojni način modeliranja tematike prostornog objekta nastao je prije i to uglavnom temeljem korištenja CAD alata kao jezgre informacijskog sustava. Pojedini sloj (*engl. layer, level*) CAD sustava nosilac je jedne dimenzije opisne sastavnice objekta (Slika 29).



Slika 29. Slojni način tematskog modeliranja

Kod ovog je načina veza između prostorne i opisne sastavnice prostornog objekta ostvarena dodavanjem geometrije, odnosno informacije o položaju, njegovoj opisnoj sastavnici. Zamislimo li tako katastarski plan s prikazanim zgradama i njihovim šrafurama i brojevima, te granicama čestica i njihovim brojevima, svaki bi se od navedenih podataka nalazio na posebnom sloju. Veza između njih, i to samo u svrhu različitih vrsta prikaza, ostvarena je položajem broja čestice unutar čestice, te kućnog broja i šrafure unutar zgrade (Slika 30).



Slika 30. Slojni model katastarskog plana

Tematske se resimbolicizacije kod ovakvih sustava obavljaju kombiniranjem prikazanih i sakrivenih slojeva tematskih podataka uz osnovni geometrijski sloj. Iako se takve kombinacije obavljaju brzo i jednostavno kod ovog je načina modeliranja nemoguće obavljati analize temeljem opisnih podataka.

Nadalje je važno da su tako modelirani prostorni informacijski sustavi opterećeni svim nedostacima koje u tom pogledu pokazuju i CAD alati. Nepostojanje standarda pohrane CAD podataka rezultirao je velikim brojem proizvođačkih (*engl. propriety*) formata čime je uvelike otežana njihova razmjena. Način ostvarivanja veze prostorne i opisne sastavnice podatka određivanjem položaja ovog drugog uvodi u model veliku količinu redundantnih podataka.

Prvi važan činilac koji redundantni podaci imaju na informacijski sustav su dakako njegove performanse. Iako su u današnje vrijeme računalni sustavi hardverski višestruko jači u odnosu na period njihova nastanka i uspostave sustava temeljenih na ovom načinu, također su višestruko povećani i zahtjevi za brzim pristupom podacima. Pitanje performansi je dakle i dalje i te kako prisutno i aktualno.

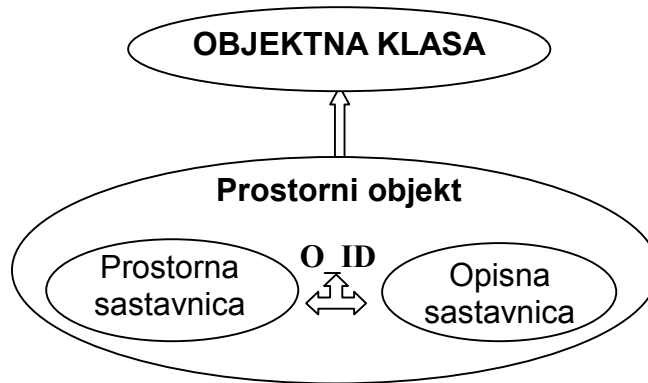
No čak i kada bi se pomirili s ovim prvim, ostaje nam drugi još važniji negativni činilac redundantnih podataka na koncept informacijskog sustava, a to je potencijalno bogato izвориšte nekonzistentnosti. Ograničenja CAD sustava ne dozvoljavaju uvođenje mehanizama koji bi se brinuli o promjenama na vezanim podacima u slučaju promjene na onom osnovnom što ih, uz ovakav način tematskog modeliranja, čini potpuno neprikladnim za bilo kakve informacijske sustave.

3.2.2.2 Tematsko modeliranje objektnim klasama

Prerastanjem raznih prostornih informacijskih sustava iz jednostavnih digitaliziranih baza analognih podataka temeljenih na prilagođenim analognim modelima, te daljnjim razvojem CAD i RDBMS sustava, pojavio se puno složeniji, ali i moćniji način tematskog modeliranja, modeliranje objektnim klasama.

Osnovna je zamisao ovog načina očuvanje cjelovitosti prostornog objekta, te njegovo svrstavanje u jednu ili više objektnih klasa. Objektne klase formirane su u tom slučaju, ovisno o vrsti i namjeni sustava, u hijerarhijskom slijedu čime je omogućena implementacija nasljeđivanja obilježja, kao i ostale prednosti ovog pristupa. Uz izraženu prilagodljivost sustava temeljenih na ovako modeliranim podacima, te njihovu prirodnu tendenciju OODBMS sustavima koji i u području prostornih podataka polako puštaju korijenje, možda je najvažnije njihovo svojstvo odvajanje geometrijske od opisne sastavnice.

Ne ulazeći u objašnjenje tehnologije ostvarivanja veze između prostorne i opisne sastavnice prostornog objekta, važno je ovdje da je ona smisljena. Drugo i još važnije je činjenica da veza nije ostvarena određivanjem položaja atributnog podatka već uvođenjem jedinstvenog identifikatora prostornog objekta (najčešće korištena skraćenica O_ID od (*engl. object identifier*). On jednoznačno povezuje sve dijelove njegova modelom određena podatka odnosno klase koje je konkretni objekt pripadnik (Slika 31).



Slika 31. Definicija prostornog objekta odnosno njegove klase

Ovo je odvajanje vrlo važno svojstvo svih modernih sustava za upravljanje prostornim podacima jer omogućuju smisleno odijeljivanje prostorne i opisne sastavnice. Iako ovdje spomenuto kao dio tematskog modeliranja, objektno modeliranje prostornih podataka jednako je važno i za njihov prostornu sastavnicu, te će detaljnije biti objašnjeno u kasnijim poglavljima.

3.2.3. Vremenska (temporalna) sastavnica

Popularizacijom prostornih baza podataka (SDBMS), koje su detaljno objašnjene u kasnijim poglavljima, sve zanimljivija je postala i vremenska sastavnica prostornih podataka. Jednako kao «gdje se nešto nalazi» logično je postaviti i pitanje «koliko dugo se nalazi» ili «što se nalazilo u tom trenutku u vremenu». Iako je o vremenskoj sastavnici i u analognim sustavima za upravljanje prostornim podacima itekako vođeno računa moderni je sustavi stavljaju na još važnije mjesto stavljanjem svoje velike procesne snage korisniku na raspolaganje. Samo je jedan, iako možda najočitiiji, primjer ovoga pregled stanja katastarskog sustava za određeni trenutak njegove prošlosti (Oosterom 1997, Mortson 2000, Galić i dr. 2003).

Usporedimo li je s prostornom i vremenska dimenzija ima svojevrsnu geometriju. Kao i prostorni ekvivalenti tako i točka (događaj) i interval u vremenskoj dimenziji imaju svoj položaj na vremenskoj osi. Neka ograničenja u odnosu na prostorne dimenzije ipak postoje. Jedno je nemogućnost apsolutnog mjerenja vremena odnosno ograničenost na relativno u odnosu na neki kalendar. Određivanjem kalendara (npr. Gregorijanski) moguće je vremenske odnose mjeriti gotovo jednako kao jednodimenzionalne prostorne. Drugo ograničenje odnosno razlika u odnosu na prostorne dimenzije je jednosmjernost vremenskog toka.

Vremenski se intervali i događaji također odnose jedni prema drugima na različite načine (sadržavanje, nastavljanje, preklapanje,...), pa je i za vremensku dimenziju moguće reći da ima topologiju. Zbog svega navedenog usvojena je i u okviru ISO / TO 211 norma ISO 19108 Temporal Schema. Kroz nju su određena dva vremenska primitiva (*engl. temporal geometric primitives*):

- trenutak (*engl. instant*) i
- razdoblje (*engl. period*).



Za ove je primitive moguće slično kao i za one prostorne odrediti topološke odnose temeljem kojih se kasnije mogu obavljati analize (Wachowicz 1999).

4. Modeliranje podataka

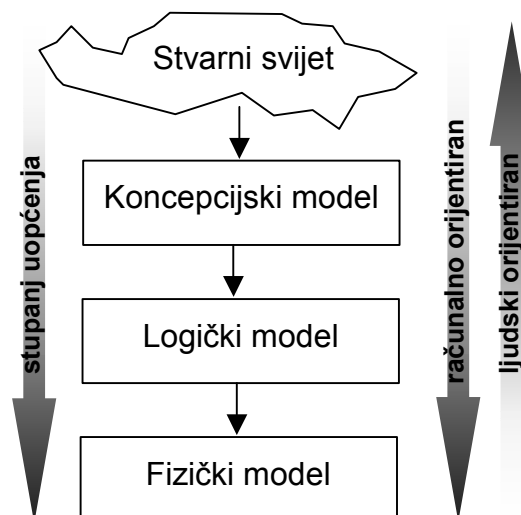
U poglavlju koje opisuje osnove prostornih podataka često je korištena riječ modeliranje i to sa stajališta prostorne domene. Modeliranje kojim se bavi ovo poglavlje drugačije je prirode i odnosi se na prilagodbu podataka (računalnim) sustavima čija je prvenstvena namjena njihovo upravljanje. Prvi su takvi sustavi bili temeljeni na analognim metodama koje pak oni najsuvremeniji u potpunosti zamjenjuju digitalnim.

Druga važna, i donekle ograničavajuća, činjenica koja određuje sadržaj i ovog poglavlja je prvenstvena orijentiranost katastarskih podataka modelu nepravilne podjele prostora odnosno vektorskim podacima.

Svrha je svakog GIS sustava, pa tako i onog koji upravlja katastarskim podacima, predstavljanje dijelova stvarnog svijeta pomoću računala. No kako je stvarni svijet za razliku od računala, neograničeno složen potrebno je u njegovu predstavu uvesti neki stupanj uopćenja. Upravo to uopćenje stvarnog svijeta predstavlja njegov model. Model podataka je skup konstrukcija koje služe za opis i predstavu izabranih vidova stvarnog svijeta pomoću računala (Longley i dr. 2001).

Ovisno o svrsi GIS sustava mijenjati će se i model prostornih podataka kako bi osigurao maksimalnu učinkovitost gledano kako sa strane brzine pristupa informacijama tako i sa strane njihove točnosti, potpunosti i ažurnosti.

Kako je u razvoj, održavanje i upotrebu svakog GIS sustava uključeno puno stručnjaka iz različitih znanstvenih i tehničkih područja potrebno je svakoj od tih faza odnosno tipova ljudi prilagoditi i model podataka kojim će se koristiti (Slika 32). Svaki od tih modela prilagođen je, upravo svojim stupnjem uopćenosti, trenutnim potrebama u procesu nastajanja i upotrebe GIS sustava.



Slika 32. Odnos stupnja uopćenja modela i njegove orijentiranosti

Konceptijski model je najčešće pretežno ljudski orijentiran i tek djelomično strukturiran model objekata, obilježja i procesa koji su važni za uspješno

djelovanje konkretnog sustava. On opisuje strukturu podataka čitavog informacijskog sustava i predstavlja ključ njegova razumijevanja. U cijelosti je neovisan o implementaciji bilo na logičkoj ili fizičkoj razini (Varga 1994).

Logički model predstavlja više implementacijski orijentiranu predstavu promatrano dijela stvarnog svijeta. On najčešće ima oblik dijagrama koji kasnije omogućuju kodiranje u okviru izabrane hardversko-sofverske osnove. Iako je već u ovom dijelu procesa modeliranja potrebno voditi računa o implementaciji modela, zanemarena je njegova fizička organizacija odnosno cilj je razrada logičkih struktura i odnosa među podacima.

Fizički model konačno predstavlja detaljni opis stvarne fizičke organizacije podataka, odnosno njihov raspored na konkretnom mediju u okviru računalnog sustava.

4.1. Konceptijski modeli

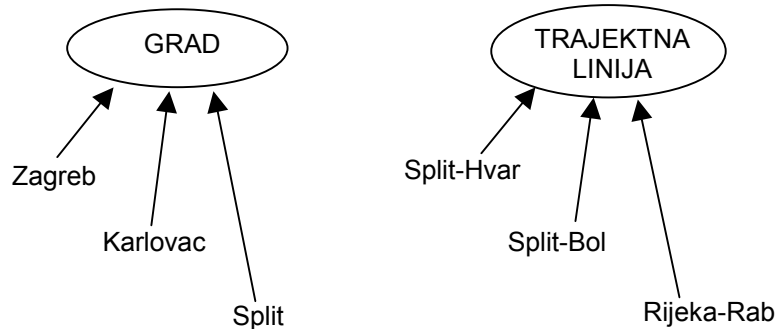
Zahtjevi na strukturu i načine korištenja i općenito upravljanja određuju vrstu konceptijskog modela podataka (URL1). U njemu su uklopljeni svi pojedinačni pogledi korisnika na podatke informacijskog sustava, a on općenito predstavlja opis njegove cjelokupne strukture. On je potpuno neovisan o kasnijoj implementaciji u svim pogledima (međudjelovanje korisnika sa sustavom, načini ostvarenja procesa itd.).

Općenito su dva najraširenija objektni i model entitet-veza, a oba su donekle slični ali i u mnogočemu različiti. Oba se pristupa temelje na prikazu korištenjem dijagrama koji su, uz druge važne postavke, dalje ukratko opisani.

4.1.1. Model entitet-veza (EV)

Još uvijek jedan od najpopularnijih pristupa konceptijskom modeliranju podataka je model entitet-veza (engl. *entity-relationship* - ER) (Shekhar i Chawla 2003). Jedan od uzroka tome je svakako popularnost relacijskog modela baza podataka kojem je EV konceptijski model veoma blizak, a njegova je implementacija korištenjem relacijskih baza prirodna.

U EV modelu promatrano je uopćenje dijela stvarnog svijeta podijeljeno na entitete (engl. *entity*) koji su određeni atributima (engl. *attribute*) i povezani vezama odnosno odnosima (engl. *relation*). Objekti s istovrsnom konceptualnom ili fizičkom opstojnošću su entiteti. Primjeri entiteta su grad, trajektna linija, ulica, itd. Ustanovljavanjem zajedničkih obilježja skupa entiteta određuje se njihov tip odnosno klasa (Slika 33). Pojedini entiteti jedne klase zovu se pojava entiteta ili instanca (engl. *instance*). Svaka pojava entiteta ima sve iste attribute, koji su određeni klasom, dok su njihove vrijednosti različite.



Slika 33. Entiteti i klase

Svaki od spomenutih objekata odnosno entiteta određeni su svojstvima odnosno atributima. Tako grad ima naziv, broj stanovnika, četvrti itd. Osoba ima ime, spol, datum rođenja kao i mnoštvo drugih obilježja. Logično je dakle ovdje izdvojiti one attribute koji su u konkretnom sustavu važni, dok se ostali zanemaruju. Svaki atribut može pri tome poprimiti jednu vrijednost iz domene vrijednosti atributa. Konceptijski je važno već u ovoj fazi modeliranja podataka odrediti i ključni atribut odnosno ključ. Ključevi služe za jedinstvenu identifikaciju entiteta. Odnosi između entiteta opisani su vezama. Svaka veza određena je ovisno o:

- stupnju,
- kardinalnosti,
- smjeru i
- egzistencijalnoj ovisnosti.

Stupnjem veze određen je broj entiteta koji u njoj sudjeluju. Posebni slučajevi stupnja veze jesu binarni i ternarni kod kojih u vezi sudjeluju dva odnosno tri entiteta, a općenito je moguće postojanje n -arne veze između n entiteta. U praksi se najčešće pojavljuje binarna veza čiji je posebni slučaj tzv. unarna (rekurzivna) veza kod koje su s obje strane različite instance jedne klase entiteta. Primjer za navedeno je veza *brak* između entiteta *osoba*. U nekim pristupima modeliranju ternarne i veze višeg stupnja razložene su na dvije ili više binarnih veza.

Kardinalnost veze je stvarni broj povezanih instanci obje entiteta, a njezine vrste su:

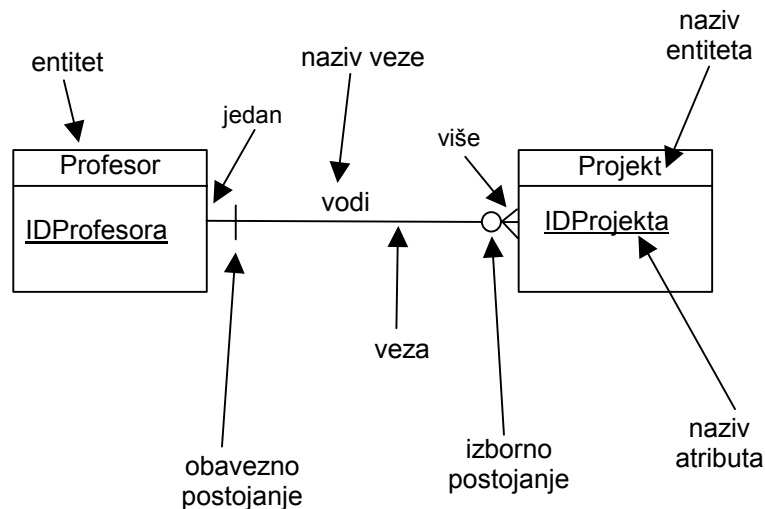
- jedan-prema-jedan (1:1),
- jedan-prema-više (1:N) i
- više-prema-više (M:N).

Ako je najviše jedna instanca entiteta A povezana s jednom instancom entiteta B veza je kardinalnosti 1:1. Nadalje ako za jednu instancu entiteta A postoje nijedna, jedna ili više instanci entiteta B , ali za jednu instancu entiteta B postoji samo jedna instanca entiteta A veza je kardinalnosti 1:N. Konačno ako za jednu instancu entiteta A postoje nijedna, jedna ili više instanci entiteta B , i za jednu instancu entiteta B postoji nijedna, jedna ili više instanci entiteta A veza je kardinalnosti M:N.

Slijedeće svojstvo veze među entitetima je njezin smjer. On određuje izvorni odnosno roditelj (*engl. parent*) te završni odnosno dijete (*engl. child*) entitet binarne veze. Smjer veze je djelomično određen i kardinalnošću pa je kod 1:1 veze on od neovisnog ka ovisnom osim ako su oba neovisna kada je proizvoljan. Kod 1:N veze entitet koji se pojavljuje jednom je roditelj, dok je kod M:N veze smjer proizvoljan.

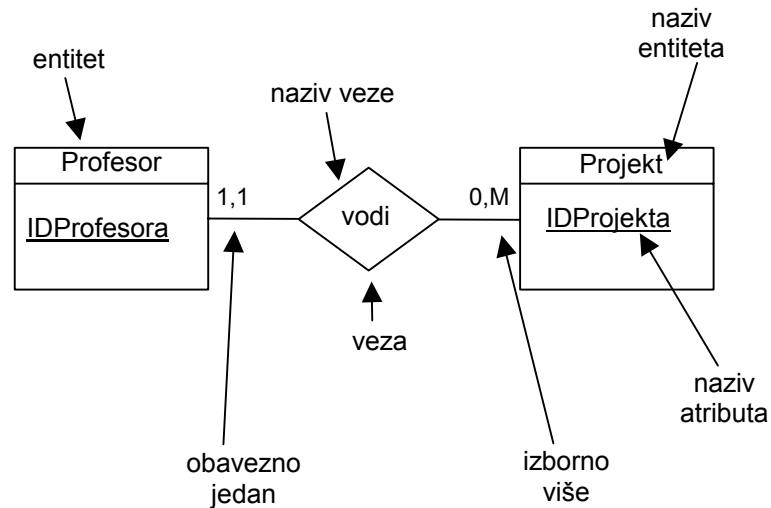
Egzistencijalna ovisnost pokazuje ovisi li postojanje jednog entiteta o postojanju drugog, vezanog entiteta. Ona može biti obavezna (*engl. mandatory*) ili izborna (*engl. optional*). Ako se instanca entiteta mora uvijek pojaviti za entitet koji treba biti uključen u vezu ona je obavezna. Primjer obavezne egzistencijalne ovisnosti je izjava «svaki projekt mora biti vođen od strane jednog profesora». Izborna egzistencijalna ovisnost ogleda se u izjavi «suradnici mogu biti dodijeljeni na projekt».

Važno svojstvo modela entitet-veza je dobro razrađena metodologija grafičkog prikazivanja korištenjem dijagrama. Ovim se dijagramima uvelike olakšava razumijevanje i preglednost modela, a najčešće su korišteni Martinov i Chenov pristup njihovu oblikovanju. Martinov se pristup (Slika 34) često susreće kod CASE (*engl. Computer Aided Software Engineering*) alata za modeliranje i u publikacijama objavljenim van akademske zajednice.



Slika 34. Martinov pristup oblikovanju EV dijagrama

Chenov se pristup uglavnom koristi unutar akademske zajednice (Slika 35). Najveća razlika u odnosu na Martinov je postojanje veza većeg stupnja ($n > 2$) koje se u Martinovom moraju predstavljati posebnim agregacijskim entitetom.



Slika 35. Chenov pristup oblikovanju EV dijagrama

Zajedničko svojstvo svih pristupa je korištenje pravokutnika za predstavu entiteta i linija za njihove veze. Posebnosti pojedinih pristupa se ogledaju kroz različite simbole za kardinalnost i povezanost (URL 1).

Modeliranje podataka po EV pristupu duboko se ukorijenilo u sva znanstveno tehnička područja koja koriste baze podataka. Glavni razlozi tome su njegova prilagođenost relacijskom modelu na kojem se temelje brojne široko dostupne implementacije baza podataka, te njegova jednostavnost i razumljivost širokoj populaciji stručnjaka iz svih područja.

4.1.2. Objektni model

Kako je već prije spomenuto stvarni svijet je sastavljen od objekata. Iako se neki njegovi dijelovi mogu sasvim prirodno modelirati EV pristupom, sa svim njegovim kvalitetama, i njima je prirodnije u modeliranom obliku upravljati kao objektima nego kao po tablicama razbacanim njihovim dijelovima. Još je važnije da upravljanje nekim vrstama objekata iz prirode, posebno onim s prostornom sastavnicom ili općenito složenom strukturom, predstavljaju za EV model podataka značajnu prepreku. Zbog toga je tražena učinkovita zamjena, a kao moguće rješenje se ukazao objektni pristup, već dulje poznat i duboko ukorijenjen u programskog inženjerstvo.

4.1.2.1 Objekti i klase

Objekt je stvarni ili apstraktni predmet koji sadrži informaciju (atribute koji ga opisuju) i metode koje dozvoljavaju da njime bude upravljano (Haigh 2001).

Osvrnimo se na prvi dio definicije dakle na atribute koji opisuju neki objekt i to na primjeru perilice rublja. Ako za neku perilicu rublja znamo *marku*, *model*, *serijski broj* i *kapacitet* možemo reći da imamo neku predstavu o tom objektu. Ta četiri obilježja do određene mjere opisuju perilicu tako da npr. možemo dati odgovor na pitanje koliko rublja može oprati. No zanima li nas koliko vrsta programa ona može obaviti trebat će nam dodatni atribut *broj programa*. Objekt je opisan određenim

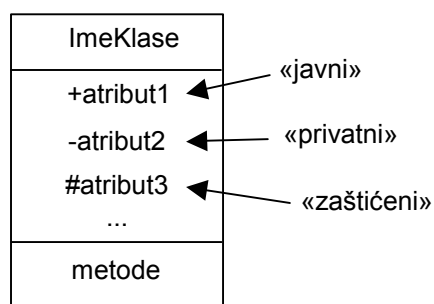
brojem podataka o njemu (njegovih obilježja ili atributa) ovisno o vrsti upita koji se prema njemu postavlja. Važna razlika u odnosu na EV model ovdje je nepostojanje koncepta ključa. U objektnom pristupu svaki objekt dobiva (sustavni) jedinstveni identifikator koji traje cijelo vrijeme njegova «života».

Osim podataka o obilježjima (atributima) dodatnu informaciju o nekom objektu dati će nam i podatak o načinima interakcije s njim, koje ćemo dalje zvati postupcima (*engl. methods*). Skup postupaka koji služe za interakciju s objektom čini sučelje. Sučelje je određuje koje metode objekt podržava, kako se one koriste, što čine, koje argumente zahtijevaju te ako daje rezultate kakvi su oni. U perilicu možemo umetati rublje, vaditi rublje, dodati sredstvo za pranje, možemo je uključiti, isključiti itd. Sve navedeno su postupci koje nam perilica stavlja na raspolaganje odnosno oni čine njeno sučelje.

No osim obilježja i postupaka koje s nekim objektom iz prirode možemo učiniti, on može biti i u različitim stanjima. Perilica može biti u stanju uzimanja vode, pred-pranja, ispiranja itd. Ono može nastati kao rezultat nekog postupka (postupak - uključiti rezultira stanjem - uključena) ili može služiti za prikaz objekta tijekom postupka. Svaki objekt možemo dakle definirati njegovim:

- atributima,
- metodama i
- stanjem.

Dajemo li tako prema navedenom, definicije nekoliko objekata uočiti ćemo da oni imaju zajedničke attribute, metode i stanja. Kako bi izbjegli pojedinačno definiranje svakog objekta, a s tim istim obilježjima, možemo reći da postoji skup na kojem su ona definirana, a svaki objekt koji ih ima je član tog skupa. Nazovemo li taj skup klasom (*engl. class*) odredili smo vrlo važan odnos objektnog modeliranja. Uopćeno možemo reći: klasa je definicija objekta, a objekt je instanca (pojava) klase. Osim načina prikaza cijele klase, u obliku pravokutnika podijeljenog na tri dijela, važno je razlikovati i posebne oznake (+ - #) za vidljivost njezinih atributa (Slika 36).



Slika 36. Način prikaza klase (UML)

Usporedimo li navedeno s EV modelom lako je uočiti osnovne sličnosti i razlike. I entiteti i objekti su određeni atributnim, ali entiteti nemaju opisano ponašanje u okviru EV modela već je taj opis dan u modelu procesa cijelog sustava.

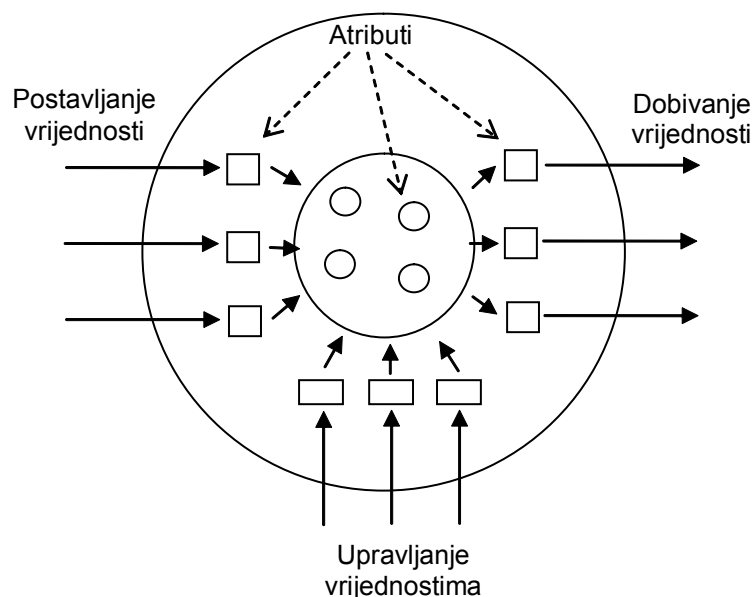
4.1.2.2 Osnovni mehanizmi

Nakon što smo kroz objekte i klase definirali temelje objektnog modeliranja, treba reći nekoliko riječi i o osnovnim mehanizmima.

Unatoč prethodno utvrđenoj važnosti zajedničkog čuvanja povezanih podataka, odvajanje generičkih (zajedničkih) podataka od konkretnih jednako je važan mehanizam. Sustav će biti brži i jednostavniji ako može upravljati podacima na općenitijoj razini.

Dobar sustav za upravljanje podacima korisniku pokazuje samo onoliko koliko on mora znati. Korisnik dakle ne treba biti svjestan načina na koji je objekt implementiran te ne mora uopće znati koliko je on složen. Ako se korisniku na raspolaganje stavi samo skup postupaka koji su mu potrebni za interakciju sa sustavom izravno je uklonjena mogućnost da on nesvjesno učini štetu. Definiranje takvog sučelja koje od korisnika skriva ono što on ne treba znati zove se učajurenje (*engl. encapsulation*).

Općenito u statičnom svijetu objektno modeliranje ne pruža posebne prednosti. Opterećivanje korisnika pravilima kojih se treba pridržavati prilikom upravljanja podacima nije samo neproduktivno, nego i nedovoljno sigurno da će ih se on svaki puta, svjesno ili nesvjesno, pridržavati. S druge strane zadržavajući samo sučelje za komunikaciju moguće je djelomično ili čak u potpunosti promijeniti objekt bez potrebe za opterećivanjem korisnika upozorenjima o tome ili objašnjavajući nova pravila interakcije s njim. Općenito objekt je sastavljen od atributa različitog stupnja općenitosti, čime su određena prava i mogućnosti korisnikove interakcije s njima, i metoda kroz koje se ta interakcija obavlja (Slika 37). Tu su uključene metode kojima se postavljaju vrijednosti atributa, metode kojima se upravlja tim vrijednostima kako bi dobili neki složeni rezultat i metode kojima se te vrijednosti prikazuju.



Slika 37. Učajurenje i stupnjevi uopćenosti atributa

Drugi veoma važan mehanizam implementiran u objektnom modeliranju je nasljeđivanje (*engl. inheritance*). Objektno modeliranje, svojstva zajednička skupu dječjih (*engl. child*) klasa svrstava u jednu klasu koja onda postaje njima roditeljska (*engl. parent*). Dva su načina nasljeđivanja izvedeno (*engl. derived*) i uopćeno (*engl. abstracted*). Izvedeno nasljeđivanje je postupak u kojem iz jedne roditeljske klase izvodimo nove dječje koje imaju neka specifičnija svojstva dok od roditeljske nasljeđuju zajednička. Uopćeno nasljeđivanje je obrnuti postupak. Traženjem zajedničkih svojstava skupa klasa izvodimo njihove roditeljske klase.

Na kraju ali nikako najmanje važan mehanizam je i više-obličje (*engl. polymorphism*). Ono omogućava nekom objektu da postoji u više nego jednoj domeni. Tako je primjerice, trajektna linija Split-Hvar, objekt koji putniku omogućuje put između dviju lokacija, kapetanu broda objekt kojim treba upravljati, lučkoj upravi objekt koji treba navoditi kroz luku itd. U svakom primjeru radi se o istom objektu (trajektnoj liniji) koji ima drugačije značenje ovisno o kontekstu kroz koji se razmatra.

4.1.2.3 Odnosi i UML

Popularizacijom, posebno objektnog programiranja ali isto tako i općenito modeliranja pojavila se potreba za ujednačavanjem metoda i tehnika koje se pri tome koriste. Vodeći stručnjaci navedenog polja sastali su se sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća i postavili temelje za UML (*engl. Unified Modeling Language*).

UML je grafički jezik za vizualizaciju, specificiranje, konstruiranje i dokumentiranje dijelova softverski intenzivnih sustava. UML nudi standardni način konstruiranja nacрта sustava, uključujući konceptijske stvari kao poslovne procese i sustavne funkcije, kao i konkretne stvari poput naredbi programskih jezika, shema baza podataka te ponovo iskoristivih softverskih komponenti (OMG 2001). Notacija UML-a je temeljena na grafovima čiji su sastavni dijelovi 2d simboli. Većina je informacija sadržana u topologiji, dok su položaj i veličina simbola u većini slučajeva nevažni.

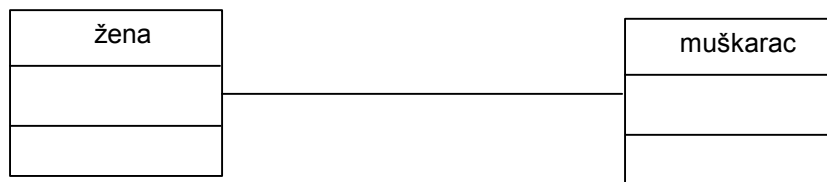
Kao i kod EV modela tako i u objektnom modelu između klasa postoje veze i odnosi. Za prikaz tih se odnosa općenito kod objektnog modeliranja, pa tako i u UML-u koriste dijagrami klasa ili klasni dijagrami. Vrste odnosa između klasa su:

- jednostavna veza (association),
- usmjerena veza,
- vezna klasa,
- n-arna veza,
- agregacijska veza,
- kompozicijska veza i
- nasljeđivanje.

Neke razlike postoje između dijagrama veza i dijagrama nasljeđivanja. Svi dijagrami veza imaju zajednička svojstva i to:

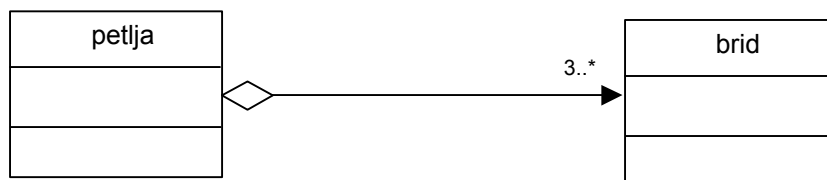
- Kvalifikatori (*engl. qualifier*) se nalaze na obje strane linije koja predstavlja vezu sa svrhom označavanja njihove uloge u promatranj vezi. Oni se prikazuju kao mali pravokutnici smješteni između klase i kraja vezne linije.
- Višestrukost (*engl. multiplicity*) se koristi za prikaz složenosti veze. Kod spoja veze ili kvalifikatora s klasom postavlja se oznaka 1, 0..1, itd.
- Vezama su određeni nazivi kako bi ih se prema istima moglo pozivati.
- Prema potrebi određeni smjerovi veza strelicama.

Jednostavna veza (Slika 38) služi za prikaz povezanosti klasa čime im je omogućeno međudjelovanje i obavljanje zadanih uloga u okviru sustava.



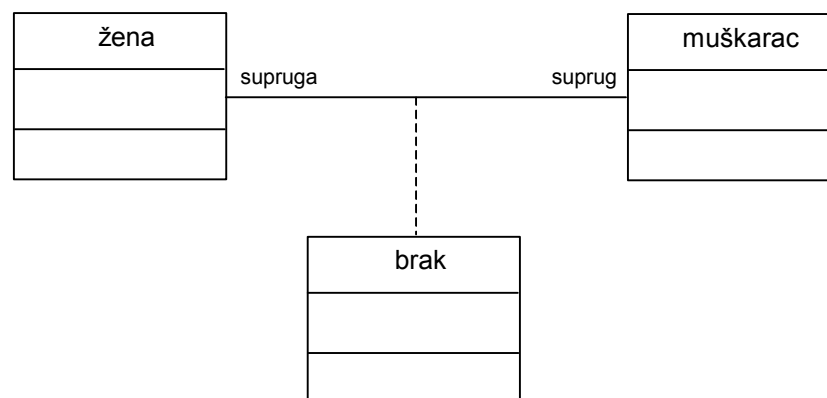
Slika 38. Jednostavna veza

Usmjerena veza je jednosmjerna veza između objekata. Kod nje samo izvor (korisnik) zna za cilj (poslužitelj). Cilj odnosa može primati poruke bez poznavanja njihova izvora. Primjerice objekt petlja zna za objekt brid ali ne i obrnuto (Slika 39).



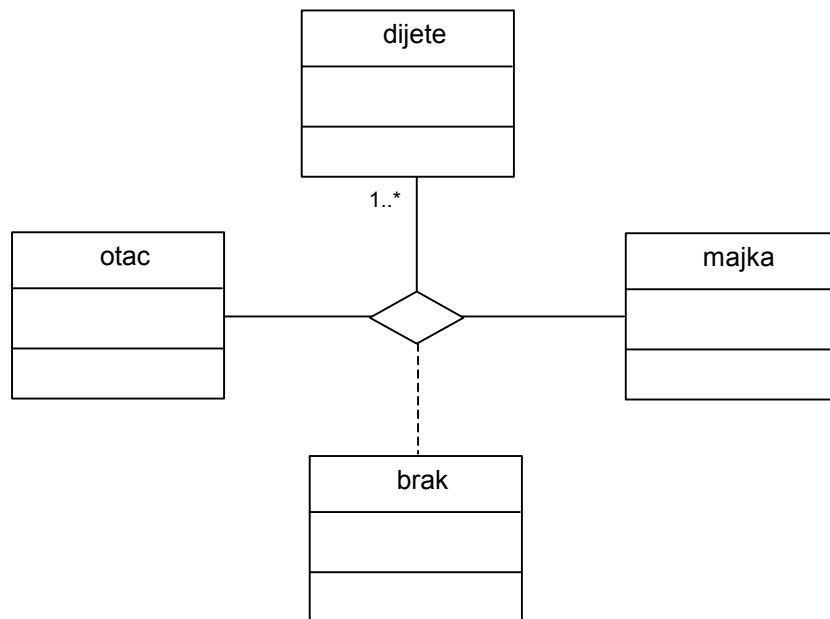
Slika 39. Usmjerena veza

Posebna vrsta veze koja ima svojstva kako veze tako i klase zove se vezna klasa (Slika 40). Na nju se može gledati kao vezu s svojstvima klase ili kao klasu sa svojstvima veze.



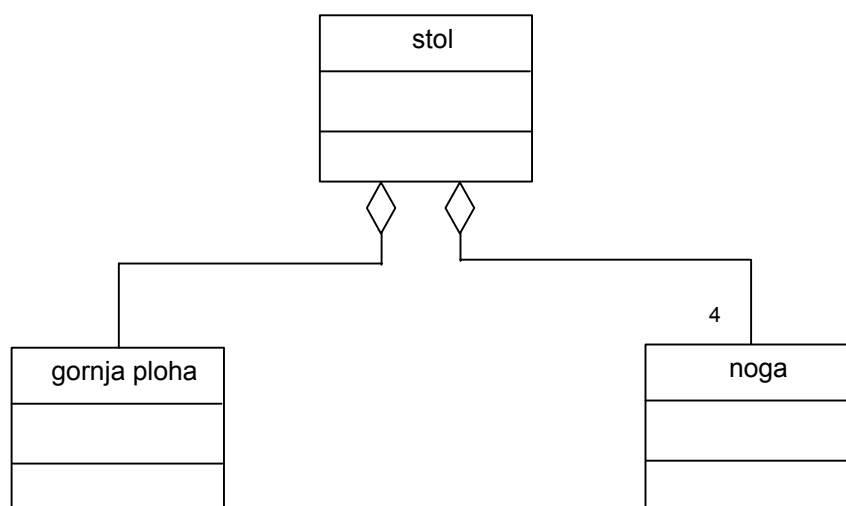
Slika 40. Vezna klasa

N-arna veza je ona veza koja postoji između tri ili više klasa (Slika 41). Svaka pojava veze je n-torka vrijednosti promatranih klasa.



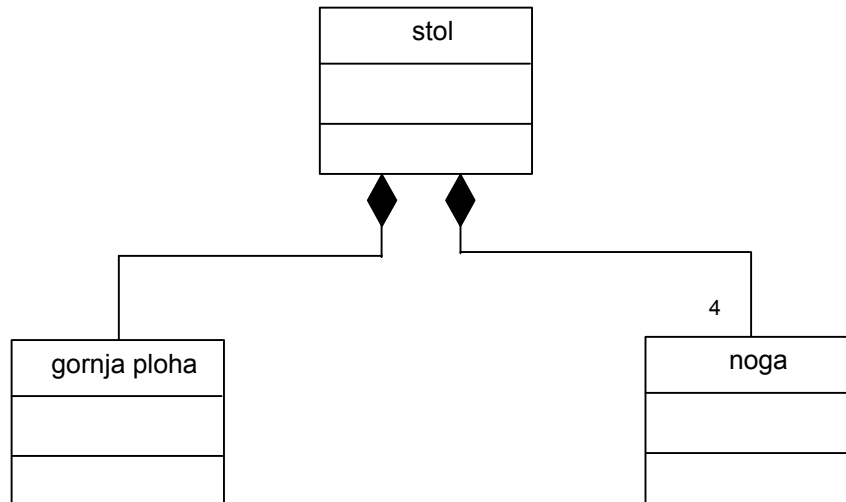
Slika 41. N-arna veza

Agregacijska veza je takva vrsta veze koja određuje da jedna klasa sadrži reference (poziv na) neke druge klasu. Ova je veza također poznata odnos cjelina/dio. Ona omogućuje klasi dijeljenje svojih sastavnica s drugim klasama (Slika 42). Kod ove je veze vlasništvo slabo pa dijelovi mogu nastaviti postojati nakon prestanka postojanja cjeline. Na primjeru stola i njegovih sastavnica agregacijski pogled na stol mogao bi imati stolar, kojem svaka noga i gornja ploha predstavljaju dijelove od kojih može napraviti ili popraviti drugi stol, odnosno može ih iskoristiti i u slučaju nestanka cjeline.



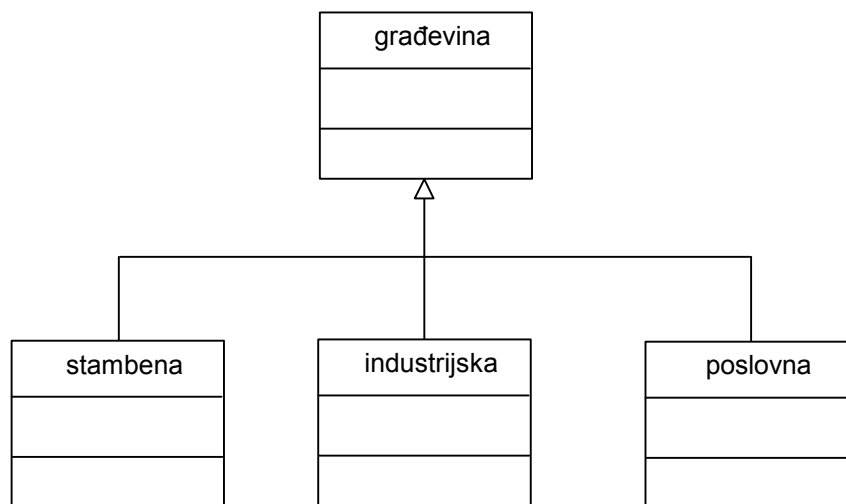
Slika 42. Agregacijska veza

Kompozicijska veza je vrsta agregacijske veze s jakim vlasništvom. To znači da je životni vijek dijelova određen životnim vijekom cjeline odnosno dijelovi ne mogu nastaviti postojati nakon što nestane cjeline. Korisniku stola za razliku od prethodnog slučaja njegovi pojedini dijelovi ne znače ništa, dakle on ga nakon raspada više ne može koristiti.



Slika 43. Kompozicijska veza

Nasljeđivanje je, kao što je ranije spomenuto, vrlo važan mehanizam objektnog modeliranja. U klasnim dijagramima ono se prikazuje generalizacijom.



Slika 44. Način prikaza nasljeđivanja

Označavanje ovog vrlo važnog mehanizma obavlja se korištenjem strelice (trokutasti neispunjeni završetak linije) na općenitijem kraju veze. Navedene osnove notacije UML-a temelj su za kreiranje klasnih dijagrama (*engl. class diagram*) koji čine jezgru modeliranja korištenjem ovog alata (Pender 2002).

4.2. Logički modeli

Na osnovu razrađenog konceptijskog modela izrađuje se logički ili implementacijski model. Iako postoji još nekoliko logičkih modela podataka (mrežni, hijerarhijski, ...), do danas su preživjeli i zaživjeli samo dva, i to relacijski i objektni. Njihove osnovne značajke opisane su u daljnjem dijelu teksta.

4.2.1. Relacijski

Relacijski model prikaza podataka uveo je Codd 1970. godine, a od tada do danas je postao najrašireniji od logičkih modela podataka. Uzrok tome je u prvom redu njegova jednostavnost u sprezi s velikim mogućnostima upravljanja, pogotovo jednostavnije strukturiranim podacima.

Kod ovog su modela svi podaci organizirani u obliku tablica, u kojima su pojedini atributi raspoređeni po stupcima. Te se tablice zovu relacije, dok su njihovi stupci atributi. Svaka tablica sadrži podatke o jednoj vrsti objekta, što odgovara entitetu iz EV modela, čija je svaka instanca ovdje jedan red u tablici odnosno jedna n-torka (*engl. tuple*) (Slika 45). Vrijednosti pojedinog atributa svake n-torke određene su domenom promatranog atributa. Sve implementacije relacijskog modela podataka podržavaju osnovne vrste domena (brojevi, tekst, datum, ...). Redoslijed po kojem se te n-torke pojavljuju u tablici nije važan. Iz svega, navedenog može se izvući definicija:

- relacija (tablica) je neporedani skup n-torki (redova).

	mslink	mjerilo	vrsta	broj	y	x
	1082	1000	medja	1	5389784.666	5009174.462
	1091	1000	medja	10	5389786.005	5009177.589
	1181	1000	medja	100	5389796.753	5009262.751
	2081	1000	medja	1000	5389943.776	5009710.751
	2082	1000	medja	1001	5389943.998	5009732.034
	2083	1000	medja	1002	5389944.059	5009387.807
n-torka	2084	1000	medja	1003	5389944.098	5009507.174
	2085	1000	medja	1004	5389944.153	5009577.461
	2086	1000	medja	1005	5389944.208	5009711.93
	2087	1000	medja	1006	5389944.418	5009672.509
	2088	1000	medja	1007	5389944.463	5009713.129
	2089	1000	medja	1008	5389944.503	5009594.213
	2090	1000	medja	1009	5389944.594	5009578.122
	1182	1000	medja	101	5389796.816	5009252.541

Slika 45. Tablica i njeni osnovni dijelovi

Relacija odnosno tablica zajedno s nazivima svojih atributa čini relacijsku shemu, a skup n-torki odnosno redova u tablici čini relacijsku instancu. Broj stupaca odnosno atributa je stupanj relacije. Vrlo važan pojam relacijskog modela je ključ. Ključ je podskup vrijednosti atributa koji su jedinstveni u okviru relacije. Ključ se može sastojati od jednog ili više atributa, tako da se pojedine njihove vrijednosti mogu ponavljati u okviru relacije, ali svaka n-torka mora imati jedinstvenu kombinaciju.

- ključ je skup atributa koji jednoznačno određuju svaku n-torku relacije.

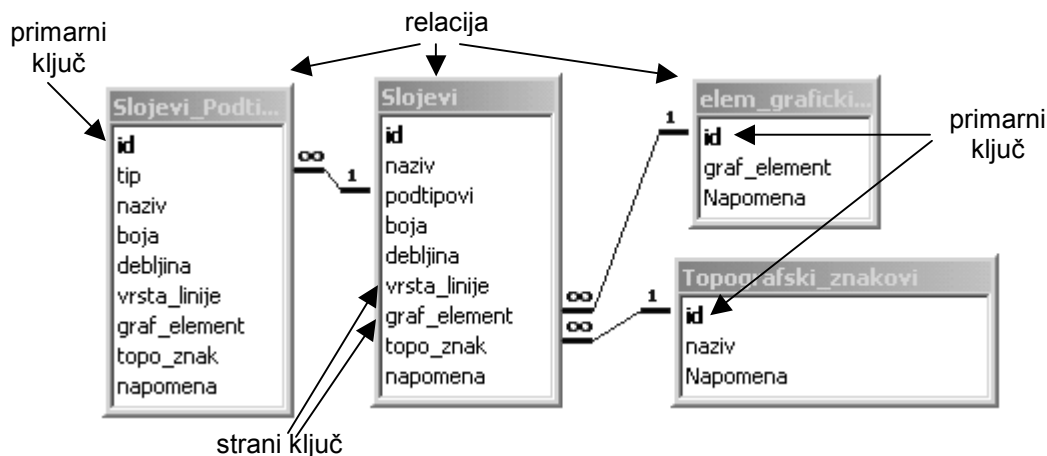
Kako bi model podataka bio svrsishodan i upotrebljiv mora sadržavati semantički konzistentne podatke. U svrhu očuvanja konzistencije podataka potrebno je uvesti određena ograničenja (*engl. constraint*):

- ključ (*engl. key*),
- cjelovitost entiteta (*engl. entity integrity*) i
- referencijalna cjelovitost (*engl. referential integrity*).

Ograničenje ključa odnosno ključ relacije služi za jednoznačnu identifikaciju svake n-torke. U relaciji ne mogu postojati dvije jednake n-torke. Svaka n-torka dakle mora imati barem jedan ključ koji se onda naziva primarni ključ.

Slijedeće ograničenje relacijskog modela je cjelovitost entiteta. Ono je određeno zahtjevom da primarni ključ svake n-torke mora biti različit od nule. N-torku kojoj je primarni ključ jednak nuli ne bi bilo moguće jednoznačno identificirati.

Konačno, ali jednako važno, je i očuvanje referencijske cjelovitosti (*engl. referential integrity*). Veze između pojedinih relacija ostvarene su putem odnosa (*engl. relationship*), koji su pak ostvareni kroz mehanizam stranog ključa (*engl. foreign key*) (Slika 46).



Slika 46. Koncept mehanizma stranog ključa u definiciji relacija i odnosa

Strani ključ je takav ključ (skup atributa relacije) koji je dupliciran u nekoj drugoj relaciji. Kako bi odnosi između relacija bili logički konzistentni trebaju zadovoljiti zahtjev da vrijednost stranog ključa mora pojaviti kao vrijednost primarnog ključa druge relacije ili mora biti jednaka nuli. Ovo se ograničenje zove referencijska cjelovitost.

Skup formalnih operacija nad relacijama zove se relacijska algebra. Kao rezultat bilo koje od tih operacija (unija, razlika, selekcija,...) dobiva se relacija. Za detaljni opis relacijske algebre pogledati (Varga 1994, Vujnović 1995).

Najrašireniji jezik za komuniciranje s relacijskim bazama podataka zove se SQL (*engl. Structured Query Language*), a razvijen je izvorno od strane IBM-a. SQL je

deklarativne prirode što znači da korisnik određuje odgovor, a ne postupak koji će ga proizvesti. Dva su glavna dijela ovog jezika:

- jezik za određivanje podataka (*engl. data definition language / DDL*) i
- jezik za mijenjanje podataka (*engl. data modification language / DML*).

Prvi se koristi za stvaranje, brisanje, mijenjanje definicija tablica u okviru baze, a drugim se prema tim tablicama prosljeđuju upiti za upravljanje njezinim zapisima. Standardni jezik za upravljanje relacijskim bazama je SQL2 / SQL92 koji predstavljaju trenutno važeću verziju SQL-a.

Iako su bliski, relacijski model nije jednostavno logička verzija modela EV. Relacijski se model služi jednim elementom (relacijom) dok model EV ima dva osnovna elementa (entitet i veza). Konceptualnom pristupu bolje odgovara veći broj osnovnih elemenata, a logičkom pak što manji, pa su jedan i drugi dobro prilagođeni svrsi.

4.2.2. Objektno-relacijski i objektni

Jedna od glavnih prednosti relacijskog modela, njegova jednostavnost, postaje upustimo li se u modeliranje složenijih podataka njegova velika mana. Prostorni podaci svakako spadaju u kategoriju složenijih podataka što ih čini neprikladnim za relacijski model.

Objektni model s druge strane zahtjeva nešto više predznanja, eventualno iz programiranja u srodnim programskim jezicima, ali i bez njega nije nedokučiv. No ono čime je relacijski model ograničen, za objektni ne predstavlja nikakav problem, složeno strukturirani podaci, mehanizmi nasljeđivanja i učajurivanja ovdje su nativno implementirani.

Pravi objektni sustavi za upravljanje bazama podataka OODBMS (*engl. Object Oriented Data Base Management System*) raspoloživi su na tržištu već više od desetak godina, a u zadnje vrijeme mnogi se, kako tradicionalni korisnici relacijskih rješenja tako i novi korisnici općenito odlučuju za prelazak na ovaj moderni model upravljanja podacima. Razlog tome nije nemogućnost implementacije nekog sustava relacijskim modelom, već njegove performanse u tom slučaju. Brojni burzovni sustavi, komunalni poslužitelji, pružatelji usluga pristupa Internetu, GSM operateri i svi oni koji trebaju obavljati veliki broj transakcija u jedinici vremena uvelike profitiraju korištenjem OODBMS. U ovom trenutku niti jedan od tradicionalno najvećih proizvođača složenih i sofisticiranih relacijskih rješenja (Oracle, IBM, Sybase, ...) ne nudi prave OODBMS.

Nadalje, iako su OODBMS raspoloživi na tržištu već neko vrijeme, u dijelu upravljanja prostornim podacima nisu našli široku primjenu. Jedan od razloga tome je i nepostojanje specifičnih konstrukcija (prostorno indeksiranje, prostorno pretraživanje, topološki model, ...) potrebnih za ovu svrhu u trenutno raspoloživim proizvodima te vrste. Ovdje je potrebno napomenuti da OODBMS i u ovom vidu nedvojbeno nadmašuju relacijske odnosno njihovu izvedenicu objektno-relacijske, ali na tržištu još nema za to gotovih rješenja.

Prethodno navedeni veliki proizvođači relacijskih rješenja, kako bi što duže zadržali što veći dio tržišnog udjela, dodaju na svoje sustave više ili manje dosljednu implementaciju objektnih mehanizama te što je još važnije veliki dio nativno ugrađenih opcija za upravljanje prostornim podacima, a nastali se proizvodi nazivaju objektno-relacijski sustavi za upravljanje bazama podataka ORDBMS (*engl. Object-Relational Data Base Management System*).

OODBMS kombiniraju elemente objektnog modeliranja i programiranja s obilježjima baza podataka. Iako bi se to, kroz učestalo povezivanje s programskim jezicima (C++, SmallTalk, Java, ...) možda dalo zaključiti, one nisu samo dodatak koji omogućuje čuvanje njihovih objekata. One proširuju njihove mogućnosti do mjere da nastaju novi sustavi koji nisu programski jezici, već prave baze podataka sa svim obilježjima objektnih programskih jezika uz dodatak sposobnosti potrebnih za upravljanje velikim količinama podataka.

Kod objektnih baza podataka za upravljanje podacima se može koristiti objektni programski jezik ili posebni OQL (*engl. object query language*). OQL je SQL-u sličan deklarativni jezik (nije 100% SQL kompatibilan), te dakako podržava sva obilježja objektnih baza.

ORDBMS su prave relacijske baze podataka. Na osnovnu jezgru relacijske baze podataka dodane su apstraktne vrste podataka i općenito, ovisno o implementaciji, neki ili svi mehanizmi karakteristični za objektno modeliranje. Za razliku od objektnih baza podataka, za koje možemo reći da dodavanjem podrške za upravljanje podacima proširuju mogućnosti objektnih programskih jezika, može se reći da ORDBMS proširuju mogućnosti relacijskih baza dodavanjem objektnih načela. Nažalost jezgra ostaje ista sa svim svojim nedostacima.

Upravljanje podacima ovdje se obavlja preko SQL3 / SQL99 jezika. Neke su glavne razlike u odnosu na SQL2 uvođenje apstraktnih vrsta podataka koji odgovaraju klasama kod objektno tehnologije, uvođenje velikih objekata (*engl. binary large object / BLOB*) za pohranu multimedijalnog sadržaja, te mogućnost definiranja korisničkih funkcija i procedura.

5. Modeliranje prostornih podataka

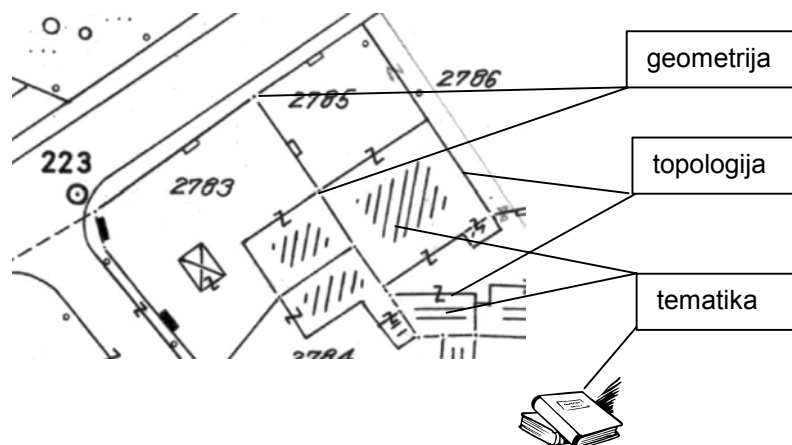
Neovisno o stupnju razvoja tehnologije uređeno ljudsko društvo treba neku vrstu evidencije o prostornim podacima odnosno sustava koji će njima upravljati. Iako su implementacijska rješenja uvijek ovisila o raspoloživoj tehnologiji jezgra modela nije se znatno promijenila od najranijih sustava. Osnove i danas aktualnih modela podataka lako se prepoznaju u sustavima osnovanim na analognim tehnologijama i u sustavima temeljenim na ranim CAD tehnologijama.

5.1. Analogno

Iako to možda na prvi pogled nije očito osnova analognih sustava za upravljanje prostornim informacijama temelji se na modelu podataka ne značajno različitom od onog kojeg danas koriste najsuvremeniji sustavi. Planovi su uvijek bili modeli, no raspoloživa tehnologija nije dozvoljavala njihovo korištenje na svestrani način (Kaufmann i Steudler 1998).

Uzmimo za primjer katastarski informacijski sustav. Kod klasičnog evropskog katastarskog sustava može se razlikovati dva glavna dijela, i to knjižni i tehnički. Knjižni dio služi za upravljanje opisnim podacima svakog prostornog objekta. Prostorni objekti su katastarske čestice i drugi, a za upravljanje njihovim prostornim dijelom služe katastarski planovi. U općenitom smislu je dakle odmah moguće razlučiti strukturu prostornog objekta sastavljenog od prostorne i opisne sastavnice.

Krene li se dublje u analizu prostornog objekta zanimljivo je sagledati njegovu prostornu sastavnicu. Na katastarskom planu ucrtane su karakteristične točke prostornih objekata (katastarske čestice i građevine). Navedene točke ucrtane su prema koordinatama određenim u državnom koordinatnom sustavu. Oblikom i položajem, odnosno najčešće koordinatama u nekom referentnom sustavu određena je geometrija prostornog objekta. Ucrtane točke povezane su linijama kako bi tvorile pojedini prostorni objekt. Geometriji je dakle dodan topološki smisao. Dodavanjem jedinstvenog identifikatora objekta unutar sustava (broj katastarske čestice) osnovnom je objektu sustava osigurana jednoznačnost unutar istog te je omogućeno povezivanje s njegovim opisnim dijelom (Slika 47).



Slika 47. Prostorni podaci na katastarskom planu (Ročić i dr. 2002a)

Dosada navedeno čini samo najjednostavniju osnovu sustava. Zbog jednostavnosti ili načina implementacije jedan dio opisnih podataka može se voditi u prostornom dijelu sustava. U konkretnom primjeru to je vrsta građevine označena šrafurom čime je nestala potreba za uvođenjem jedinstvenog identifikatora i za tu vrstu prostornog objekta. Drugi primjer istoga je označavanje vrste linije (brida) svake petlje svakog objekta unutar ovog dijela sustava. Ovim je opet izbjegnuto uvođenje identifikatora za povezivanje s opisnim podacima. Ovdje bi to bilo posebno nesvrhovito zbog potrebe za određivanjem malog broja obilježja s malim domenama vrijednosti (granica čestice / vrsta ograde).

Iz navedenog je vidljivo kako se model podataka u osnovi već i kod analognih sustava može dobro prilagoditi prikazu prostornih objekata. Ipak na ovaj su način modelirani sustavi opterećeni nedostacima koji ih danas čine nedovoljno učinkovitim. Ograničenje geometrijske točnosti analognim metodama pohrane i korištenja (ucrtavanje i očitavanje), održavanje sustava u konzistentnom stanju podložno ljudskom faktoru i nepostojanje mogućnosti analize podataka samo su neke od njih.

5.2. Slojni model

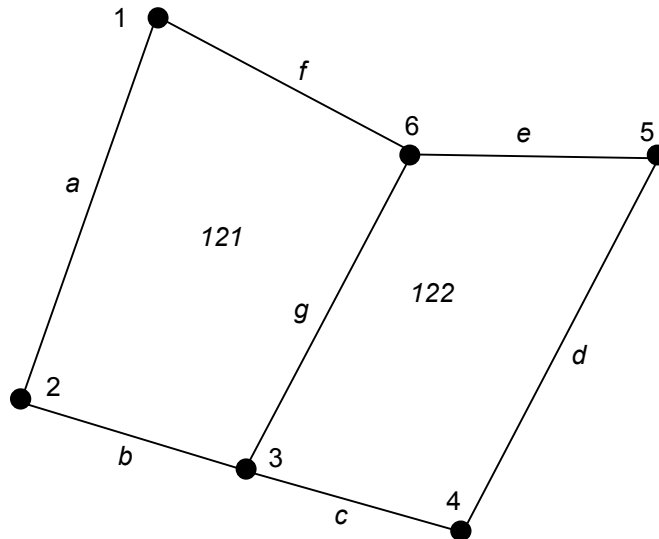
Slojni je način modeliranja (prostornih podataka) nastao popularizacijom CAD sustava, te njihovom učestalom uporabom pogotovo u kartografiji.

Suprotno EV modelu koji se temelji na pristupu iz malog u veliko osnova je slojnog modela načelo iz velikog u malo. Odijeljivanjem svega što pripada jednoj vrsti objekata (npr. ulice), od svih ostalih na promatranom području formira se pojedini sloj podataka.

5.3. Relacijski model

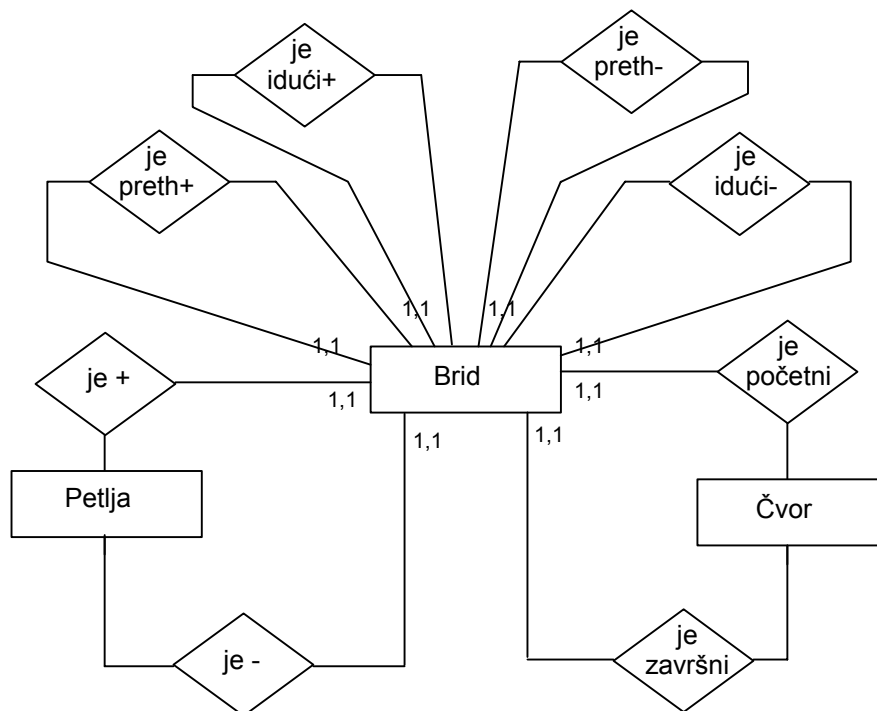
Iako prilično često korišten za modeliranje opisnog dijela prostornog podatka relacijski se model, u svom izvornom obliku, rijetko susreće kao osnova za njegove prostorne sastavnice. Ovo nikako ne znači da je takvo modeliranje nemoguće izvesti. Naprotiv većina trenutno dostupnih prostornih baza podataka, odnosno baza podataka koje podržavaju prostorne tipove i jesu temeljeni na relacijskom modelu čuvanja podataka, ali im je funkcionalnost proširena dodavanjem objektnih načela.

U svrhu objašnjenja relacijskog načina modeliranja prostorne sastavnice prostornog podatka poslužiti će jednostavni slučaj dva prostorna objekta u obliku zatvorenih poligona s linijama i točkama (Slika 48).



Slika 48. Jednostavan primjer dvaju prostornih objekata

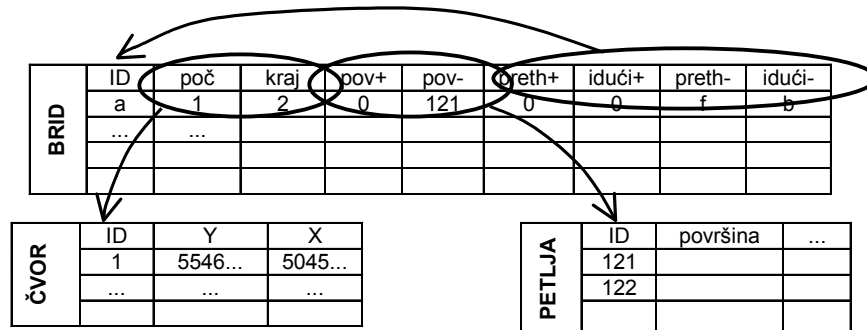
Ne ulazeći u razmatranje složenih modela s odvojenom geometrijom i topologijom, moguće je pomoću EV dijagrama prikazati strukturu sličnu krilatom bridu (Slika 49). Središnji entitet je ovdje brid s zapisom o svojoj slijedećoj i prethodnoj instanci u oba smjera, te vezama na lijevu i desnu petlju i početni i završni čvor.



Slika 49. EV dijagram jednostavnog modela prostornog podatka

Slijedeći pravila prevođenja EV modela u relacijski, iz dijagrama je lako iščitati potrebu za trima tablicama (relacijama) koje sadrže podatke o pojedinom entitetu (Slika 50). Tablica s podacima o bridovima sadrži podatke o pojedinom od njih te je stranim ključevima vezana na ostale dvije tablice. Na ovaj je način osigurana mogućnost pretraživanja prema svakom topološkom elementu (petlja, brid, čvor),

realizacija prostornog oblika geometrije i topologije, te pretraživanje susjednosti. Geometrijski su podaci (koordinate) ovdje pohranjeni u tablici s podacima o čvorovima, dok je preostala tablica osnovna veza prema daljnjim atributnim podacima.



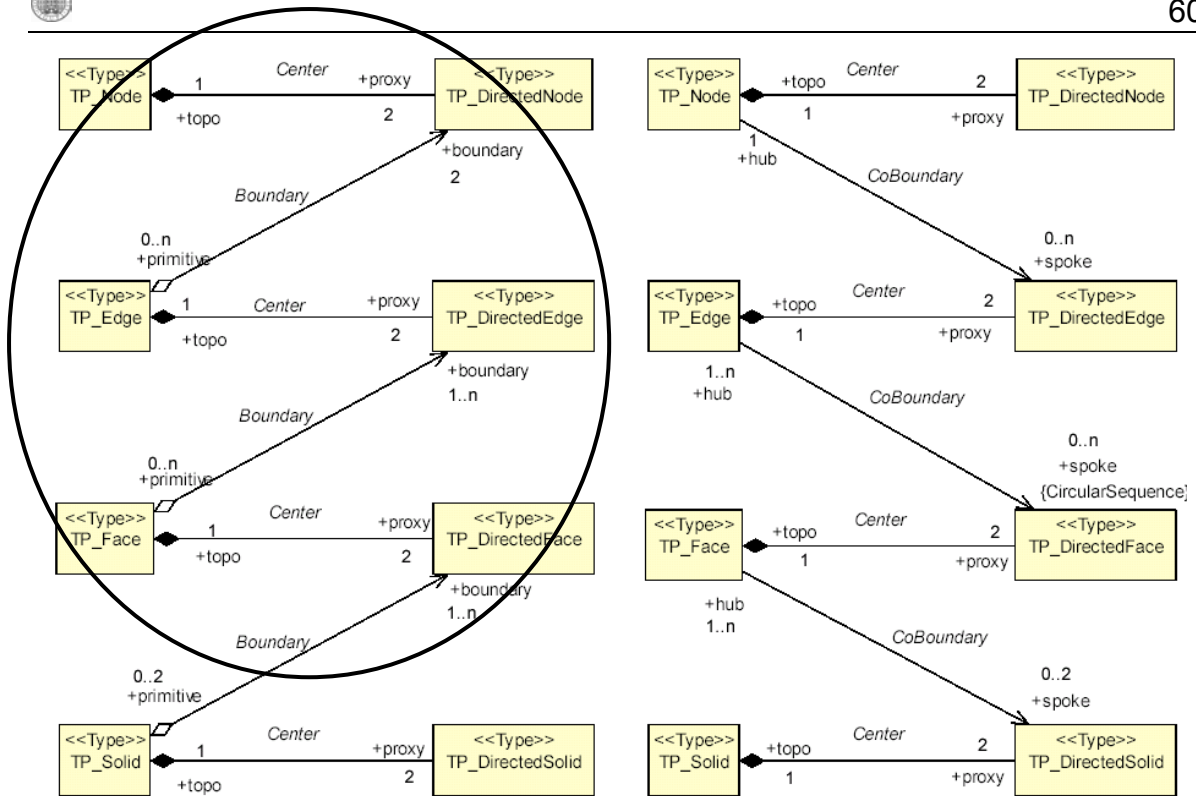
Slika 50. Tablice i veze prethodno opisanog modela

Implementacijom opisanog modela moguće je uspostaviti sustav za upravljanje prostornim podacima koji će dati odgovore na sva najvažnija pitanja koja se mogu postaviti pred njega. Problem koji se pri tome javlja je njegova učinkovitost, koja se s povećanjem količine podataka drastično smanjuje. Glavni razlozi tome su razdvajanje prostornog objekta koji je fizička i logička cjelina, na dijelove te općenito neprilagođenost relacijskog modela strukturi prostornih podataka. Navedeno uzrokuje potrebu za složenim upitima prilikom pristupa podacima, koji mogu opteretiti sustav i učiniti ga neučinkovitim.

5.4. Objektni model

Dobar primjer za objašnjenje objektnog modela prostorne sastavnice prostornog podatka je onaj koji u okviru OGC Feature Geometry određuje topološke operacije granica i njezin komplement. Granica (*engl. boundary*) je operacija koja za promatrani topološki element daje njegove granice, odnosno primitive niže topološke dimenzije kojima je on ograničen od svog komplementa. Komplementarna operacija (*engl. coboundary*) daje za promatrani topološki element one elemente kojima je ovaj granica. Iako ovo nije neposredna definicija topološke strukture OGC modela, prilično dobro ocrtava njenu općenitu strukturu.

Krenemo li od brida lako je uočiti da su na njega kompozicijski vezana dva usmjerena brida (*engl. directed edge*) (Slika 51). U konkretnom slučaju je pozitivno usmjereni brid ekvivalentan samom sebi. Proizvoljni broj bridova (0..n) je nadalje vezan na dva usmjerena čvora (postoji zbog logičke jedinstvenosti), koji su kompozicija čvora. Petlja je konačno kompozicija dviju usmjerenih petlja (*engl. directed face*), a agregacijski je vezana na barem jedan usmjereni brid.



Slika 51. Dijagrami za operacije boundary i coboundary (OGC 2001a)

Ne ulazeći ovdje u implementacijski dio pravog objektnog ili objektno-relacijskog sustava važno je uvidjeti jednu činjenicu. Objekti iz prirode odnosno njihovi modeli ne rastavljaju se na dijelove, već čine cjelinu u okviru sustava. Ovo neovisno o postojanju posebnih prostornih vrsta objekata ili sustava za napredno indeksiranje može značajno ubrzati obavljanje većine postupaka unutar sustava, što se u konačnici i zahtijeva.

5.5. Norme i standardi

Prostorni podaci svake vrste danas su «tražena roba». Od državnih institucija, preko tvrtki iz privrede pa sve do neprofitnih organizacija, svi iskazuju veću ili manju potrebu za iskoristivim podacima prostornog karaktera. Kako bi njihova razmjena bila u ovako širokom krugu moguća potrebno je odrediti parametre i načine njihove razmjene, te osnovne smjernice njihova logičkog modeliranja.

Norme osiguravaju zajedničke metode prikupljanja, upravljanja i prikaza informacija. Svakoj je organizaciji moguće značajno povećati korištenje i primjenu digitalnih podataka korištenjem prihvaćenih međunarodnih normi ili široko korištenih proizvođačkih formata (Caprioli i Tarantino 2003). Normizacija digitalnih prostornih podataka važna je za uspostavu sustava razmjene prostornih informacija među različitim korisnicima, aplikacijama, sustavima i lokacijama (Roić i Zekušić 1999).

Ovdje je važno smisljeno razlikovati norme i standarde. Pravila modeliranja i formati pohrane podataka pravno (de jure) usvojeni od strane (međunarodno priznate organizacije jesu norme. One su u pravilu pisane na relativno općenitom nivou, ostavljajući time prostor za mnoga moguća tumačenja.

Proizvođački modeli podataka i formati njihove pohrane, koji nisu formalno prihvaćeni od međunarodnih organizacija za normizaciju, ali su u korisničkim krugovima toliko široko prihvaćeni da je moguće reći da su de facto norme jesu standardi. Oni su same implementacije ili implementacijski orijentirane verzije neke norme.

5.5.1. Međunarodne organizacije za standardizaciju

Dvije najvažnije institucije iz navedenih polja jesu tehnički odbor 211 Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO/TC211) i OGC (*engl. Open GIS Consortium*). One zajedničkim i usklađenim djelovanjem na pojedinom polju oblikuju norme i standarde upravljanja prostornim podacima. Normizacije više nije kao nekad proces priznavanja stanja tehnologije, već alat za modeliranje potreba i implementacija novih tehnologija (Østenson 2001).

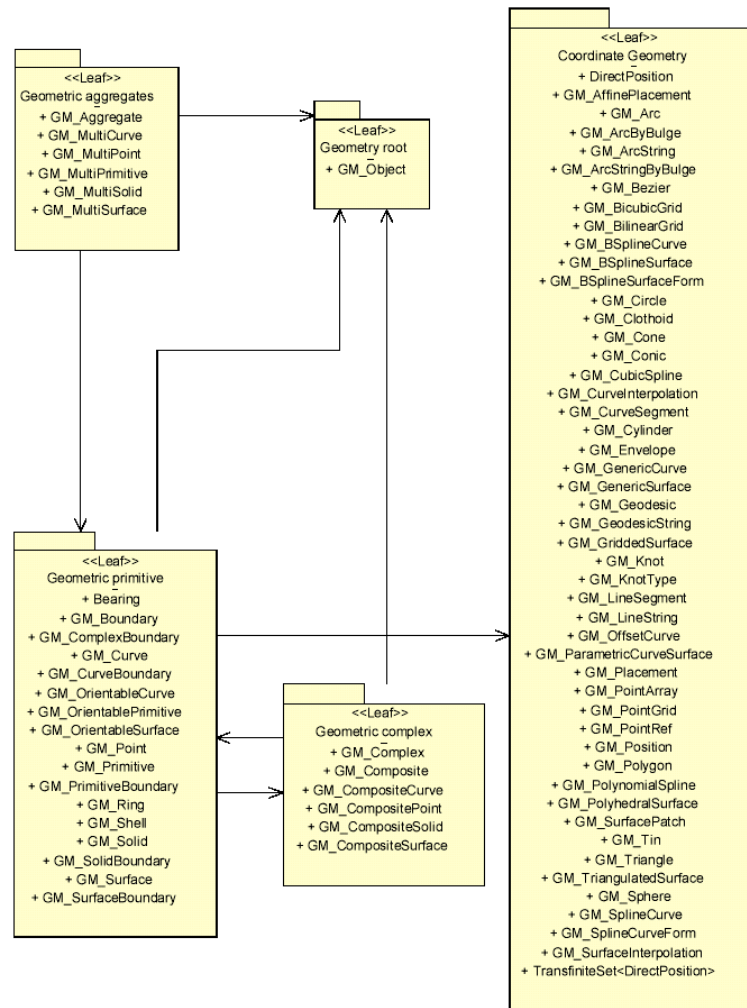
Jedan od najvažnijih plodova suradnje navedenih institucija je usklađivanje jezgre prostorne sastavnice modela prostornih podataka. Ovo je uslijedilo prihvaćanjem ISO 19107 Spatial Schema norme od strane OGC, gdje ista nosi naziv Feature Geometry, a dio je OpenGIS Abstract Specification dokumenta (URL4). Svrha ovog dokumenta je osiguravanje konceptijske osnove za većinu OGC aktivnosti na razvoju specifikacija (OGC 1999b).

Spomenuti dokument određuje konceptijske sheme za opis prostorne sastavnice prostornih podataka, te skup prostornih operacija u suglasju s njima. Geometrija i topologija je obrađena do 3. dimenzije, a sheme su predstavljene korištenjem UML-a. Ovaj se dokument bavi isključivo vanjski vidljivim sučeljima. On ne postavlja ograničenja na implementaciju osim onog dijela potrebnog za zadovoljenje sučeljem određenih postavki. Ovaj je dokument dio OGC općenitih specifikacija (*engl. Abstract Specification*).

5.5.1.1 Geometrija

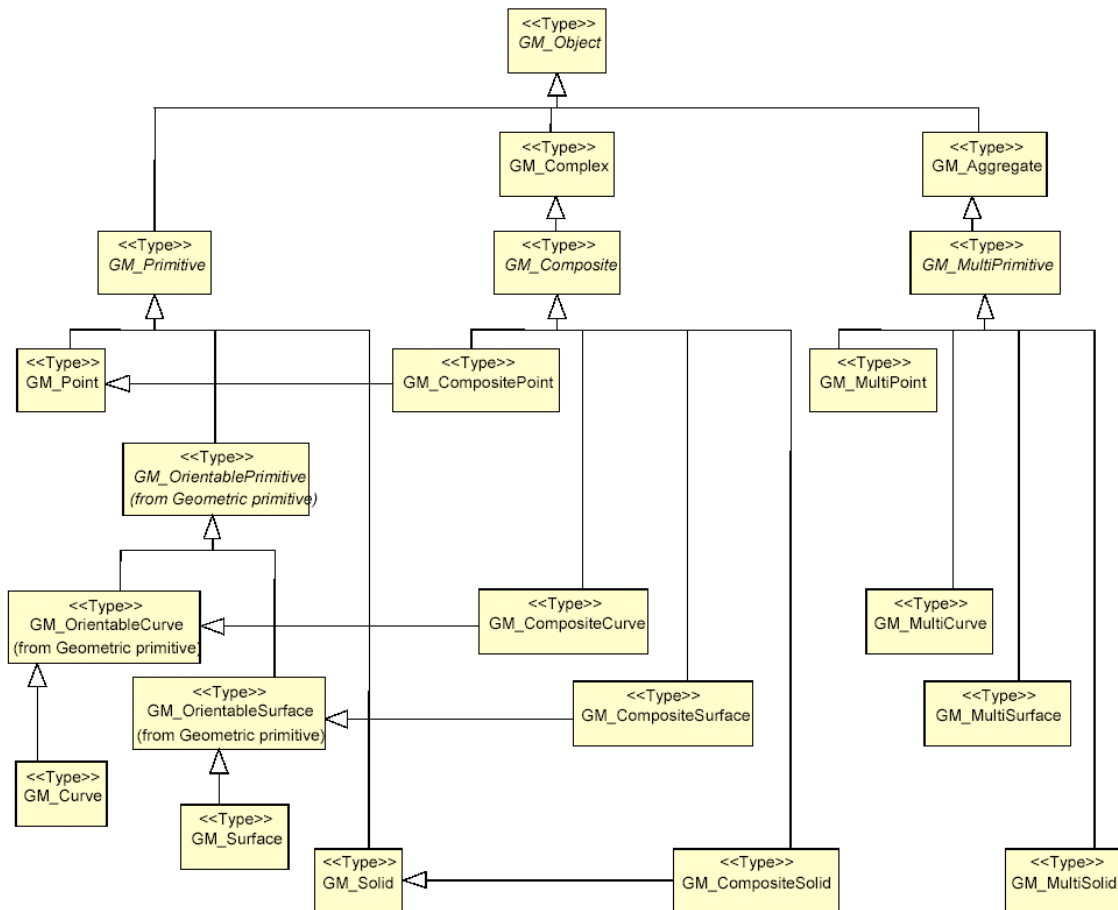
Geometrijske su klase podijeljene na tri paketa s primitivima, agregatima i kompleksima (Slika 52). Sve su one vezane na korijensku (*engl. root*) klasu GM_object, te od nje nasljeđuju vezu na izborni referentni koordinatni sustav. Prema definicijama u (OGC 2001a) je:

- geometrijski agregat (*engl. geometric aggregate*) skup geometrijskih struktura koji nema unutarnju strukturu,
- geometrijski kompleks (*engl. geometric complex*) skup nepovezanih geometrijskih primitiva gdje granica svakog primitiva može biti predstavljena kao unija geometrijskih primitiva manje dimenzije u okviru istog skupa
- geometrijski primitiv (*engl. geometric primitive*) geometrijski objekt koji predstavlja jedan, povezani, homogeni element prostora.



Slika 52. Sadržaj klasa i unutarnje zavisnosti geometrijskih paketa (OGC 2001a)

Detaljnije je struktura svakog od navedenih paketa izražena također pomoću UML dijagrama klasa (Slika 53).

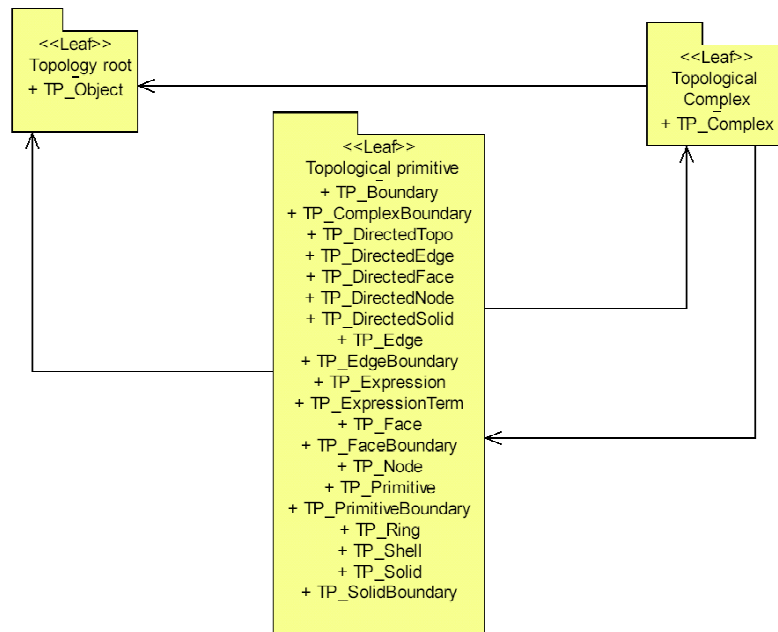


Slika 53. Dijagram geometrijskih klasa (OGC 2001a)

Iako je normom određeno mnogo metoda za pojedinu klasu, spomenuti ćemo ovdje samo jednu, važnu za kasnije razumijevanje odnosa geometrije i topologije modela. Metoda `maximalComplex` dati će skup maksimalnih kompleksa kojih je promatrani kompleks dio. Komplex je «maksimalan» ako ne postoji drugi kompleks kojeg je promatrani kompleks dio.

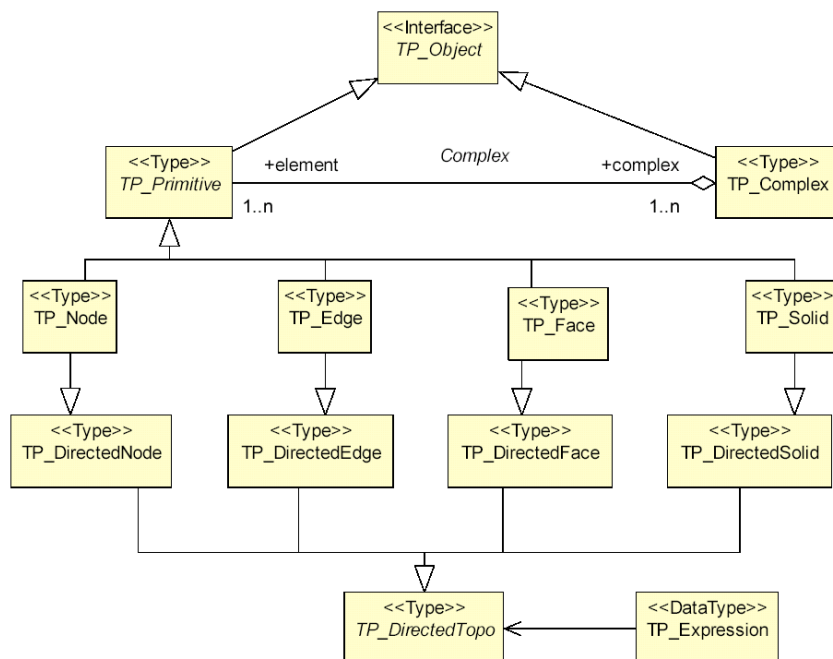
5.5.1.2 Topologija

Najveća korist od upotrebe topologije je ubrzavanje računске geometrije. Računski se geometrijski algoritmi zato topološkim kompleksima transformiraju u kombinacijske algoritme. Odvajanje prostornih obilježja od njihove geometrije druga je znatna korist od uporabe topologije. Zbog ovih je dvaju razloga i struktura topologije ovog standarda s jedne strane ekvivalentna geometriji, a s druge strane opet tako oblikovana da se može koristiti potpuno neovisno o geometriji.



Slika 54. Sadržaj klasa topoloških paketa (OGC 2001a)

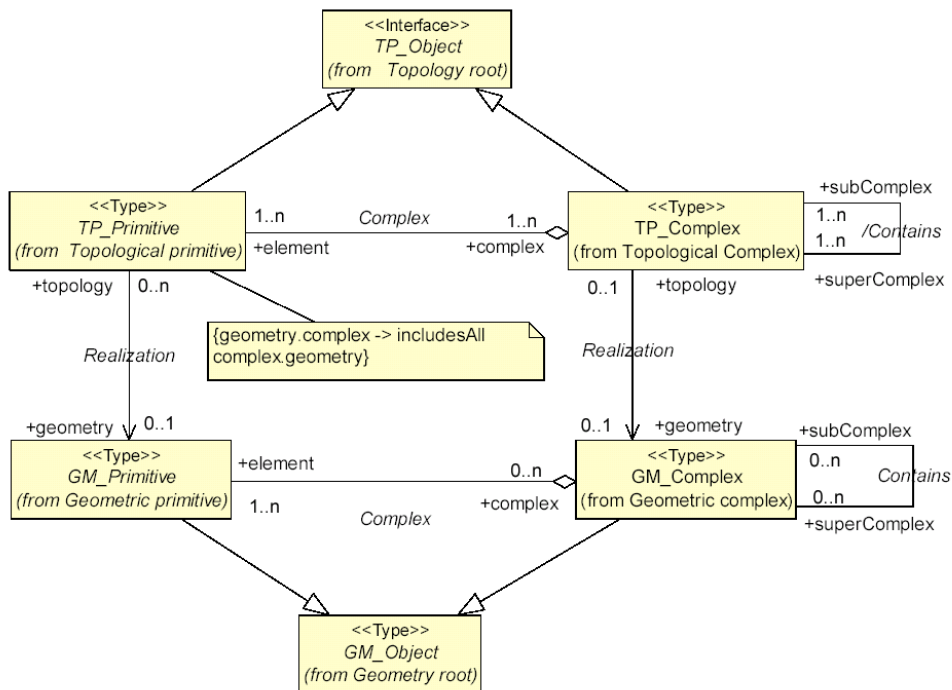
Kao i kod geometrijskih i topološki paketa nasljeđuju od korijenske klase TP_Object osnovna svojstva, a TP_Complex je organizirana struktura sastavljena od TP_Primitive. Glavna razlika u odnosu na geometrijske pakete ogleda se u nemogućnosti samostalnog pojavljivanja TP_Primitive, već samo u okviru barem jednog TP_Complex (Slika 55).



Slika 55. Dijagram topoloških klasa (OGC 2001a)

Topološki se kompleks sastoji od topoloških primitiva (čvor, brid, petlja, ...) dimenzija od 0 do dimenzije promatranog kompleksa. Dakle 2-dimenzijski kompleks mora se sastojati od petlja, bridova i čvorova.

Ključ razumijevanja načina korištenja računске topologije je usporedba odgovarajućih procedura u oba sustava (geometrijski i topološki) među kojima postoji veliki dio paralelizma (Slika 56).



Slika 56. Odnos između geometrije i topologije (OGC 2001a)

Vrlo važna veza između TP_Primitive i GM_Primitive je ostvarenje (*engl. realization*). Ona povezuje TP_Primitive s GM_Primitive kojeg predstavlja u maksimalnom kompleksu. Svaki GM_Primitive može biti vezan s najviše jednim TP_primitive u bilo kojem TP_Complex. Ako je taj TP_Primitive u nekom realiziranom TP_Complex biti će vezan s točno jednim GM_Primitive. GM_Primitive može biti vezan s različitim TP_Primitive u okviru različitih TP_Complex.

Jedan GM_primitive može biti uključen u više neovisnih GM_Complex od kojih svaki može biti ostvarenje različitog TP_Complex. Dakle GM_Primitive može biti ostvarenje više različitih TP_Primitiva, pošto se TP_Primitive mora pojaviti u točno jednom maksimalnom TP_Complex.

5.5.2. Ostale važnije norme i standardi

Od 80-tih godina dvadesetog stoljeća razvilo se, zbog nepostojanja svjetski prihvaćenog, nekoliko nacionalnih i agencijskih standarda. Dva najšire prihvaćena su opisani u ovom poglavlju, a razvijeni su na poticaj NATO saveza i američke savezne vlade.

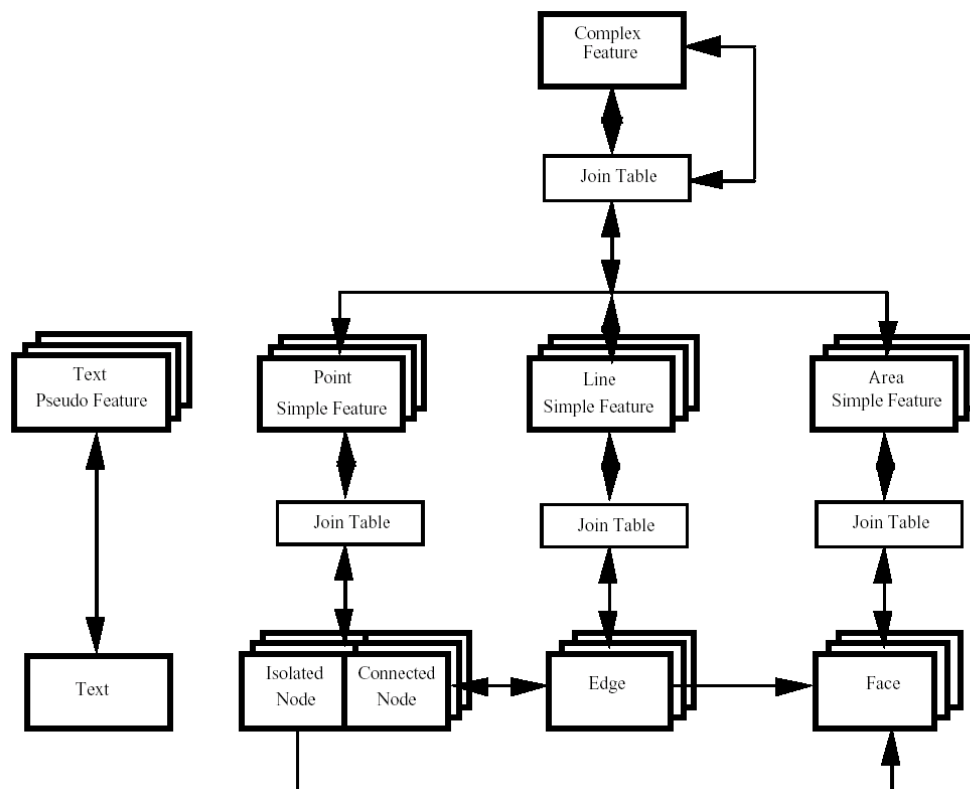
5.5.2.1 Inicijativa Sjeverno Atlantskog Saveza

Nepostojanje općeprihvaćenog i dobro razrađenog standarda za modeliranje prostornih informacija natjeralo je zemlje članice NATO saveza početkom 80-tih godina dvadesetog stoljeća da osnuju vlastitu radnu grupu DGIWG (*engl. The*

Digital Geographic Information Working Group) koja ga je trebala razviti (URL5). Uskoro je od strane navedenog tijela objavljena i prva verzija DIGEST-a (*engl. The Digital Geographic Information Exchange Standard*). Ovim je standardom omogućena učinkovita razmjena digitalnih prostornih podataka između vojnih struktura država članica NATO saveza.

DIGEST podržava razmjenu rasterskih i vektorskih digitalnih prostornih podataka uz različite stupnjeve topološke strukturiranosti od topološki potpuno nestrukturiranih (špageti) podataka po sve do punog topološkog modela. Za detaljni opis stupnjeva topološke strukture pogledati (DGIWG 2000).

Kako je u vrijeme nastajanja ovog standarda relacijski model prevladavao u krugovima korisnika prostornih podataka i ovaj je model temeljen na istom. Posebno je detaljno razrađen model relacijski vektorskih podataka VRF (*engl. Vector Relational Format*) (Slika 57).



Slika 57. DIGEST VRF format (DGIWG 2000)

Kako je veliki broj aktivnih članova DGIWG ujedno uključeno i u rad ISO/TC211 svaka je novija verzija DIGEST-a više u skladu s standardima objavljenim od spomenute međunarodne organizacije.

5.5.2.2 Inicijativa Sjedinjenih Američkih Država

Snažna decentralizacija državne uprave u SAD-u uzrokovala je i pojavu velikog broja nekompatibilnih načina upravljanja prostornim informacijama. Zbog toga je 60-tih godina dvadesetog stoljeća savezna vlada SAD-a započela program FIPS (*engl. Federal Information Processing Standard*), a 1980. godine otpočinje razvoj

SDTS (*engl. Spatial Data Transfer Standard*). Prva njegova verzija objavljena je 1992., a trenutačna 1997. godine. Sve savezne agencije dužne su od 1994. godine modelirati podatke prema ovom standardu (URL6).

Osnovni standard se sastoji od tri dijela i to logičke specifikacije, prostorna obilježja i ISO 8211 kodiranje. Implementacija SDTS-a se obavlja ograničene podskupove odnosno profile koji postaju dopunski dijelovi standarda.

Model vektorskih podataka određen je TVP (*engl. The Topological Vector Profile*) profilom. Prostorni podaci modeliraju se kroz SDTS kao samo geometrija, geometrija i topologija i samo topologija. U okviru logičkih specifikacija detaljno je izložen pristup odvojenog modeliranja topologije i geometrije prostornog podatka (Slika 58).

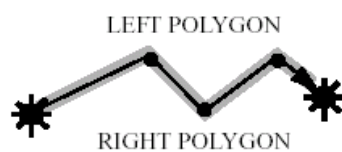


Figure 8 - Area chain

2.3.2.5.3 Network chain (LW, LY).

A chain that explicitly references start and end nodes and not left and right polygons (see Figure 9). It is a component of a network (2.3.4.5.3).

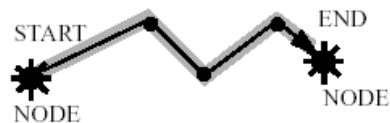


Figure 9 - Network Chain

2.3.2.6 Ring.

A sequence of nonintersecting chains or strings and (or) arcs, with closure. A ring represents a closed boundary, but not the interior area inside the closed boundary.

2.3.2.6.1 G-ring (RS, RA, RM).

A ring created from strings and (or) arcs (see Figure 10).

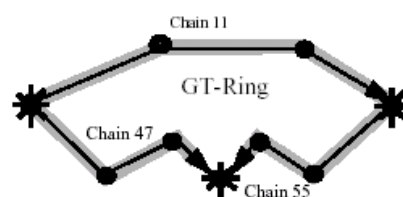


Figure 11 - GT-ring

2.3.3 Definition of Two-dimensional Spatial Objects

An area is a generic term for a bounded, continuous, two-dimensional object that may or may not include its boundary.

2.3.3.1 Interior Area.

An area not including its boundary (see Figure 12).



Figure 12 - Interior Area

2.3.3.2 G-Polygon (PG).

An area consisting of an interior area, one outer

Slika 58. Način prikaza geometrijskih i topoloških struktura (ANSI 1997)

Osim onog kojim je opisano modeliranje vektorskih podataka ovaj standard opisuje i načine modeliranja rasterskih podataka, te podataka koji se sastoje samo od točaka s koordinatama velike točnosti.

6. Računalne tehnologije

Nekoliko je činjenica važno za popularizaciju računalne tehnologije u različitim dijelovima sustava za upravljanje prostornim informacijama. Pojava i sazrijevanje hardverskih platformi svake vrsta samo je prva među jednako važnim. Prva softverska osnova tome su CAD (*engl. computer aided design*) i RDBMS (*engl. relational database management system*) tehnologije koje se pojavljuju u približno isto vrijeme.

S druge strane GIS tehnologija, iako prvenstveno razvijena u svrhu analize podataka, snažno potiče razvoj suvremenih metoda u evoluciji sustava za upravljanje prostornim podacima, prostorne baze podataka (*engl. spatial database management system - SDBMS*). U (Maguire i dr. 1991) učinjena je podjela informacijskih sustava na one koji se bave:

- obradom transakcija i
- podrškom donošenju odluka.

Ovo je podjela koja dobro odgovara dvjema aktualnim tehnologijama s područja prostornih podataka, GIS-u i SDBMS. Prema (Shekhar i Chawla 2003) razlika između ovih tehnologija očituje se orijentiranosti GIS-a manjem broju podataka s većim analitičkim sposobnostima dok je kod SDBMS obrnuto.

6.1. Računalom podržano crtanje

Usprkos svih svojih nedostataka CAD je, pogotovo 80-tih i 90-tih godina dvadesetog stoljeća igrao važnu ulogu u svijetu digitalnih sustava za upravljanje prostornim podacima. Slojni model pohrane i upravljanja prostornim podacima pokazao se kao veoma povoljan za tadašnje potrebe. Zbog toga je kako na našem (Ivšić i Sukić-Majstorović 2001, Tribuljak 1999), tako i na inozemnom području dosta korišten kao osnova takvih sustava (Tuomaala i Uimonen 1998).

Sustavi temeljeni na CAD-u mogu se prema (Hesse 1991) podijeliti na tri osnovne skupine:

- «čisti» CAD sustavi,
- CAD+RDBMS sustavi,
- CAD+RDBMS+implicitna topologija.

Osnovni CAD elementi (točka, linija, ...) predstavljaju ovdje i osnovu za modeliranje prostornog podatka. Oni se u okviru CAD sustava pohranjuju u proizvođačkom formatu zapisa u prema slijedu nastanka. pojedini su elementi neovisni jedni od drugih, a mogu eventualno imati dodatno pohranjene korisničke podatke, također pohranjene u okviru CAD datoteke.

Sustavi temeljeni na ovakvom «čisto CAD» modelu ograničeni su na vizualno pretraživanje (eventualno prema korisničkom podatku ovisno o implementaciji). U okviru ovakvih sustava nije moguće uvesti bilo kakva pravila ili zahtjeve (prvenstveno topološke zakonitosti) koje bi morali ispunjavati CAD elementi.

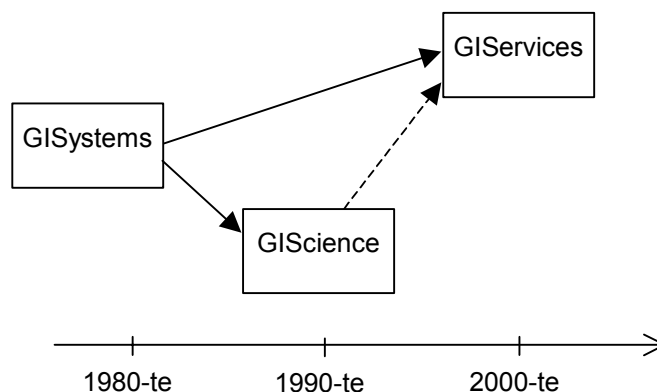
Opisni su podaci u okviru odvojenog sustava bio on analogne ili digitalne prirode, odnosno nije moguće uspostaviti vezu između prostorne i opisne sastavnice.

Značajan napredak prvenstveno u analitičkom smislu, ostvaren je povezivanjem CAD sustava s bazom podataka, najčešće relacijskog modela. Dodjeljivanjem jedinstvenog identifikatora prostornom objektu, te povezivanjem istog s n-torkom u tablici baze podataka ostvaruje se veza između dvaju sustava. Ovim nažalost nije postignut nikakav stupanj sigurnosti, konzistentnosti, ili prisiljeno očuvanje topoloških zakonitosti. Prostorna sastavnica i dalje ostaje u potpunosti upravljana CAD sustavom. Ipak ovakvi su sustavi sposobni provoditi jednostavnije analize ili pretraživanja, a pogotovo su pogodni za razne tematske prikaze, odnosno promjenu prikaza na osnovu vrijednosti atributa iz baze.

Konačno najsloženiji model sustava za upravljanje prostornim podacima temeljen na CAD tehnologiji nastao je uvođenjem barem jednostavnijih mehanizama za kontrolu topoloških zakonitosti. Načelno je ovdje prvo potrebno posebnim algoritmima «očistiti» geometrijske podatke od topološke nekonzistentnosti, te predati sustavu takve podatke na održavanje. Ovdje je nadalje moguće provoditi i složenije upite i analize, no i dalje ne postoji automatizam za njihovo očuvanje prilikom promjena. Razlog tome je tek implicitno uvođenje topoloških zakonitosti, dok je osnovni format zapisa podataka i dalje CAD proizvođački, bez unutarnjeg topološkog smisla. Najznačajniji predstavnici ovakvih sustava jesu AutoCAD Map i Microstation Geographics.

6.2. Geoinformacijski sustavi

Slobodno je moguće reći kako je upravo GIS izvor i pokretač velikog broja pozitivnih trendova na kojima se temelji današnje općenito tehnološko stanje u području upravljanja prostornim podacima. Definicija GIS-a ima otprilike koliko i značajnih znanstvenika s tog područja, a širok pregled tada aktualnih daju (Maguire i dr. 1991), te naglašavaju tri važna čimbenika prezentaciju, pohranu i analizu podataka. Općenito se pod GIS-om već duže vremena ne podrazumijeva samo tehnologija već je to cijela znanost, pa (UCGIS 2003) uvodi pojam GI S&T (*engl. science and technology*), dok (Shekhar i Chawla 2003) grafički prikazuju povijest ovog pojma (Slika 59). Važniji pojmovi o GIS-u dobro su objašnjeni na (URL19).



Slika 59. Razvoj pojma GIS (Shekhar i Chawla 2003)

Dva najvažnija trenda koji određuju smjer razvoja sustava za upravljanje prostornim podacima su objektno modeliranje prostornih podataka, i topološke strukture i zakonitosti. Upravo su GIS stručnjaci kako iz razvojnog tako i korisničkog područja uvidjeli prednosti, predlagali i implementirali ova dostignuća. Objektna načela modeliranja uvedena su zbog mogućnosti prirodnijeg uopćavanja objekata iz prirode i općenito tamo prisutnih naprednih mehanizama. Posebno je ovo važno za njihovu prostornu sastavnicu koja je po prirodi složene strukture što je za relacijski model čini neprikladnom.

Topološke su strukture i zakonitosti i njihova važnost za model prostornih podataka već detaljno opisane u prethodnim poglavljima, pa navedimo samo najvažnija područja njihove primjene. Topološkim se strukturiranjem podataka može izbjeći redundancija geometrijskih podataka, što nije važno samo zbog količine podataka, već se umanjuje mogućnost pojave nekonzistentnosti. Topološko strukturiranje podataka omogućava povećanje brzine obavljanja različitih geometrijskih računanja.

Ne ulazeći u trenutno stanje stvari na GIS tržištu pošteno je ovdje spomenuti neke od sustava koji su služili kao pozitivna podloga današnjem stanju. Zanimljivo je da su već krajem 80-tih godina dvadesetog stoljeća postojali sustavi koji bi danas mogli bez problema zadovoljiti potrebe suvremenog sustava za upravljanje prostornim podacima (Hesse 1991). Nažalost pojavili su se nešto prije svog vremena pa ih tržište nije u dovoljnoj mjeri prihvatilo.

Možda najpoznatiji od njih je System 9 tvrtke Prime Wild GIS inc. Njegova je koncepcija temeljena na objektnom sučelju izgrađenom povrh klasične relacijske baze podataka. Korisniku je time omogućeno modeliranje objekata iz prirode putem navedenog sučelja dok se svi podaci pohranjuju u RDBMS. U okviru sustava je podržano i topološko modeliranje prostornih objekata. Pravi objektni GIS sustav također je u prošlosti postojao (nažalost više nije održavan) i to TIGRIS (*engl. topologically Integrated geographic information system*) tvrtke Intergraph. U okviru TIGRIS-a bili su uključeni čak i najnapredniji mehanizmi kao učajurivanje i nasljeđivanje. Jedan od razloga njegova neuspjeha na tržištu je i ograničenje na unaprijed definirane objekte i konstrukcije, bez iskorištavanje naprednih objektnih mehanizama (osim za uski krug razvojnih korisnika). Bez obzira na to ovaj je sustav bio vrlo napredan s automatskim mehanizmima za održavanje topološke konzistentnosti.

U to vrijeme je i, tada u pokusnoj fazi, razvijan i napredni nizozemski sustav za upravljanje katastarskim podacima temeljen na PostgreSQL relacijskoj bazi podataka i PROCOL programskom jeziku (Oosterom i Bos 1989), a neka ispitivanja su obavljena i na području bivše Jugoslavije (Galić 1991). Konačno važno je naglasiti kako je GIS tek alat koji nam može pomoći u procesu upravljanja nekim skupom prostornih podataka. Osnova sustava i dalje su sami podaci modelirani i pohranjeni u nekom univerzalnom formatu kojima se i većina GIS alata sve više priklanja. Najrašireniji GIS alati su Geomedia paleta proizvoda, ArcView i njegove izvedenice te MapInfo i njegove podvrste.

6.3. *Prostorne baze podataka*

U današnje vrijeme upravljanje velikim količinama podataka najčešće se obavlja korištenjem (digitalnih) baza podataka. Suvremene metode prikupljanja i obrade priskrbuju, a moderno društvo zahtijeva velike količine kvalitetnih prostornih podataka. Temeljem prethodnih dviju izjava moguće je izvesti zaključak kako se prostornim podacima danas upravlja korištenjem baza podataka potpomognutim GIS alatima.

Veliki broj sustava za upravljanje bazama podataka dostupan je na tržištu već dugo vremena. Iako je ovdje naglasak na relacijskom modelu, koji je puno rašireniji i pristupačan već i kućnom korisniku, za nešto zahtjevnije potrebe koriste se sve više i objektni sustavi.

Nadalje je važno spomenuti kako iako relacijski model podataka nema ograničenja koja bi u potpunosti onemogućila implementaciju sustava za upravljanje prostornim podacima, ipak su klasična rješenja temeljena na njemu za tu svrhu najblaže rečeno neprikladna. Prema (Oosterom 1990) glavni nedostaci klasičnih relacijskih baza podataka (ali i objektnih) su:

- ne podržavaju prostorne vrste podataka (*engl. spatial data type - SDT*) koje je stoga potrebno dodatno modelirati korištenjem dostupnih mehanizama, a time je nadalje uvedena redundancija,
- ne podržavaju prostorne operacije pa se upravljanje bazom mora provesti korištenjem složenih, a time i neučinkovitih, relacijskih operacija uz učestalo korištenje posebnih aplikacijskih funkcija,
- ne podržavaju višedimenzionalno indeksiranje, što učinkovito pretraživanje prostornih objekata čini nemogućim.

Baze podataka bi dakle kako bi bile pogodne za upravljanje prostornim podacima morale imati riješene navedene nedostatke. Prilično dobro preklapanje s prethodnom negativnom definicijom daje (Güting 1994) u svojoj pozitivnoj definiciji prostornih baza podataka:

- prostorna baza podataka je baza podataka,
- ona u svom modelu podataka i query jeziku nudi prostorne vrste podataka,
- ona u implementaciji podržava prostorne vrste podataka, pružajući barem prostorno indeksiranje i učinkovite algoritme za prostorno spajanje (*engl. spatial join*).

Iako nije najnovija, ova se definicija smisleno ne razlikuje od novijih kao npr. (Shekhar i Chawla 2003).

Kako su prostorni podaci uvijek vezani s opisnim, SDBMS mora omogućiti njihovu zajedničku pohranu, dakle mora biti prilagođen i klasičnim pretpostavkama modeliranja i pretraživanja podataka. Drugi dio definicije postavlja zahtjev za uvođenjem posebnih prostornih vrsta podataka (točka, linija, ...) koji čine osnovno uopćenje potrebno za učinkovito modeliranje prostornih objekata. Posljednji dio pretpostavlja postojanje mehanizama za pristup podacima bez potrebe za pretraživanjem cijelog skupa.

Sve do sada navedeno nikako ne isključuje sustave temeljene na relacijskom modelu, naravno ako ispunjavaju navedene zahtjeve.

Iako je GIS glavna tehnologija koja potiče razvoj i zanimanje za SDBMS, njegova je ciljna skupina korisnika, barem zasada, drugačija. Mehanizmi za analizu i vizualizaciju prostornih podataka, uglavnom ipak vezanih za Zemlju, glavna su snaga GIS-a. Može se reći da je GIS tehnologija koja pruža široki skup operacija nad (relativno) malim brojem objekata.

Prostorne baze podataka su pak više okrenute upravljanju podacima, a manje vizualizaciji i analizi. Pretraživanja vrste «prikaži sve čestice koje su okružene najvećim brojem drugih čestica» lakše se obavljaju korištenjem SDBMS. Tradicionalna svojstva DBMS, kao mogućnost višestrukog pristupa (*engl. concurrent access*), repliciranje, očuvanje konzistencije i dr. naslijeđena su dakako i u SDBMS. Analogno prethodnom može se reći da je SDBMS tehnologija koja pruža manji broj operacija nad velikom količinom podataka. Posrednim ili neposrednim spajanjem ovih dviju tehnologija moguće je uspostaviti cjeloviti sustav za upravljanje prostornim podacima svake vrste. Sučelje s korisnikom ovdje predstavlja GIS, podaci se čuvaju u SDBMS, a funkcionalnost oba je povezana za najučinkovitiji stupanj korištenja.

Konačno, važno se ovdje dotaknuti i u krugovima ljudi koji se bave bazama podataka već dugo vrlo aktualne teme, logičkog modela podataka odnosno relacijskog nasuprot objektnog pristupa. Kao prvo treba ustvrditi kako je klasični relacijski model u cijelosti napušten kod implementacije SDBMS.

Prednosti objektnog pristupa su nedvojbene i navedene u prethodnim poglavljima. Prave objektno baze podataka su već u dovoljnom broju dostupne na tržištu i dovoljno su sazrijele za prihvaćanje sustava za upravljanje prostornim podacima. No kako trenutno niti jedan od proizvođača ne nudi spomena vrijednu implementaciju prethodno navedenih zahtjeva OODBMS nisu naišli na odaziv kod korisnika.

S druge strane ORDBMS, tehnologija koju potiču tradicionalno veliki proizvođači DBMS-a (posebno Oracle i IBM), već je postala zrela i dostupna. Što je ovdje još važnije ponuda implementacija SDBMS-a na njima se uglavnom sastoji od izvornih proizvođačkih ali i od nekih nezavisnih softverskih kuća (Laser-Scan Ltd. 2001), kao i otvorenih (*engl. open source*) cjelovitih rješenja (Medak i dr. 2003). Na kraju, ali nikako manje važno, SQL je široko prihvaćeni i lako razumljivi standard, ovdje prema potrebi proširen. Dakle iako vuče korijene od zastarjele relacijske tehnologije ORDBMS trenutno proživljavaju procvat, posebno zahvaljujući SDBMS, a novi život mogu zahvaliti prihvaćanjem objektnih mehanizama. Najznačajniji predstavnici SDBMS su Oracle9i Spatial i PostgreSQL.

6.4. Pristup podacima – Internet

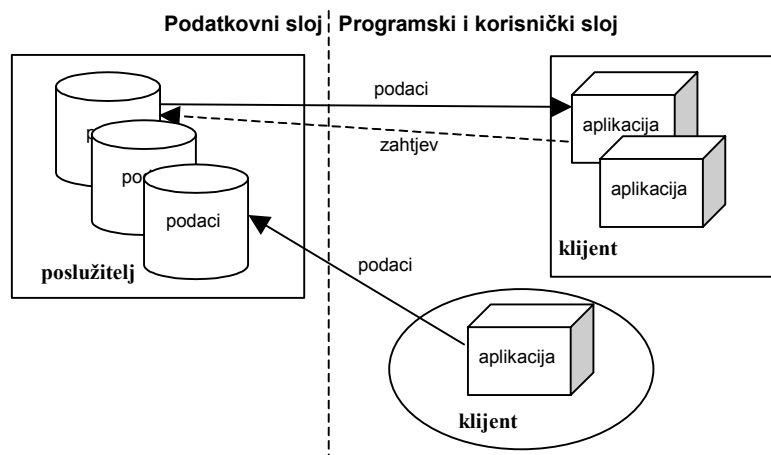
Razvojem i popularizacijom Interneta širi se i krug korisnika podataka o nekretninama odnosno općenito prostornih podataka. Različiti formati kao i opseg podataka uzrokom su nastanka nekoliko različito orijentiranih tehnologija njihova prijenosa, prezentacije i načina obrade. Još uvijek duboko ukorijenjena klijent-poslužitelj arhitektura razvija se brzo u dva glavna smjera, ovisno o vrsti podataka

i korisnika, dok se istovremeno istražuje i brzo nadolazeća distribuirana arhitektura (Tsou i Buttenfield 2002).

6.4.1. Mrežne programske arhitekture

Pojavom LAN (*engl. Local Area Network*) tehnologije postala su računala svjesna svojeg okružja, odnosno jedna drugih, među kojima i rjeđih pripadnika posebne vrste nazvane poslužitelji (*engl. Server*). Računala koja pristupaju poslužiteljima nazvana su klijenti, pa je tako nastao prvobitni klijent-poslužitelj model računalne arhitekture. Velika središnja (*engl. Mainframe*) poslužiteljska računala bila su u verziji modela poslužitelj terminala (*engl. terminal server*) nosilac kako podataka tako i programa (operacijski sustav i aplikacije). Klijentska računala predstavljala su dakle samo terminale za prikaz i unos podataka.

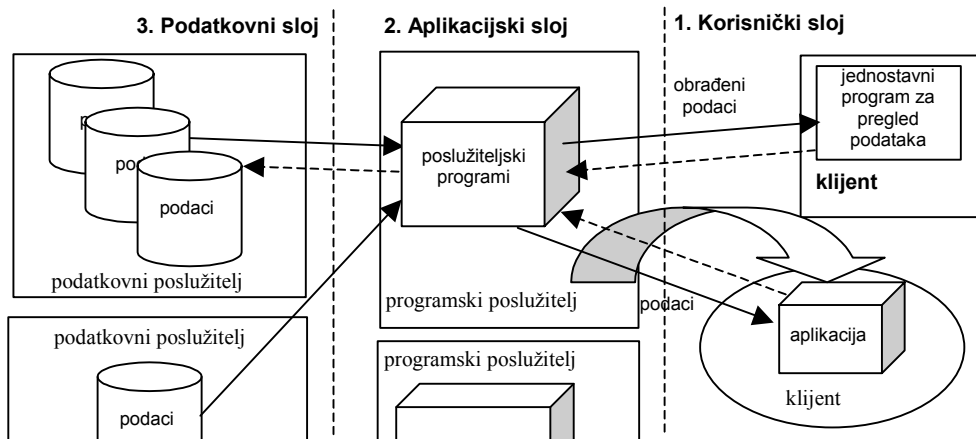
No polako se približavanjem jačih hardverskih resursa sve manje zahtjevnim korisnicima ovaj model značajno promijenio. Sada je klijent-poslužitelj model podijeljen na poslužitelj na kojem se nalaze podaci i klijent koji sadrži programsku podršku. Arhitektura je podijeljena na dva dijela (sloja, razine, reda) (*engl. Tier*) i to klijent s programima i poslužitelj s podacima (Slika 60). Odlike ovog modela su u početku bile relativno jeftina i dobro razvijena klijentska programska podrška, sa strmom krivuljom razvoja. Ovaj je model još uvijek prilično duboko ukorijenjen pogotovo u manje zahtjevnim uredskim poslovima, no pokazuje sve veće nedostatke. Sva je logika na klijentskom računalu pa ju je teško držati aktualnom i sigurnom, teže je držati aplikacije u skladu s brzim razvojem standarda, itd. Osim navedenog značajan je nedostatak ovog modela neposredan pristup podacima od strane različitih aplikacija i klijentskih računala neujednačenog stupnja zaštite čime je ugrožena njihova sigurnost i cjelovitost.



Slika 60. 2-slojna arhitektura

Navedeni nedostaci 2-slojne razlogom su sve većeg zamaha nove 3-slojne arhitekture. Razlika u odnosu na prethodnu je odvajanje aplikacijskog i korisničkog sloja. Aplikacijski se sloj sada nalazi na posebnom aplikacijskom poslužitelju (*engl. Application server*) (Slika 61). Važno je ovdje primijetiti da se kod ove arhitekture ne mora sva obrada obavljati na poslužitelju, već se dio može preseliti i na klijentsko računalo pošto računala nadilaze prvobitne terminale zadržavanjem samostalnost kroz vlastiti operacijski sustav. Za razliku od prvobitne arhitekture kod koje je sva programska podrška bila smještena isključivo na poslužitelju

moguće je ovdje u stvarnom vremenu, a u trenutku pristupa poslati potrebni dio aplikacije klijentu.



Slika 61. 3-slojna arhitektura

Korisnički sloj ostaje zadužen za primanje, obradu i prosljeđivanje korisnikovih zahtjeva i prikaz podataka, ali glavni je dio sustava sada aplikacijski poslužitelj odnosno srednji sloj arhitekture. Na njemu se uvijek nalazi aktualna verzija svih programa, koje on prema potrebi dalje prosljeđuje. Osim toga on služi kao učinkovita zaštita podataka, pošto nestaje potreba za neposrednim pristupom od strane korisnika. Korisnik postavlja zahtjev koji se na aplikacijskom poslužitelju obrađuje te on dalje komunicira s podatkovnim poslužiteljem. Na podatkovnom poslužitelju nalaze se različiti oblici baza podataka kojima mogu pristupati brojni aplikacijski poslužitelji.

Pojedini slojevi ove arhitekture nisu nužno i fizički odvojeni. Moguće je dakle bilo koju kombinaciju slojeva izvesti na fizički jedinstvenom resursu uz samo logičku podijeljenost. Tako je na primjer moguće podatkovni i aplikacijski poslužitelj uspostaviti na jednom računalu što u nekim slučajevima može biti prednost (smanjenje mrežnog prometa). Posebno pogodna tehnologija za razvoj sustava osnovanih na 3 ili više-slojnoj arhitekturi zove se J2EE (*engl. Java 2 Enterprise Edition*) (Matena i dr. 2003).

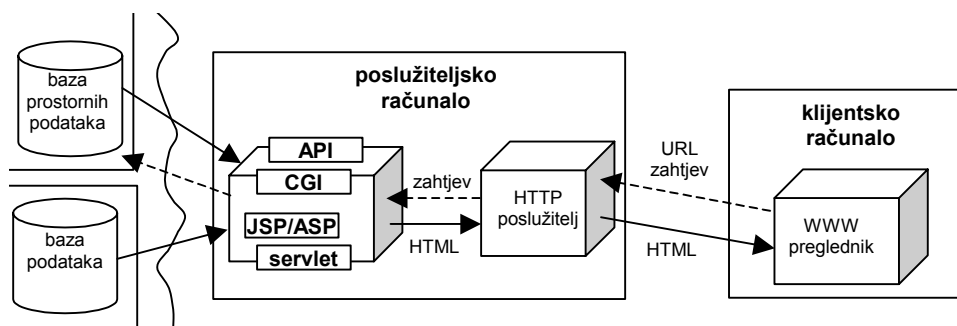
Iako su i druge kombinacije vrsta mreža i protokola moguće WAN (*engl. Wide Area Network*) osnovana na TCP/IP skupini protokola je daleko najčešća. Internet je ovdje samo najpoznatiji i najveći primjer. Osnovni bi komunikacijski protokol dakle bio HTTP, glavna aplikacija na klijentskom računalu je WWW preglednik koji komunicira s WWW (HTTP) poslužiteljem koji je pak sastavni dio srednjeg sloja arhitekture. Najveće razlike javljaju se u rješenju drugog dijela srednjeg sloja (koja komunicira s podatkovnim poslužiteljem), a dvije su glavne struje ovdje određene lokacijom na kojoj se odvija (veći dio) aplikacija. Općenito su sustavi koji potječu od SDBMS orijentirani poslužiteljskom obavljanju aplikacija, a oni s porijeklom u GIS sustavima ipak dio prenose na korisničko računalo. U svrhu postizanja najučinkovitijeg sustava potrebno je pronaći najbolji omjer opterećenja klijenta i poslužitelja (Vatsavai i dr. 2000).

Općenito se može reći da se primjenom više-slojne arhitekture u cijelosti podiže učinkovitost informacijskog sustava. Samo najvažniji dobici su povećanje

sigurnosti podataka unutar sustava, mogućnost uklapanja različitih hardverskih platformi i operativnih sustava, izbjegavanje mogućnost pojave redundantnih podataka i dr.

6.4.1.1 Poslužiteljske aplikacije

Razmotrimo prvo sustav kod kojeg se aplikacije obavljaju na strani poslužitelja. Općenito WWW preglednik stvara i šalje zahtjev u obliku URL-a prema uobičajenom HTTP poslužitelju koji je najčešće sastavni dio srednjeg sloja GIS ili sustava baze prostornih podataka. Ovaj prosljeđuje zahtjev aplikacijskom poslužitelju koji dalje temeljem toga od podatkovnog poslužitelja preuzima podatke, te ih pretvara u oblik pogodan za prijenos HTTP-om. Ovo je češće neki podržani rasterski format (JPG,GIF,...), ali u novije vrijeme i neki vektorski (objašnjeno kasnije). Konačno HTTP poslužitelj preuzima oblikovani odgovor na postavljeni zahtjev te ga prosljeđuje na odredište (Slika 62).



Slika 62. Općeniti tijek zahtjeva i odgovora poslužiteljske aplikacije

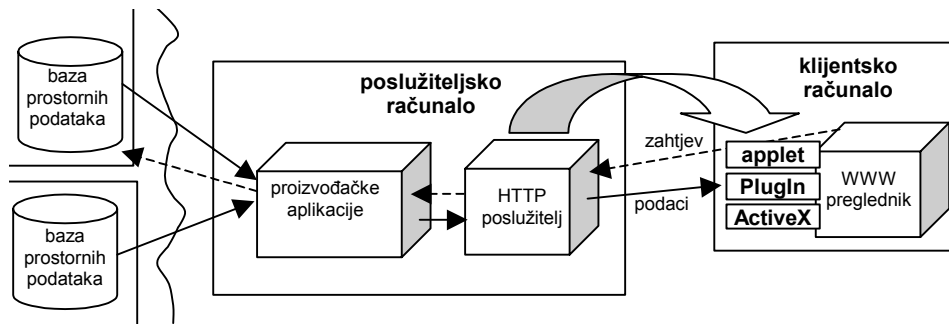
Razlike unutar ovog modela temelje se na načinu na koji aplikacijski poslužitelj stvara standardnu HTML stranicu, a ovdje postoji nekoliko osnovnih tehnologija koje ovdje neće biti detaljnije opisane već samo spomenute. Prve su se pojavile CGI skripte pa su i najsiromašnije mogućnostima, a kasnije se pojavljuju moćnije i učinkovitije Servlet te ASP i JSP tehnologije (Polley 1998, Majid 2000, Leukert i dr. 2000).

Najveća prednosti poslužiteljskih aplikacija je krajnja jednostavnost komunikacije između korisničkog i aplikacijskog sloja koja se odvija prema osnovnim postavkama HTTP-a. Ako je potrebno jednostavno prezentirati podatke i odgovarati na jednostavnije upite ovo rješenje je sasvim zadovoljavajuće. Ograničavajući čimbenici su ovdje dakle mala mogućnost analize podataka uzrokovana djelomično jednostavnim korisničkim sučeljem određenim ograničenjima protokola, ali svakako i opasnošću od preopterećenja poslužiteljske procesne snage u slučaju višestrukih složenih upita. Važno je dakako imati na umu kako se ovdje svaki i najjednostavniji zahtjev obrađuje na poslužitelju što kod većeg opterećenja može ugroziti mrežnu propusnost.

6.4.1.2 Klijentske aplikacije

U slučaju kada je potrebno korisniku staviti na raspolaganje veći broj složenijih alata za analizu podataka koristi se arhitektura temeljena na klijentskim aplikacijama. Općenito po primitku prvog zahtjeva HTTP poslužitelj aplikacijskog

sloja arhitekture na istu adresu šalje dio programskog koda koji najčešće predstavlja neki oblik proširenja WWW preglednika i prikazuje se unutar njega. Korisnik sada pomoću novog sučelja oblikuje svoj upit kojeg ono prosljeđuje dalje aplikacijskom poslužitelju. Ovaj nadalje prikuplja podatke od podatkovnih poslužitelja i temeljem njih oblikuje njihov skup za slanje natrag klijentskoj aplikaciji. Podaci koji se vraćaju tražiocu putuju najčešće temeljem standardnih protokola, ali su kodirani u proizvođački format. Prethodno ugrađeno proširenja WWW preglednika pretvara podatke u oblik prikladan za prikaz te ih prikazuje (Slika 63).



Slika 63. Općeniti tijek zahtjeva i odgovora klijentske aplikacije

Za razliku od poslužiteljskih aplikacija koje se sve u cijelosti odvijaju na poslužiteljskom računalu i koriste njegove resurse i sigurnosne postavke, postoje kod klijentskih dodataka WWW preglednicima dvije različite skupine. S jedne strane su tzv. Java Applet aplikacije uključene u html dokumente. Ovo su prave aplikacije pisane u JAVA programskom jeziku, a za čije se izvođenje na klijentskom računalu s poslužitelja privremeno preuzimaju potrebne klase. Veoma je važno ovdje spomenuti kako se jednom preuzete klase ne pohranjuju na klijentskom računalu niti je potrebno dozvoliti im neposredan pristup diskovnom prostoru. Prednost ovakvog pristupa je minimalna mogućnost ugrožavanja lokalne sigurnosti i uvijek aktualna verzija klasa. Nedostatak je potreba za njihovim ponovnim preuzimanjem kod svake nove sesije pristupa.

Za razliku od Java Appleta posebni dodaci koji proširuju mogućnosti WWW preglednika Plug In odnosno ActiveX preuzimaju se samo jednom i ostaju trajno na korisnikovom čvrstom disku. Jasno da se ovdje postavlja pitanje sigurnosti pošto je potrebno nepoznatoj aplikaciji dozvoliti pristup lokalnim sistemskim resursima, ali je s druge strane nije potrebno svaki put preuzimati (što može biti i prednost i nedostatak ovisno o točki pogleda). Osim do sada navedenog potrebno je još spomenuti da su trajni dodaci uglavnom ipak robusniji, moćniji i bogatiji mogućnostima (Polley 1998, Majid 2000, Leukert i dr. 2000).

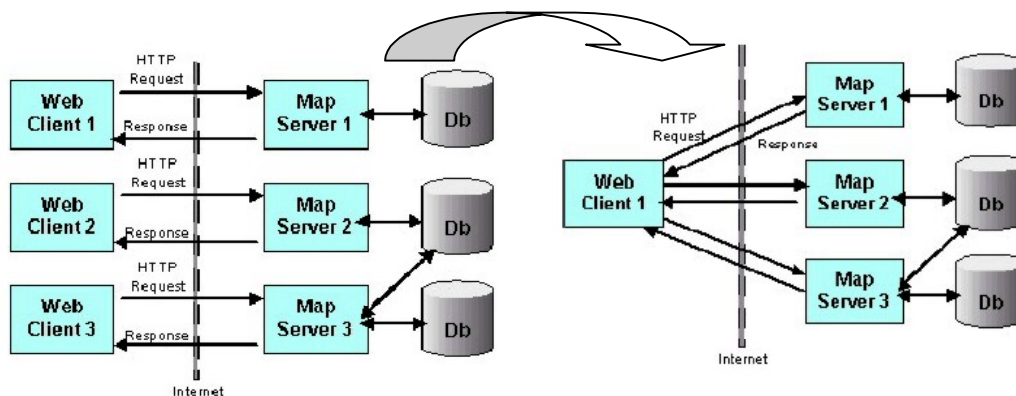
Prednosti klijentskih aplikacija svakako su proširena funkcionalnost i rasterećenje poslužiteljskih i mrežnih resursa. Ako je potrebno provoditi bilo kakve analize nad podacima ovo je dakle bolje rješenje. Potencijalni problemi mogu se ovdje javiti kod preuzimanja dijelova programskog koda koje može biti kod Plug In odnosno ActiveX dodataka riješeno i off-line, te eventualno kod instalacije na klijentsko računalo zbog nekompatibilnosti.

6.4.2. Standardi i podaci

Prikljanjanje općenitom trendu međudjelovanja i razmjene podataka posebnih za pojedinu djelatnost uvjetovan je, kao i u svakoj grani ljudske djelatnosti definiranjem pravila kojih se svaka od strana u odnosu treba pridržavati. Značajna institucija koja se bavi između ostalog i problemima pristupa prostornim podacima na WWW-u je OGC koja je unatrag nekoliko godina razvila brojna objavila brojna pravila u tom pogledu. Općenito definiranjem svake pravila na WW-u bavi se W3C (*engl. World Wide Web Consortium*).

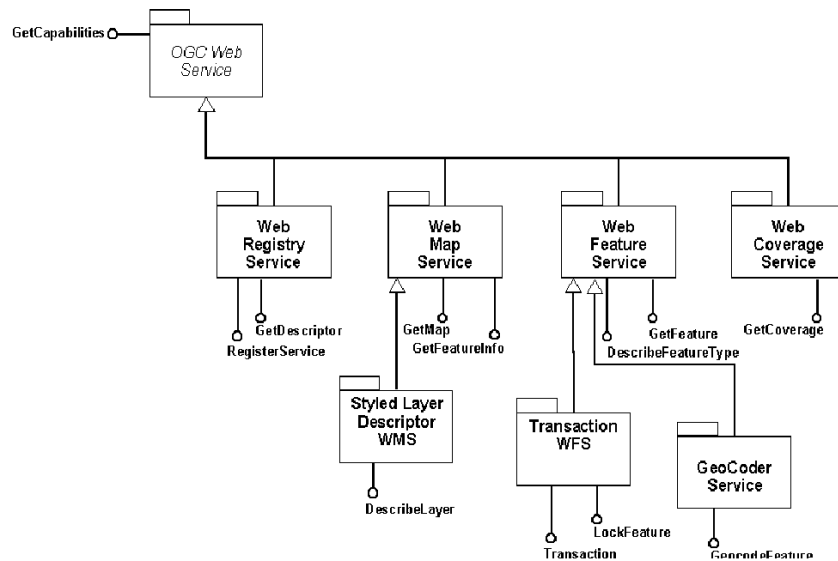
6.4.2.1 OGC WWW usluge

Počevši od Xerox PARC Map Viewer razvijenog 1994. godine pa sve do nedavno, nije postojao (de jure niti de facto) standard koji bi određivao pravila i protokole prema kojima se definiraju sučelja WWW GIS sustava. Sve veća količina široko dostupnih prostornih podataka i interes proizvođača aplikacija za njihovo korištenje uzrokovao je stanje u kojem je broj implementacijskih rješenja gotovo jednak broju implementiranih sustava. Za korištenje svakog sustava potrebno je koristiti posebno sučelje, a kombiniranje podataka iz različitih izvora je gotovo nemoguće (Slika 64).



Slika 64. Shematski prikaz OGC inicijative (OGC 2003a)

Kako bi desni dio (Slika 64) bio moguć potrebno je odrediti pravila prema kojima će se ponašati poslužitelji i klijenti sustava za pristup prostornim podacima. Inicijativu prema ostvarenju navedenog pokrenuo je OGC definiranjem ne-proizvođačkog (*engl. non-proprietary*) pristupa temeljenog na otvorenim sučeljima, načinima kodiranja i shemama. Skup sučelja koja omogućavaju razmjenu malog broja osnovnih naredbi odnosno parametara nazvan je OGC implementacijske specifikacija (*engl. Implementation Specification*), koje je dio nastao radom posebne OGC Web usluge (*engl. OGC Web Services, Phase 2 / OWS-2*) inicijative (Slika 65).



Slika 65. Dijagram OWS-2 arhitekture (OGC 2001b)

Jedan od dijelova OWS-2 je i WMS (*engl. Web Map Service / WMS*) koji određuje osnove računanja putem Web-a, pristup rasterskim datotekama, prikaz, upravljanje i transformaciju koordinata, odnosno određuje protokole za otvorene sustave za manipulaciju prostornim podacima temeljene na klijent-poslužitelj modelu (OGC 2003a). Općenito svrha ovoga je osigurati visoki stupanj uopćenja sučelja koja ne prikazuju načine pronalaženja podatkovnih poslužitelja, traženja podataka od njih, promjene koordinatnih sustava i sl. WMS stvara «prikaze» (*engl. map*) georeferenciranih podataka. Prikaz definiramo kao vidljivu predstavu geoprostornih podataka, a ne same podatke (OGC 2001b). Ovi su prikazi uglavnom ostvareni u slikovnom formatu (GIF, JPEG ili PNG), a rjeđe kao grafički elementi temeljeni na nekom vektorskom formatu (SVG, WebCGM). Općenito ova specifikacija definira način na koji klijent zatražuje prikaze i način na koji poslužitelj opisuje svoje podatke i to kroz tri osnovne operacije:

- GetCapabilities – dobivanje metapodataka o WMS-u,
- GetMap – dobivanje prikaza prema traženim parametrima,
- GetFeatureInfo – dobivanje podataka o nekom obilježju s prikaza.

Drugi važan dio OWS-2 inicijative je WCS (*engl. Web Coverage Service*) koji određuje način rada usluge koja omogućava pristup geoprostornim podacima u (*engl. coverage*) obliku, odnosno u obliku digitalnih geoprostornih informacija koje predstavljaju prostorno-promjenjive pojave (OGC 2003b). Za razliku od WMS koji obrađuje podatke kako bi korisniku priskrbio statičke prikaze ova usluga stavlja na raspolaganje raspoložive podatke zajedno s podrobnim opisom. On dozvoljava postavljanje složenih upita prema tim podacima te korisniku stavlja na raspolaganje podatke s izvornim značenjem čime se otvara mogućnost daljnjih analiza umjesto jednostavnog prikaza. Osnovne operacije ove usluge su:

- GetCapabilities – dobivanje metapodataka o WCS-u,
- GetCoverage – dobivanje vrijednosti atributa područja,
- DescribeCoverage – dobivanje potpunog opisa dobivenog *coverage*.

Slično kao što WCS omogućuje klijentu preuzimanje *coverages*, tako WFS (*engl. Web Feature Service*) dozvoljava korisniku preuzimanje geoprostornih podataka u obliku prostornih obilježja kodiranih u GML-u dobivenih s različitim poslužitelja na Internetu (OGC 2002). Općenito gledano WFS je slijedeći logični korak (nakon WMS i GML) koji omogućava uspostavu distribuirane računalne platforme temeljene na HTTP-u kroz definiranje sučelja za opis i manipulaciju podacima. Osnovne operacije su ovdje:

- GetCapabilities – dobivanje metapodataka o WFS-u,
- GetFeature – dobivanje instanci (pojavnosti) obilježja,
- DescribeFeatureType – dobivanje potpunog opisa obilježja
- Transaction – zahtjev za obavljanjem transakcije (stvaranje, ažuriranje,...) na obilježjima,
- LockFeature – «zaključavanje» instance prilikom transakcije.

Konačno WRS (*engl. Web Registry Service*) određuje zajedničke mehanizme za klasifikaciju, registraciju, opis, pretraživanje i održavanje informacije potrebnih za pristup opisanim resursima odnosno uslugama, a nalazi se još u fazi razvoja.

6.4.2.2 Vrste podataka na WWW

Ovisno o nekolicini čimbenika kao što su vrsta i količina podataka, njihova krajnja namjena, propusnost mrežnih resursa i sl. putovati će i prostorna sastavnica podataka nekog sustava za upravljanje prostornim podacima mrežom u raznim oblicima odnosno formatima zapisa. Analogno vrstama prostornih podataka opisanim u ranijem poglavlju moguće je i ovdje razlučiti dva glavna formata njihova zapisa:

- rasterski i
- vektorski.

Važno je primijetiti da izvorna vrsta podatka unutar sustava ne treba uvjetovati i ne uvjetuje vrstu odnosno format podatka koji se prenosi mrežom. On je ovdje prvenstveno određen dalje navedenim čimbenicima dakle, krajnjom namjenom, propusnošću mreže i sl. Čest je slučaj pretvaranja izvorno vektorskog podatka u rasterski oblik prvenstveno zbog jednostavnosti njegova prikaza unutar HTML dokumenata.

Glede mogućnosti prijenosa prostornih podataka protokolima (TCP/IP) koji određuju ovdje razmatrano mrežno okružje (WWW) ne postoje posebna ograničenja. Ni krajnje točke (WWW preglednici) nisu čimbenici koji bi ograničili korištenje bilo kojeg kako rasterskog tako i vektorskog formata zapisa geometrijskih podataka, uz odgovarajuće dopune ili dodatke. Ipak obje navedene vrste podataka standardno su podržane od WWW preglednika u tek nekoliko formata (URL11). Imajući na umu potrebu za najvećim mogućim pridržavanjem ukorijenjenih standarda biti će i pristup razmatranim podacima na Internetu uglavnom oslonjena na njih.

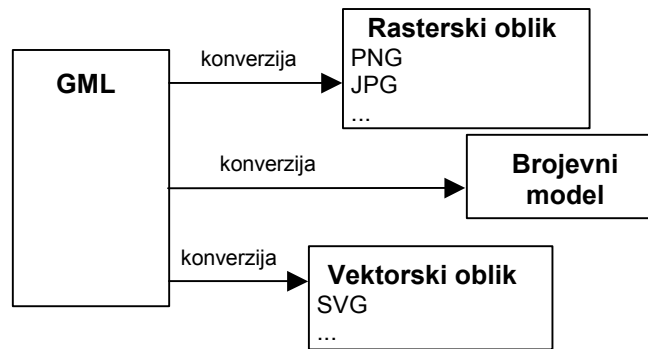
U početku WWW je bio ograničen na rasterski format prikaza prostornih podataka koji je i danas zbog općenite prirode WWW-a najrašireniji. Zbog već prilično

ukorijenjenog korištenja na raznim BBS sustavima prvi korišteni format je bio GIF (*engl. Graphics Interchange Format*). No zbog problema s patentom (URL12, URL13) ukazala se potreba za slobodno dostupnim formatom barem jednakih mogućnosti. Tako je 01.10.1996. predstavljena od strane W3C specifikacija za PNG (*engl. Portable Network Graphics*) format zapisa rasterskih podataka koji uz ispunjavanje navedenih zahtjeva i nadmašuje mogućnosti GIF-a (URL14). Drugi značajni format zapisa rasterskih podataka je JPEG (*engl. Joint Photographic Experts Group*) standardiziran od strane ISO krajem 1990. godine. Glavna razlika u odnosu na GIF i PNG mu je mogućnost promjene omjera sažimanja (kompresije) i kvalitete, a osnovni oblik nije zaštićen patentima (URL15).

Približno s pojavom PNG formata počeo se razvijati interes i za prikazom vektorski zapisanih prostornih podataka na WWW-u na što su proizvođači softvera odgovorili različitim proizvođačkim formatima. Kako se niti jedan od njih nije uspio izdići kao de facto standard, a općenito nije bilo podrške na različitim hardversko-softverskim osnovama nastala je potreba za definiranjem nekih standardnih rješenja. Jedno od njih bilo je prilagođavanje već duže poznatog (od kraja 1980-tih) i u industrijskoj tehničkoj dokumentaciji vrlo raširenog CGM (*engl. Computer Graphics Metafile*) formata. Tako je W3C u siječnju 1999. predstavio WebCGM specifikaciju koja predstavlja proširenje formata u svrhu spajanja s WWW tehnologijama (URL16).

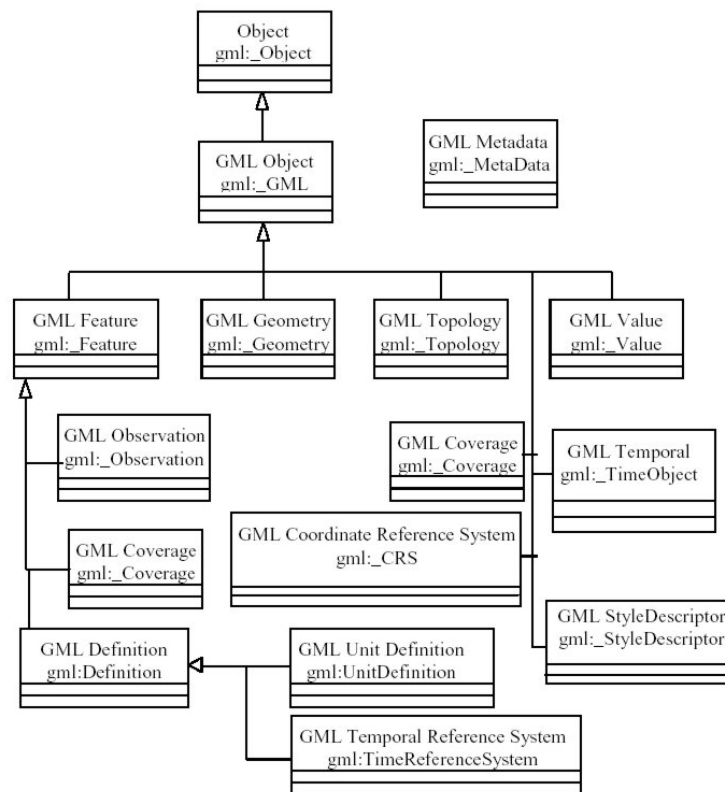
No za potrebe prezentacija, reklamiranja i drugih dinamičkih primjena WWW-a ovaj format nije bio pogodan već se tražila bolja povezanost s XML-om (*engl. Extensible Markup Language*) i (URL10, URL18) drugim W3C specifikacijama pa je zato razvijen novi SVG (*engl. Scalable Vector Graphics*) format. SVG je jezik za opisivanje 2d grafike u XML-u (URL17). Grafički prikazi u SVG formatu mogu biti dinamički i interaktivni, uz potpunu integraciju s ostalim XML sadržajem u okviru jedne stranice.

No kako svi prostorni podaci imaju osim prostorne i opisnu sastavnicu ukazala se s njihovim širenjem na Internet potreba za standardiziranjem cjelovitog formata zapisa takvih podataka. Početna istraživanja su započeta 1999. godine, a 2000. godine je objavljena i prva verzija GML-a (*engl. Geography Markup Language*). GML je XML gramatika napisana u XML shemi koja služi za modeliranje, prijenos i pohranu geografskih informacija uključujući njihova geometrijska i opisna obilježja (OGC 2003c). Ključni koncepti korišteni od strane GML-a u svrhu modeliranja stvarnog svijeta preuzeti su iz OGC Abstract Specification (OGC 1999b). Važno je primijetiti kako GML nije jezik za vizualizaciju već je podatke prije stvaranja prikaza potrebno konvertirati u neki za to namijenjen format (Slika 66).



Slika 66. Odnos GML-a i ostalih formata prostornih podataka

U svojoj trećoj verziji GML više nije ograničen na jednostavna 2d linijska obilježja. U trenutnoj verziji GML podržava modeliranje obilježja sa složenom ne-linearnom 3d geometrijom, obilježja modelirana 2d topologijom, obilježja s vremenskim (temporalnim) svojstvima i dr. (Slika 67).



Slika 67. UML prikaz GML 3.0 hijerarhije objekata

Sve veći broj proizvođača GIS i drugog softvera vezanog uz prostorne podatke ugrađuje u svoje proizvode podršku za GML. Ovisno o potrebama i implementaciji to je na razini konverzije iz vlastitog proizvođačkog formata u GML ili neposredno upravljanje (i pohrana) podacima zapisanim u GML obliku.

7. Model i ostvarenje jednog sustava

U okviru ovog rada ostvaren je primjer digitalnog sustava za upravljanje podacima o nekretninama. Tehnološku osnovu sustava čini Oracle9i SDBMS, a pokusni skup podataka preuzet je iz jednog od projekata urađenog od strane Zavoda za inženjersku geodeziju i upravljanje prostornim informacijama Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za naručitelja Državna geodetska uprava Republike Hrvatske (Roić i dr. 2002c).

7.1. Baza zemljišnih podataka

Zemljišna knjiga vođena elektroničkom obradom podataka zajedno s katastrom vođenim elektroničkom obradom podataka čine bazu zemljišnih podataka Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: BZP) koja se vodi jedinstveno i na jednom mjestu za cijelu Republiku Hrvatsku (NN 91/96). Prethodna je rečenica doslovno preuzet stavak 1 članka 6 Zakona o zemljišnim knjigama i predstavlja općenitu osnovu modela podataka i ovog sustava.

7.1.1. Katastar nekretnina

Osnova svakog katastarskog sustava zakonski je definirana. Trenutno važeći zakon koji određuje djelovanje katastarskog sustava u Hrvatskoj je Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, stupio na snagu u prosincu 1999. godine, a primjenjuje se od 1. ožujka 2003. (NN 128/99). Jedan od stavaka članka 2 ovog zakona općenito određuje katastar nekretnina.

Katastar nekretnina jest evidencija o česticama zemljišta, zgradama i dijelovima zgrada kao i drugim građevinama koje trajno leže na zemljištu ili ispod njegove površine, ako zakonom nije drukčije određeno.

U članku 5 nalazi se stavak koji jasno određuje odnos između katastra nekretnina i drugih službenih očevidnika, a posebno zemljišne knjige.

Podaci katastra nekretnina temelj su za zemljišne knjige koje vode zemljišnoknjižni sudovi.

Vrlo je važno poznavati osnovnu gradivu jedincu svakog sustava pa ni katastar nekretnina nije iznimka kao što je dano u članku 19.

Osnovna prostorna jedinica katastra nekretnina je katastarska čestica.

U članku 21 navedene su vrste podataka koje se prikupljaju i obrađuju katastarskom izmjerom. Slijedi spomenuti članak u cjelovitom obliku.

Katastarskom izmjerom prikupljaju se i obrađuju podaci o:

- 1. položaju, obliku, površini, načinu uporabe, te nositeljima prava na česticama zemljišta;*
- 2. položaju, obliku, načinu uporabe, te nositeljima prava na zgradama i drugim građevinama;*

3. položaju u zgradi, površini, te nositeljima prava na dijelovima zgrada (stanova, te poslovnih i drugih prostora) i drugih građevina, te
4. područjima posebnih pravnih odnosa na zemljištu.

Ovo je veoma važno pošto članak 25. u jednom stavku određuje sadržaj katastarskog operata.

Katastarski operat sadrži podatke iz članka 21. ovoga Zakona, osim podataka o nositeljima prava na nekretninama.

Druga dva stavka istoga članka detaljnije opisuju sadržaj i što je vrlo važno način izradbe i vođenja katastarskog operata.

U okviru katastarskog operata određeni podaci o zgradama, njihovim dijelovima i drugim građevinama, zatim podaci o načinu uporabe zemljišta te podaci o područjima posebnih odnosa na zemljištu, vode se u odvojenim dijelovima katastarskog operata.

Katastarski operat vodi se elektronskom obradom podataka i izrađuje se u digitalnom obliku.

Odnos katastra nekretnina i zemljišne knjige određen je u okviru članka 85.

Katastar nekretnina objedinjuje se sa zemljišnom knjigom vođenom kod zemljišnoknjižnog suda elektroničkom obradom podataka u Bazi zemljišnih podataka (u daljnjem tekstu: BZP).

Iz svega navedenog moguće je izvući neke smjernice kojih se treba pridržavati prilikom izrade modela podataka katastarskog sustava kao dijela BZP. Katastarska čestica je osnovna jedinica cijelog sustava. Svi prostorni podaci sustava (katastarske čestice, zgrade i građevine, ...) BZP nalaze se u katastru nekretnina, a svi podaci o pravima na nekretninama dio su zemljišne knjige. U okviru zakona nisu određeni detalji koji bi određivali do bilo koje razine detaljnosti model podataka katastra nekretnina. Ovo se odnosi kako na opisni tako i na prostorni dio.

7.1.2. Zemljišna knjiga

Ne ulazeći ovdje u pravne mehanizme, podsjetimo se temeljem Zakona o zemljišnim knjigama (NN 91/96) sastava zemljišne knjige. Slijedećih nekoliko odjeljaka su doslovno preuzeti stavci iz članaka 14, 18 i 20 navedenog zakona.

Zemljišna se knjiga sastoji od glavne knjige i zbirke isprava.

Glavna knjiga sastoji se od zemljišnoknjižnih uložaka.

Zemljišnoknjižni uložak sadrži posjedovnicu (popisni list, list A), vlastovnicu (vlasnički list, list B) i teretovnicu (teretni list, list C).

Ovim je određena općenita struktura zemljišne knjige. Istim je zakonom određen sadržaj svake od spomenutih sastavnica zemljišne knjige.

U posjedovnicu se upisuju svi sastavni dijelovi zemljišnoknjižnoga tijela kao i ona stvarna prava koja postoje u korist zemljišnoknjižnoga tijela ili nekoga suvlasničkoga (idealnoga) dijela zemljišnoknjižnoga tijela.

U vlastovnicu se upisuje pravo vlasništva cijeloga zemljišnoknjižnoga tijela.

U teretovnicu se upisuju stvarna prava kojima je opterećeno zemljišnoknjižno tijelo ili idealni dio nekoga suvlasnika, kao i prava stečena na ovim pravima, pravo nazadkupa, prvokupa, najma i zakupa te ona ograničenja raspolaganja zemljišnoknjižnim tijelom ili suvlasničkim dijelom kojima je podvrgnut svagdašnji vlasnik opterećenoga dobra.

Prethodna tri odjeljka doslovno su preuzeti prvi stavci iz članaka 21., 23. i 25. (NN 91/96) i dovoljno detaljno (za ovaj model) opisuju sadržaj triju sastavnih dijelova svakog zemljišnoknjižnog uloška. U konkretnom sustavu nisu detaljnije razrađeni ostali dijelovi zemljišne knjige (zbirka isprava) pa neće niti ovdje biti opisivani. Isto tako nisu razmatrani pravni i tehnički mehanizmi održavanja zemljišne knjige. Slijedećih nekoliko stavaka iz članaka 163. i 164. (NN 91/96) važni su za razumijevanje njezina EOP (Elektronička Obrada Podataka) oblika.

EOP-zemljišna knjiga je evidencija vođena elektroničkom obradom podataka o pravnom stanju nekretnina mjerodavnom za pravni promet, a sastoji se od katastarskih podataka o obliku, površini i izgrađenosti zemljišta, te podataka zemljišnoknjižnoga suda o pravnom stanju zemljišta pohranjenih u bazu zemljišnih podataka (BZP).

Podaci o obliku, površini i izgrađenosti nisu posebni zemljišnoknjižni upisi u glavnoj knjizi, već katastarski podaci o tome pohranjeni u BZP koji čine dio glavne knjige.

Konačno, ono što krajnjeg korisnika najviše zanima, je uvid u, odnosno pristup podacima BZP. Ovo je jasno određeno slijedećim stavkom iz članka 170 (NN 91/96).

Umjesto zemljišnoknjižnih izvadaka izdaju se ispisi iz BZP.

Prvi dio ovog kratkog pregleda Zakona o zemljišnim knjigama više manje je opće poznat i dugo uvriježen u sve pore društva. Ono što je ovdje puno zanimljivije je njegov drugi dio. Dvije činjenice su ovdje od presudne važnosti i to:

- zemljišna knjiga vodi samo pravne podatke i
- umjesto zemljišnoknjižnih izvadaka izdaju se ispisi iz BZP.

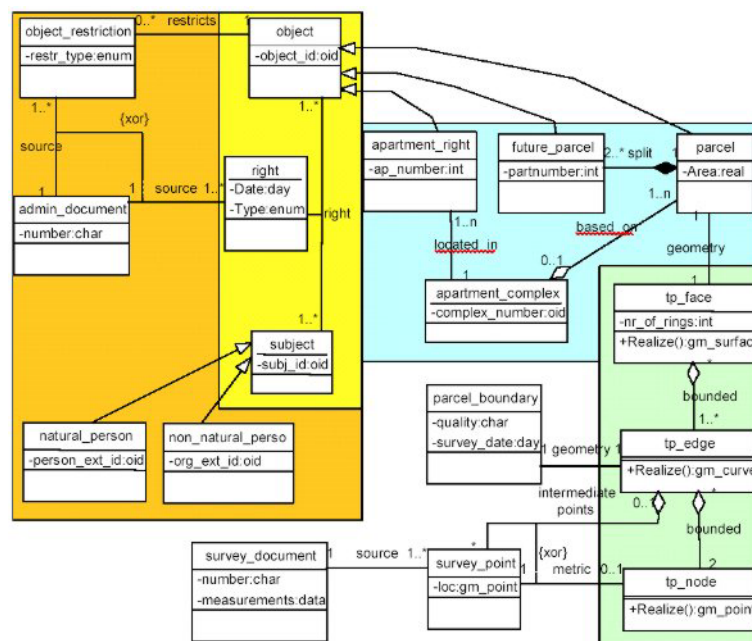
Za logički model podataka EOP zemljišne knjige vrlo važan dokument je (NN 109/02). U njemu je detaljno određeno unutarnje ustrojstvo ove evidencije te je djelomično obrađena i veza s Katastrom nekretnina.

Time je jasno odijeljeno područje nadležnosti katastra od zemljišne knjige. Katastarski se dio sustava BZP brine o prostornom dijelu podataka, a zemljišnoknjižni o opisnom odnosno pravnom. Dio opisnih podataka ipak ostaje u

nadležnosti katastra. Ovo je u velikom broju svjetskih katastarskih odnosno sustava za upravljanje podacima o nekretninama dugo uvriježena praksa, no u Hrvatskoj to do donošenja Zakona o zemljišnim knjigama i Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina nije bio slučaj.

7.2. Model podataka

Jezgra ovog, kao i svakog drugog sustava za upravljanje podacima, temelji se na njihovu razrađenom modelu. Osnovna ideja pri izradi spomenutog modela preuzeta je od (Roić i dr. 2002b) i djelomično od (Oosterom i dr. 2002), uz općenitu usporedbu s (Oosterom i Lemmen 2002 i Lemmen i Oosterom 2003) (Slika 68), te usklađenje s (Roić i dr. 2003) kao i s (Biljecki i dr. 2003). Dakako na najvećoj razini je održan sklad s u prethodnom poglavlju opisanom zakonskom osnovom za BZP.



Slika 68. Model katastarskih podataka prema (Oosterom i Lemmen 2002)

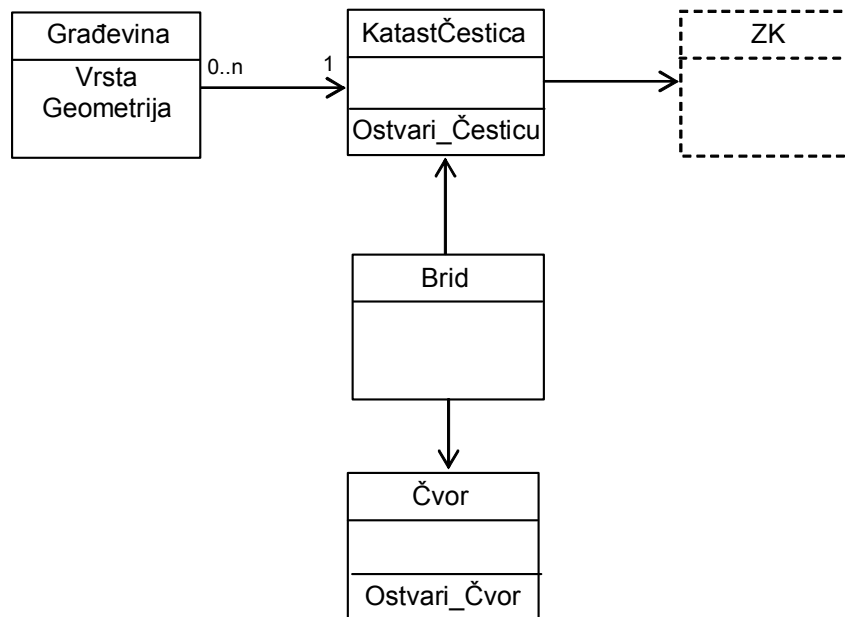
7.2.1. Konceptijski

Osnovna je klasa modela dakako **KatastarskaČestica**. Druga klasa objekata važna za sustav je **Građevina**. Svaka građevina se nalazi na jednoj katastarskoj čestici na kojoj se može nalaziti još građevina. Logično je da klasa **Građevina** sadrži podatak o svojoj **KatastarskaČestica**, a obrnuti upiti se rješavaju na izvedbenoj razini sustava. Složenija je situacija u odnosu klasa **KatastarskaČestica** i **ZK** koji predstavlja cijeli odvojeni sustav. U konkretnom je primjeru veza ostvarena uvođenjem podatka o zemljišno-knjižnom ulošku u objekt **KatastarskaČestica**, no nije nezamisliva i situacija uvođenja broja čestice (odnosno njenog jedinstvenog identifikatora u izvedbenom okviru sustava) u strukturu sustava za upravljanje pravnim podacima na nekretninama.

Najzanimljiviji dio modela je njegova prostorna sastavnica čiji je temelj klasa **KatastarskaČestica**. Iako korištena SDBMS podržava nativno upravljanje prostornim podacima ali samo bez topološke strukture, u konkretnom primjeru

odlučeno je ovo ipak djelomično prilagoditi. Prednosti upravljanja topološki strukturiranim podacima obrađeni su u prethodnim poglavljima, te posebno u (Oosterom i dr. 2002).

U razrađenom modelu sustava (Slika 69) nisu zbog jednostavnosti odvojene općenita klasa **KatastarskaČestica** od njezina prostornog odnosno posebno topološkog ekvivalenta, petlje, već su oboje ujedinjeni u osnovnoj klasi. Osnova topološke, a u ovom slučaju i cijele prostorne sastavnice modela je klasa **Brid**. Ovdje su topološki podaci strukturirani prema, u prethodnim poglavljima opisanoj, topološkoj strukturi polubrida. Jedina klasa koja neposredno sadržava geometrijske podatke je **Čvor** gdje su pohranjene koordinate svakog čvora.



Slika 69. UML dijagram klasa modela podataka konkretnog sustava

Općenito se model prostornih podataka ovdje temelji na čuvanju topološke strukture koja se prema potrebi u određenom trenutku «ostvaruje». Spajanjem topologije i geometrije podatka putem, u model ugrađenih metoda, nastaje prostorno obilježje. U konkretnom primjeru moguće je ostvariti pojave (instance) klasa **KatastarskaČestica** i **Čvor**. Time je funkcionalnost sustava s jednostavnog pohranjivanja proširena mogućnostima analize i izdavanja podataka na korištenje.

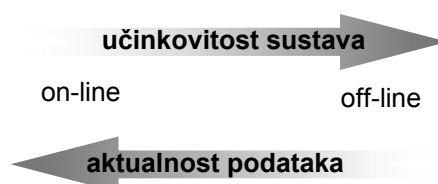
7.2.2. Tehnička izvedba

Izvedba sustava omogućena je korištenjem Oracle9i (verzija 9.2.0.1.0) objektno-relacijskog softverskog paketa za upravljanje bazama podataka s nativnom podrškom za prostorne vrste podataka (SDBMS). Iako spomenuti softverski paket podržava sva osnovna načela objektnog modeliranja (Oracle 2002a) konkretni je sustav izveden korištenjem relacijskog modela. Svojstvo koje ga svrstava u posebnu grupu u odnosu na druge softverske pakete za upravljanje bazama podataka, a korišteno je i ovdje, je podrška za prostorne vrste podataka. Osim navedenog postoji još nekoliko sustava sličnih mogućnosti kao npr. IBM DB2 (URL20) od komercijalnih i PostgreSQL od otvorenih (*engl. open source*) (URL21).

Kako je već u koncepcijskom modelu spomenuto osnovni objekt odnosno entitet sustava je katastarska čestica. Svi opisni podaci o katastarskim česticama pohranjeni su u tablicu nazvanu «CESTICE». Cijela prostorna sastavnica ovog objekta implementirana je prema u prethodnim poglavljima opisanom relacijskom modelu i bez značajnijih posebnosti, pa ovdje neće biti posebno opisan. Važno je jedino primijetiti kako ovdje još nije ni na koji način iskorištena podrška softverske platforme (Oracle9i) za prostorne vrste podataka. Ovakav i do ove razine korištenja modeliran sustav moguće je implementirati korištenjem bilo kojeg sustava za upravljanje relacijskim bazama podataka. Čak i sljedeći korak u formiranju sustava, mehanizam koji iz geometrijsko-topološke strukture pohranjene u trima tablicama slaže njegov prostorni oblik moguće je ugraditi u jednostavne «desktop» sustave. Iskoristivost takvih sustava za ove svrhe tu prestaje, a prava snaga SDBMS se pokazuje.

Funkcija koja iz podataka u trima tablicama formira prostornu sastavnicu objekta ugrađena je u izvedeni sustav i zbog prirode svoga djelovanja (ostvaruje prostorni objekt spajanjem topologije i geometrije) nazvana «ostvari_cesticu». U ovom trenutku moguće je nastaviti s formiranjem sustava odnosno njegova dijela zaduženog za interakciju s korisnikom. Ovi bi se pristupi mogli nazvati «on-line» i «off-line». U on-line pristupu prostorni se objekt ostvaruje u trenutku kada mu na neki način bude pristupano. Ukratko, u trenutku kada neka vanjska aplikacija, ili neki dio unutar sustava zatraži prostorni objekt u nativnom obliku, ili neko funkcijsko svojstvo koje se izvodi iz njega, funkcija «ostvari_cesticu» prevodi geometrijsko-topološke podatke u zatraženi oblik. Prednost ovog pristupa je u svakom trenutku potpuno aktualna verzija objekta ili iz njega izvedenog svojstva. Ovdje je potrebna posebna pažnja jer je funkcija računski intenzivna, pogotovo kod relacijskog modela podataka. U slučaju implementacije na objektnim načelima (pokazivači objekta umjesto stranog ključa) obavljanje je brže, ali je pažnja i dalje potrebna (Kettner 1999).

Pohrana prostornih vrsta podataka u nativnom obliku u okviru sustava za upravljanje bazom podataka osnova je off-line pristupa. Ovdje se ostvarivanje ne odvija u trenutku pristupa, već je prethodno obavljeno, a prostorni su podaci pohranjeni u nativnom obliku. Ovisno o učestalosti promjena i zahtjevima za aktualnosti podataka moguće je prilagoditi interval obavljanja ostvarivanja. Prednost ovog pristupa je značajno rasterećenje računalnih resursa no na štetu aktualnosti podataka. Obzirom na odnos njihovih glavnih odlika (Slika 70) on-line pristup ostvarivanju pogodniji je npr. za upravljanje podacima unutar sustava, dok je off-line pristup bolji za davanje na korištenje podataka van sustava (WWW).



Slika 70. Odnos pristupa ostvarivanju prostorne sastavnice podataka

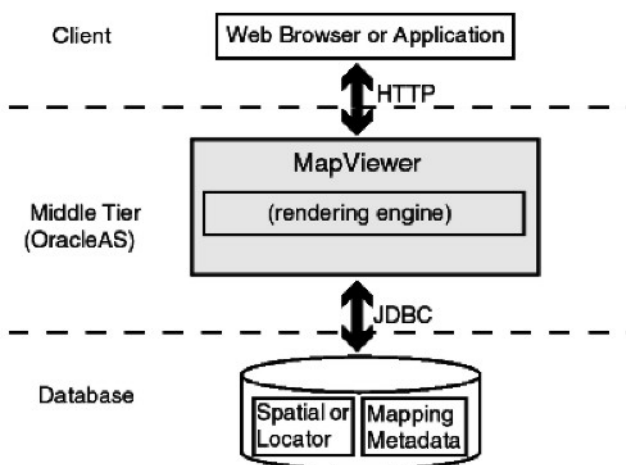
Ažuriranje podataka odvija se kod ovakvih sustava na razini zasebnih geometrijskih i topoloških podataka, kako su uostalom i pohranjeni. Promjene su stoga odmah i jasno vidljive pregledom pojedine tablice.

Drugi objekt kojim sustav upravlja je građevina, a pristup implementaciji ovdje je nešto drugačiji. Iako je i ovu vrstu prostornih objekata (za razliku od čestica građevine ne pokrivaju neprekinuto područje) moguće modelirati odijeljivanjem geometrije i topologije, bilo bi potrebno pristupiti na drugačiji način. Prostorna sastavnica ovdje je zato pohranjena neposredno u tablicu nazvanu «GRADJEVINE» zajedno s opisnom. Ovo djelomično može biti opravdano i ipak razmjerno manjom važnosti jedinstvenosti i konzistentnosti podataka u odnosu na katastarske čestice.

Ne ulazeći dublje u razradu modela podataka onog dijela sustava koji brine o pravnim podacima na nekretnini, formirane su tek dvije tablice u svrhu ispunjavanja osnovne djelotvornosti. Tablica «VLASTOVNICA» sadrži podatke o vlasnicima i udjelima, «TERETOVNICA» o teretima, dok su u tablici «OSOBE» pohranjeni podaci o osobama koje su u odnosu prema nekretninama.

Pristup i vizualizacija ovako modeliranih i pohranjenih podataka može se izvesti na nekoliko načina. Većina modernih GIS pa i CAD sustava omogućava neposredno spajanje na Oracle9i. Ovaj je način posebno pogodan u slučaju gdje je potreban veći stupanj dvosmjerne komunikacije između korisnika i podataka. Na klijentskom računalu u tom je slučaju potrebno instalirati Oracle9i klijentske programe koji omogućuju pristup središnjem sustavu s potpunom funkcionalnošću i korisničkim sučeljem jednakim onom na poslužitelju, gdje je instaliran sustav. Komunikacija se ovdje odvija standardnim TCP/IP protokolom što uvelike pojednostavljuje postupak implementacije. Ipak klijentski programi su zahtjevni kako sa strane postupka instalacije i podešavanja, tako i zauzeća diskovnog prostora.

U slučaju potrebe potpuno, ili uglavnom jednosmjerne komunikacije (izdavanje na korištenje) primjerenije je rješenje s tro-slojnom arhitekturom temeljenom na Oracle9i AS (*engl. Application Server*) te MapViewer (verzija 9.0.4 build 030811) aplikacijom (Slika 71). Upravo ova su programska rješenja korištena za izvedbu konkretnog sustava.



Slika 71. Prikaz OracleAS troslojne arhitekture (Oracle 2003)

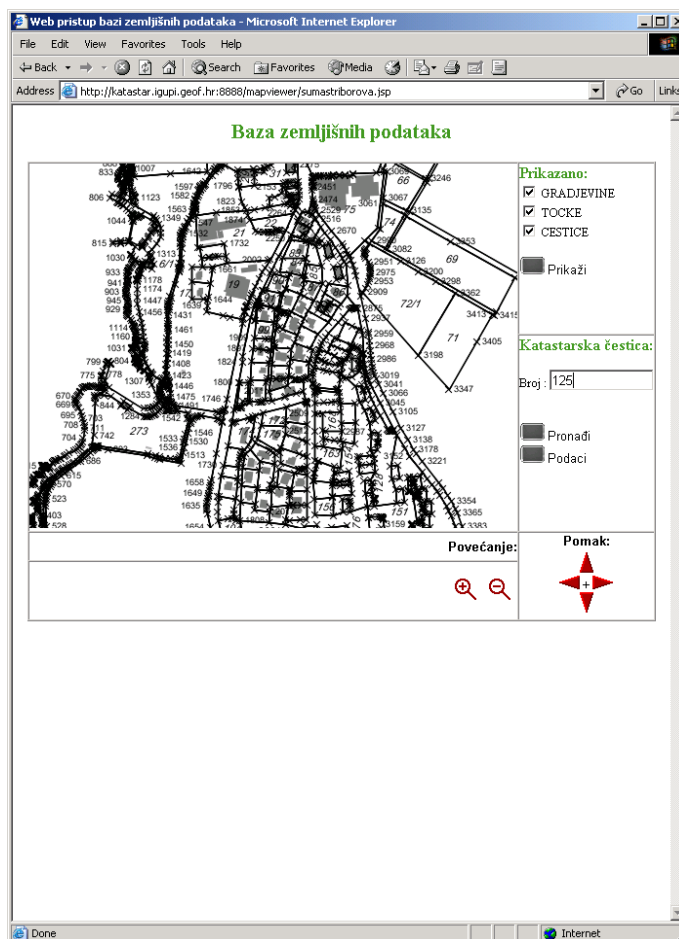
Navedena aplikacija temeljem primljenog upita, pružima podatke iz Oracle9i baze te ih pretvara u neki od izabranih rasterskih formata zapisa. U konkretnom slučaju korišten je PNG format. Tako zapisane podatke poslužitelj uklapa u HTML oblik.

Konačno HTML dokument biva isporučen klijentskom pregledniku. Cijeli postupak obavlja se u okviru jedne JSP stranice.

Konkretno je korištena OC4J (*engl. Oracle9iAS Containers for J2EE*) (verzija 9.0.3.0.0) tehnološka osnova koja omogućuje korištenje JSP i JDBC (*engl. Java Database Connectivity*) (verzija 9.0.1.4.0) tehnologija bez potrebe za postavljanjem cijelog aplikacijskog poslužitelja. Zbog jednostavnosti implementacije i korištenja izabran je «tanki» (*engl. Thin*) JDBC upravljački program (*engl. Driver*) (Oracle 2002b).

7.3. Web Sučelje

Pristup sustavu obavlja se korištenjem standardnog Web preglednika. Upisivanjem odgovarajućeg URL-a postavlja se upit poslužitelju koji preuzima podatke iz baze, slaže rezultat u jednostavnom HTML obliku te ga prosljeđuje pregledniku s nekim zadanim početnim vrijednostima (Slika 72).



Slika 72. Početni izgled sučelja

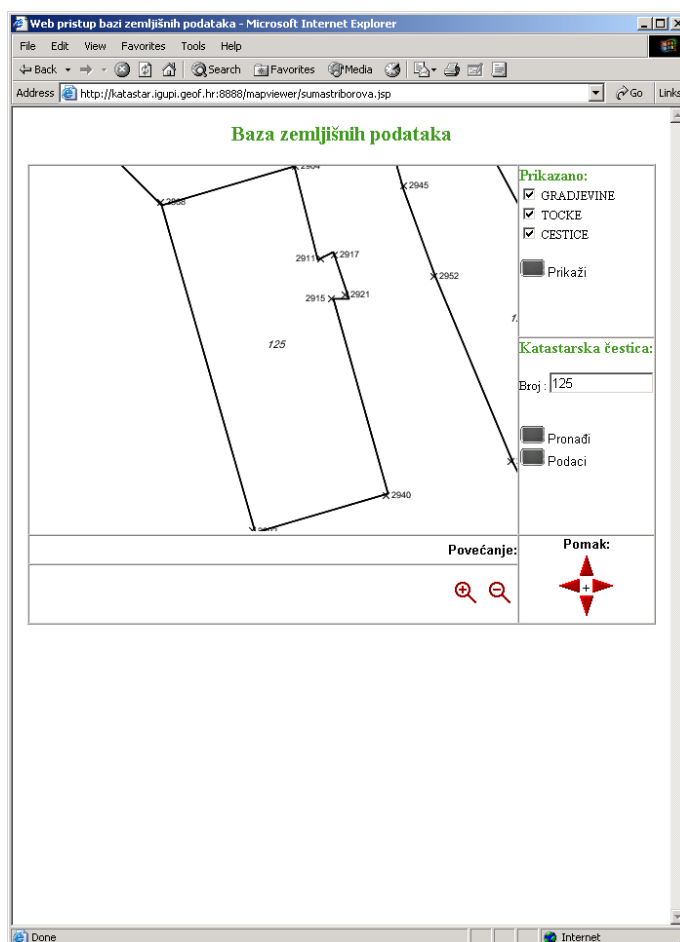
U gornjem dijelu prozora nalazi se prikaz prostornih podataka odnosno podataka iz katastra nekretnina. Ako je korisniku poznat broj katastarske čestice može postaviti upit prema BZP na dva načina. Upit prema katastru nekretnina obavlja se upisivanjem željenog broja katastarske čestice te pritiskom na gumb «Pronađi» (Slika 73).

Katastarska čestica:

Broj :

Slika 73. Dio sučelja za pretraživanje BZP

U slučaju da katastarska čestica postoji u BZP poslužitelj je postavlja u sredinu grafičkog prozora i to u najkrupnijem mogućem mjerilu (Slika 74).



Slika 74. Prikazana tražena katastarska čestica iz katastra nekretnina

Druga vrsta upita koju je ovim sučeljem moguće obaviti je traženje zemljišno knjižnih podataka o katastarskoj čestici. Upisivanje broja katastarske čestice obavlja se u istom dijelu sučelja, a upit biva postavljen pritiskom na gumb «Podaci» (Slika 73). U slučaju da zapis o traženoj katastarskoj čestici postoji u EOP zemljišnoj knjizi podaci će biti ispisani u donjem dijelu preglednika (Slika 75).

A

BROJ KATASTARSKE ČESTICE	POVRŠINA (m2)
125	205
126	153
35	171

B

PREZIME	IME	ADRESA	MJESTO	UDIO
Bokida	Hefest	Mate Balote 14	Stibor	1/2
Hirkan	Lena	Miroslava Krlježe 15	Goleč	1/2

C

PREZIME	IME	ADRESA	MJESTO	TERETI
Jurina	Kosjenka	Mate Lovraka 16	Stibor	Temeljem rješenja br.66/2000 Općinskog suda u Stiboru uknjižuje se pravo uživanja.

Slika 75. Sučelje s ispisom iz EOP zemljišne knjige

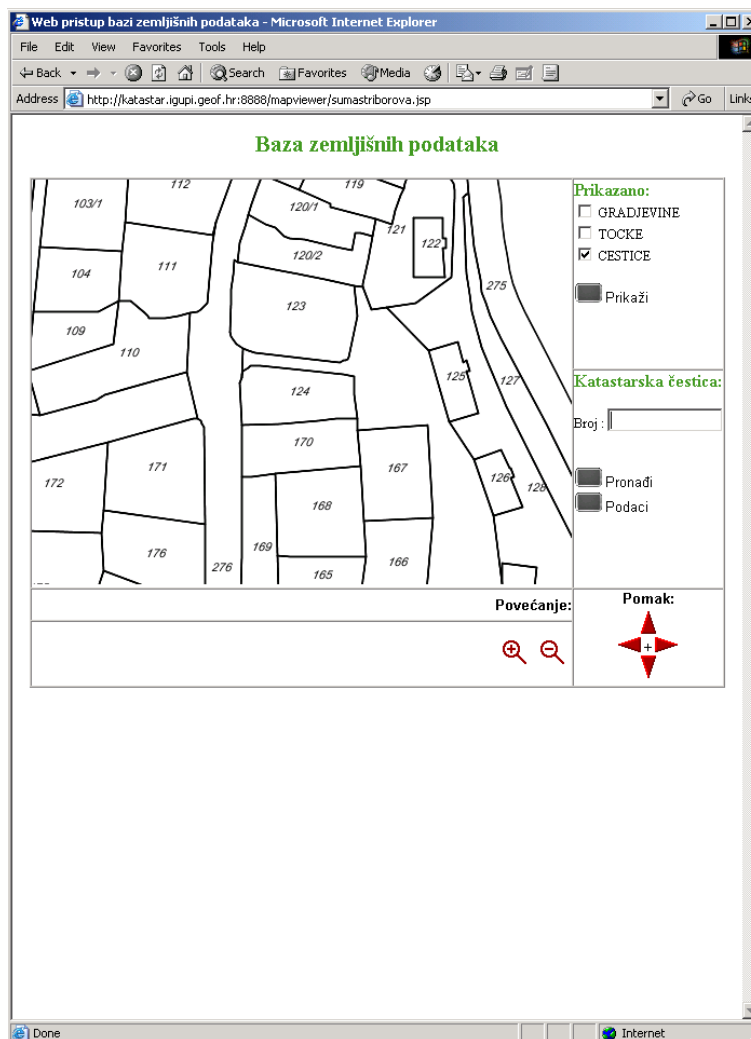
Iako to nije potrebno prilikom ispisa vodilo se računa da on što više sliči na uobičajeni zemljišno-knjižni izvadak. Tako su prikazani naziv katastarske općine, broj zemljišno-knjižnog uložka, te A, B i C dijelovi.

Različiti interesi prema podacima iz katastra nekretnina imaju za posljedicu drugačije želje za njihovim prikazom. Zbog toga je u posebnom dijelu sučelja omogućen izbor prikazanih vrsta podataka koji je izravno određen modelom podataka. Tako je u konkretnom slučaju moguće birati tri vrste podataka (Slika 76).

Prikazano:
 GRADJEVINE
 TOCKE
 CESTICE
 Prikaži

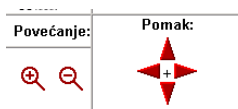
Slika 76. Dio sučelja za izbor vrsta prikazanih podataka

Po uključivanju odnosno isključivanju željenih vrsta podataka te pritiskom na gumb «Prikaži» prikazuje se isti «pogled» s promijenjenom kombinacijom prikazanih podataka (Slika 77).



Slika 77. Promjena prikaza podataka iz katastra nekretnina

Konačno je posebnim dijelom sučelja (Slika 78) omogućeno i «pomicanje» i promjena povećanja prikaza.



Slika 78. Dio sučelja za pomicanje i povećavanje prikaza podataka

8. Zaključak

Prikljanje modernim trendovima u modeliranju podataka i sustava koji njima upravljaju predstavlja osnovu na kojoj treba graditi nove načine razmišljanja u domeni prostornih podataka. U pogledu modela podataka objektni pristup već je prisutan dovoljno dugo da ga se više ne zove trendom već mnogo puta dokazanom činjenicom. Ovo su uvidjeli i proizvođači raznovrsnih sustava za upravljanje prostornim podacima i svi redom u svoje proizvode ugrađuju za to potrebnu podršku. U konkretnom su sustavu izvedenom u okviru ovog rada implementirani objektni mehanizmi koji značajno poboljšavaju njegovo djelovanje.

Kroz proučavanje modernih znanstvenih i tehničkih dostignuća ustanovljen je značaj topološkog modeliranja prostornog podatka, kojem do nedavno nije davana dovoljna pažnja od strane korisnika i proizvođača programske podrške. Danas to više nije slučaj, potražnja je značajno porasla što proizvođači prate ugradnjom u svoje sustave. Ugrađivanjem topološke strukture u konkretni sustav značajno je olakšano upravljanje podacima prvenstveno kao posljedica jedinstveno pohranjene geometrije za cijeli sustav.

Temeljem istraživanja svjetskih sustava za upravljanje podacima o nekretninama prepoznati su važni trendovi modeliranja njihovih podataka, prvenstveno njihova višenamjenska priroda. Model podataka koji zadovoljava sve značajne potrebe za podacima o nekretninama te pravima vezanim uz njih pokazuje se kao osnova za općeniti privredni napredak zajednice. Katastarski podaci danas mogu sami opravdati svoje održavanje bez dodatnog financijskog opterećenja države, dakako u slučaju dobrog gospodarenja. Općenito se nastoji podatkovnu jezgru (podaci katastra nekretnina) ostaviti u nadležnosti države, dok se ostali slojevi podataka prepuštaju zainteresiranim odnosno za njih zaduženim organizacijama. Prilikom odlučivanja o sadržajnom modelu podataka, u okviru rada izvedenog sustava, osnovna ideja bila je najveća moguća prilagodljivost svim eventualnim potrebama za podacima kojima on upravlja. Konkretni sustav tako upravlja samo podacima Katastra nekretnina, ali otvorenošću i prilagodljivošću olakšava svim mogućim korisnicima uklapanje podataka u vlastite modele.

Izvedba konkretnog sustava obavljena je korištenjem SDBMS tehnologije koja je prepoznata kao vrlo prilagodljiva i sigurna osnova za izgradnju ovakvog sustava. Korištenjem više-slojne programske arhitekture odvojeni su podaci od ostatka sustava za njihovo upravljanje. Prednosti ovog pristupa su mnogostruke što se posebno ogleda u povećanju učinkovitosti i sigurnosti. Nadalje je, korištenjem Internet tehnologija omogućen jednostavan, učinkovit i prilagodljiv pristup podacima, bilo od strane korisnika izvan ili djelatnika unutar sustava.

Kroz postupak osnivanja i korištenja sustava za upravljanje podacima o nekretninama prepoznate su stvari koje treba riješiti na putu ka cjelovitom modelu podataka. To su prvenstveno mehanizmi za održavanje podataka u aktualnom stanju, s ugrađenim održavanjem sigurnosti pristupa i provjerama cjelovitosti podataka. Model je također potrebno prilagoditi potrebi za pohranom povijesnih podataka odnosno njihovih prošlih stanja što se najlakše izvodi uvođenjem vremenske sastavnice prostornog podatka.

9. Literatura

- ANSI (1997): Spatial Data Transfer Standard (SDTS) – Part 1, Logical Specifications, ANSI.
- Bartelme, N. (2000): Geoinformatik - Modelle, Strukturen, Funktionen, Springer Verlag, Berlin.
- Biljecki, Z., Halapija, H., Piskor, D., Osmanagić, A., Vencler, D., Topolovec, V. (2003): Croatian Cadastre Database Modeling, Proceedings of the ISPRS WG VI/3 workshop "Geoinformation for practice", 15-18. listopad 2003, Zagreb, str. 105-112.
- Bill, R., Fritsch, D. (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme - Band 1 Hardware, Software und Daten, Wichmann Verlag GmbH, Heidelberg.
- Billen, R., Zlatanova, S., Mathonet, P., Boniver, F. (2002): The Dimensional Model: A Framework to Distinguish Spatial Relationships, Advances in Spatial Data Handling, 10th International Symposium on Spatial Data Handling, Richardson, D. i Oosterom, P. van (urednici.), str. 285-298, Springer-Verlag, Berlin.
- BLM (1973): Manual of Instructions for the Survey of the Public Lands of the United States, US Department of Interior, Washington.
- Buhler, D. A., Racette, J. G. (2002): Bureau of Land Management Cadastral Survey: The History, the Program, and the Partnerships, Surveying and Land Information Science, vol. 62 br. 1, str. 15-20.
- Caprioli, M., Tarantino, E. (2003): Standards and quality in GIS context, FIG Working Week 2003, 13-17. travanj, Pariz.
- Cetl, V. (2003): Uloga katastra u nacionalnoj infrastrukturi prostornih podataka, Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Cetl, V., Roić, M., Šiško, D. (2003): Towards a Spatial Data Infrastructure in Croatia. 2nd FIG Regional Conference - Urban-Rural Interrelationship for Sustainable Environment, Marrakech.
- Chen, J., Li, Z., Li, C., Gold, C. (1998): Describing topological relations with Voronoi-based 9-intersection model, ISPRS Commission IV GIS Between Visions and Applications, Vol. 13, 4.
- Clementini, E., Di Felice, P., Oosterom, P. van (1993): A Small Set of Formal Topological Relationships for End-User Interaction, Advances in Spatial Databases - Third International Symposium, Abel i Ooi (urednici). Lecture Notes in Computer Science LNCS 692, str. 277-295, Springer-Verlag, Singapore.
- Dalrymple, K., Williamson, I.P., Wallace, J. (2003): Cadastral Systems Within Australia, The Australian Surveyor.

- De Florian, L., Puppo, E., Magilla, P. (1995): Technical Aspects of Spatial Data, u Geographical Information Systems – Materials for a Post-Graduate Course – vol. 2. :GIS Technology (urednik Frank, A. U.), T.U. Wien.
- DGIWG (2000): The Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST) – Part 1 General Description / edition 2.1, DGIWG.
- Dixon-Gough, R.W., Heine, E., Mansberger, R. (2002): Cadastre – Aspects and Procedures in Austria and the United Kingdom, Proceedings of the 1st Congress on Cadastre in the European Union, 15-17. svibanj, Granada.
- Egenhofer, M. (1989): A Formal Definition of Binary Topological Relationships, Third International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms (FODO), Paris, France, W. Litwin and H. Schek (eds.), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 367, str. 457-472, Springer-Verlag, New York.
- Egenhofer, M., Franzosa, R. (1995): On the Equivalence of Topological Relations, International Journal of Geographical Information Systems 9 (2): 133-152.
- Enemark, S. (2003): Underpinning sustainable land registration systems for managing the urban and rural environment, Proceedings of the 2nd FIG Regional conference, 2-5. prosinac, Marrakech, Morocco.
- FIG (1995): The FIG Statement on the Cadastre, FIG Publication No. 11.
- Francica, J. (2003): The Direction of Oracle's Spatial Strategy, Directions Magazine (www.directions.com).
- Galić, Z. (1991): Objektno-orijentisani sistem u upravljanju podacima katastra nekretnina, Geodetski list (68), 4-6, str. 117-132, Zagreb.
- Galić, Z., Tonković, H., Barišić, I., Pešun, M. (2003): Temporal GIS for Cadastre, Proceedings of the ISPRS WG VI/3 workshop "Geoinformation for practice", 15-18. listopad 2003, Zagreb, str. 105-112.
- Gold, C. M., Mostafavi, M. (2000): Towards a global GIS, ISPRS Journal of Photogrammetry and remote sensing, 55 (3), 150-163.
- Güting, R. H. (1994): An Introduction to Spatial Database Systems, VLDB Journal 3, 357-399.
- Haigh, A. (2001): Object -Oriented Analysis & Design, Osborne / McGraw-Hill.
- Hawerk, W. (2001): Alkis - Germany's way into a cadastre for the 21 st century, International Conference - New Technology for a New Century, FIG Working Week 2001, 6-11. svibanj, Seoul
- Henssen, J. (1995): Basic principles of the main cadastral systems in the world, Proceedings of the One Day Seminar, held during the Annual Meeting of FIG Commission 7, Cadastral and Rural Land Management, Delft.

- Hesse, W. (1991): Object-oriented Concepts for Land and Geographic Information Systems – PhD Doctorate, University of Melbourne.
- Hesse, W., Williamson, I.P. (1993): The Authoritative Topographic-Cartographic Information System (ATKIS), *The Australian Surveyor*. 38 (3), str 190-196.
- Hoffmann, W. (2003): Going digital to fulfill customer needs: BEVs efforts streamlining the supply chain with information technology, *Proceedings of the Symposium on «IT renewal strategy for land registry and cadastre»*, 8-9. svibanj, Entschede.
- Ivšić, I., Sukić-Majstorović, I. (2001): Digitalizirani katastarski planovi na području Vukovarsko-srijemske županije, *Zbornik radova Drugog Hrvatskog kongresa o katastru*, Hrvatsko geodetsko društvo, str. 67-80, Zagreb.
- Kaufmann, J., Steudler, D. (1998): Cadastre 2014 - A Vision for a future Cadastral System, *FIG Commission 7, Working Group 7.1 (modern Cadastral Systems)*.
- Kettner, L. (1998): Designing a Data Structure for Polyhedral Surfaces, *Proc. of the 14th ACM Symp. on Computational Geometry*, str. 146-154, Minneapolis.
- Kettner, L. (1999): Using Generic Programming for Designing a Data Structure for Polyhedral Surfaces, *Computational Geometry - Theory and Applications* 13, str. 65-90, Elsevier.
- Kreveld, M. van, Nievergelt, J., Roos, T., Widmayer, P. (2000): *Algorithmic foundations of geographic information systems*, Springer Verlag, Berlin.
- Kurtović, Š. (1987): *Opća Historija države i prava*, Informator, Zagreb.
- Laser-Scan Ltd. (2001): *Advanced spatial processing (RADIUS TOPOLOGY) for Oracle 9i*, Laser scan ltd.
- Lemmen, C., Oosterom, P. van (2003): Further Progress on the Development of a Core Cadastral Domain Model, *FIG Working Week 2003*, 13-17. travanj, Pariz.
- Leukert, K., Reinhardt, W., Seeberg, S. (2000): GIS-Internet Architekturen, *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 125 (1), str. 23-28.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (2001): *Geographic information systems and science*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. (1991): *Geographical information systems volume 1: principles*, Longman Scientific and Technical, Burnt Mill, Harlow.



- Majid, S. (2000): A Multi-Purpose Cadastre Prototype on the Web, Master of Geomatics Science Thesis, Department of Geomatics / University of Melbourne.
- Manthorpe, J. (1999): Land Registration Experience and evolution in England and Wales, FIG / MOLA Workshop on Modern Cadastre and Land Registration Systems, 11-22. ožujak 1999., Bonn.
- Manthorpe, J. (2003): Developing Customer Services, the Experience of Her Majesty's Land Registry England and Wales, Proceedings on 2nd Cadastral Congress, 19-21. rujan 2003., Krakow.
- Matena, V., Krishnan, S., DeMichiel, L., Stearns, B. (2003): Applying Enterprise JavaBeans: Component-Based Development for the J2EE Platform / Second Edition, Addison Wesley, Boston.
- Medak, D., Pribičević, B., Đapo, A., Medved, I. (2003): Open Source based spatial data infrastructure - why and how?, Proceedings of the ISPRS WG VI/3 workshop "Geoinformation for practice", 15-18. listopada 2003, Zagreb, str. 193-196.
- Moeller, J. J. (1990): Cadastral Surveying, Surveying and Land Information Science, vol. 50 br. 2, str. 69-71.
- Molen, P van der (1998): Trends in Land Registry and Cadastre, Proceedings of the XXI. International FIG Congress, Commission 7 - Cadastre and Land Management, str. 505-516, 19-25. srpnja, Brighton.
- Mortson, J. (2000): An object oriented approach to parcel history tracking, URISA annual conference proceedings, Orlando.
- Narodne novine (1996): Zakon o zemljišnim knjigama, Narodne Novine br. 91.
- Narodne novine (1999): Zakon o katastru nekretnina, Narodne novine br. 128.
- Narodne novine (2002): Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o unutarnjem ustroju, vođenju zemljišnih knjiga i obavljanju drugih poslova u zemljišnoknjižnim odjelima sudova (zemljišnoknjižnog poslovnika), Narodne novine br. 109.
- OGC (1999a): OpenGIS Simple Features Specification for SQL / revision 1.1, OGC.
- OGC (1999b): The OpenGIS Abstract Specification - Topic 0: Abstract Specification Overview / Version 4, OGC.
- OGC (1999c): The OpenGIS Abstract Specification / Topic 5 Features version 4, OGC.
- OGC (2001a): The OpenGIS Abstract Specification - Topic 1: Feature Geometry / Version 5, OGC.



- OGC (2001b): Web Map Service Implementation Specification v 1.1.1., OGC.
- OGC (2002): Web Feature Service Implementation Specification, v 1.0.0., OGC.
- OGC (2003a): OpenGIS Web Map Server Cookbook, v 1.0.1., OGC.
- OGC (2003b): Web Coverage Service v 1.0.0., OGC.
- OGC (2003c): OGC GML Implementation Specification v 3.00, OGC.
- OMG (2001): Unified Modeling Language Specification - version 1.4, OMG.
- Oosterom, P. van (1990): Reactive data structures for Geographical Information Systems, PhD Thesis, TU Delft.
- Oosterom, P. van (1997): Maintaining Consistent Topology including Historical Data in a Large Spatial Database, Proceedings Auto-Carto 13, str. 327-336, 8-10. travnja 1997., Seattle.
- Oosterom, P. van, Bos, J. van den (1989): An object-Oriented Approach to the Design of Geographic Information System, Computers & Graphics (Pergamon Press), 13(4): 409-418.
- Oosterom, P. van, Lemmen, C. (2001): Spatial Data-management on a very large cadastral Database, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 25, br. 4-5, Elsevier Science, New York, str. 509-528
- Oosterom, P. van, Lemmen, C. (2002): Towards a Standard for the Cadastral Domain: Proposal to establish a Core Cadastral Data Model. Paper presented at the 3rd international workshop 'Towards a Cadastral Core Domain Model' of COST action G9 'Modeling Real Property Transactions', 10.-12. listopada, Delft.
- Oosterom, P. van, Stoter, J., Quak, W., Zlatanova, S. (2002): The balance between geometry and topology, Advances in Spatial Data Handling, 10th International Symposium on Spatial Data Handling, Richardson, D. i Oosterom, P. van (urednici), str. 209-224, Springer-Verlag, Berlin.
- Oracle (2002a): Oracle9i Application Developers Guide – Object-Relational Features, Oracle Corporation.
- Oracle (2002b): Oracle9i JDBC Developers Guide and Reference, Oracle Corporation.
- Oracle (2003): Oracle Application Server Mapviewer – User's Guide, Oracle Corporation.
- Østenson, O. (2001): The expanding agenda of Geographic information standards, ISO Bulletin, lipanj, 16-21.
- Pender, T. A. (2002): UML Weekend Crash Course, Wiley Publishing Inc, Indianapolis.

- Pešun, M. (2003): Prostorni podaci za održivi razvoj gradova, Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Polley, I. (1998): Facilitating the use of cadastral data through World Wide Web, Master of Geomatics Science Thesis, Department of Geomatics / University of Melbourne.
- Roić M., Fanton I., Medić V. (1999): Katastar zemljišta i zemljišna knjiga – skripta, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Roić, M., Cetl, V., Matijević, H., Kapović, Z., Mastelić Ivić, S., Ivšić, I. (2002c): Prevođenje katastarskih planova izrađenih u Gauss-Kruegerovoj projekciji u digitalni vektorski oblik / postupci i procedure - tehničko izvješće o radovima na projektu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Roić, M., Mastelić Ivić, S., Matijević, H., Cetl, V., Biljecki, Z. (2003): Prezentacijski model katastarskog informacijskog sustava v 1.0 - tehničko izvješće o radovima na projektu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Roić, M., Matijević, H., Cetl V. (2002a): Objektno-orijentirano modeliranje katastra, Zbornik Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu povodom 40. obljetnice samostalnog djelovanja, str. 247-256, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Roić, M., Pahić, D., Biljecki, Z. (2002b): Objektni model katastra nekretnina v1.0, rukopis.
- Roić, M., Zekušić, S. (1999): Normizacija digitalnih prostornih informacija, Geodetski list, 3, 209-226, Zagreb.
- Rottensteiner, F. (2001): Ein neues Verfahren zur halbautomatischen Gebäudeextraktion, PhD Thesis, Vienna University of Technology.
- Ruoff, T. (1968): English Registered Titles to Land and the Function of Ordnance Survey Maps, Archives of twelfth International Congress of Surveyors, 2-12 rujan 1968, London.
- Seifert, M. (2002): On the Use of ISO Standards in Cadastral Information Systems in Germany, Proceedings of the XXII. International FIG Congress, Joint Session of Commission 1, FIG Task Force on Standards and ISO/TC211, 19.-26. travnja, Washington.
- Shekhar, S., Chawla, S., (2003): Spatial database – a tour, Parsons Education Inc., New Jersey.
- Ting, L., Williamson, I.P. (1999): Cadastral Trends: A Synthesis, The Australian Surveyor, Volume 4, br. 1, str. 46-54.
- Tribuljak, V. (1999): Zemljišni informacijski sustav Antunovca, Zbornik radova simpozija Državne geodetske osnove i informacijski sustavi, Hrvatsko geodetsko društvo, str. 59-65, Zagreb.

- Tsou, M. H., Buttenfield, B. (2002): A Dynamic Architecture for Distributing Geographic Information Services, *Transactions in GIS*, 6 (4), str. 355-381.
- Tuomaala, J., Uimonen, M. (1998): Introduction of Finland's new object-oriented cadastral information system (JAKO), *Proceedings of the XXI. International FIG Congress, Commission 7 - Cadastre and Land Management*, str. 328-341, 19-25. srpnja, Brighton.
- UCGIS (2003): *Model curricula in Geographic Information Science and Technology*, UCGIS.
- Varga, M. (1994): *Baze podataka – konceptualno, logičko i fizičko modeliranje podataka*, Društvo za razvoj informatičke pismenosti, Zagreb.
- Vatsavai, R. R., Burk, T. E., Wilson B. T., Shekhar, S. (2000): A Web-based browsing and spatial analysis system for regional natural resource analysis and mapping, *proceedings of the Eighth ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems ACMGIS*.
- Vujnović, R. (1995): *SQL i relacijski model podataka*, Znak, Zagreb.
- Wachowicz, M. (1999): *Object-Oriented Design for Temporal GIS*, Taylor & Francis, London.
- Williamson, I.P., Enemark, S. (1996): *Understanding Cadastral Maps*, *The Australian Surveyor*, Vol. 41, br. 1, str 38-52.
- Zimmermann, E. (1990): *Die digitale Katastralmappe (DKM)*, *Proceedings of the XIX Congress International Federation of Surveyors*, 10-19. lipanj 1990, Helsinki.

URL

- URL1: Introduction to Data Modeling,
<http://www.utexas.edu/its/windows/database/datamodeling/>,
04.09.2003.
- URL2: Geometric modeling – theory, programming, practice / Lectures-handouts,
<http://weld.arc.cmu.edu/48-745/Lectures-handouts/>, 16.09.2003.
- URL3: Introduction to Computing with Geometry / Notes,
<http://www.cs.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/notes.html>,
16.09.2003.
- URL4: The OpenGIS Abstract Specification,
<http://www.opengis.org/pressrm/summaries/20010812.TS.AbstrSpec.htm>,
22.09.2003.
- URL5: DIGEST Technical papers, <http://www.digest.org/SupportDocs.htm>,
06.10.2003.



- URL6: SDTS in Brief, <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/tools/sdts/brief.html>, 07.10.2003.
- URL7: Bundesamt Für Eich- und Vermessungswesen, <http://www.bev.gov.at>, 24.12.2003.
- URL8: Government information and services about land and property anywhere in Victoria, <http://land.vic.gov.au/>, 30.12.2003.
- URL9: Arizona BLM, http://www.az.blm.gov/fr_wwdo.htm, 30.12.2003.
- URL10: Extensible Markup Language (XML), <http://www.w3.org/XML/>, 14.01.2004.
- URL11: Graphics on the Web, <http://www.w3.org/Graphics/Overview>, 15.01.2004.
- URL12: LZW Patent and Software Information / License Information on GIF and Other LZW-based Technologies, http://www.unisys.com/about__unisys/lzw, 15.01.2004.
- URL13: Unisys/CompuServe GIF Controversy, <http://lpf.ai.mit.edu/Patents/Gif/Gif.html>, 15.01.2004.
- URL14: PNG (Portable Network Graphics), <http://www.w3.org/Graphics/PNG/>, 15.01.2004.
- URL15: JPEG JFIF, <http://www.w3.org/Graphics/JPEG/>, 15.01.2004.
- URL16: WebCGM Profile, <http://www.w3.org/Graphics/WebCGM/>, 15.01.2004.
- URL17: About SVG, <http://www.w3.org/Graphics/SVG/About.html>, 15.01.2004.
- URL18: XML Focus Topics : XML Beginner's Guide, http://www.xml.org/xml/resources_focus_beginnerguides.shtml, 15.01.2004.
- URL19: The NCGIA Core Curriculum in GIScience, <http://www.ncgia.ucsb.edu/education/curricula/giscc/>, 27.01.2004.
- URL20: IBM DB2 Spatial Extender for Linux, UNIX and Windows, <http://www-306.ibm.com/software/data/spatial/>, 06.02.2004.
- URL21: PostgreSQL 7.4 Documentation / Chapter 8. Data Types / 8.7. Geometric Types, <http://www.postgresql.org/docs/7.4/static/datatype-geometric.html#DATATYPE-GEO-TABLE>, 06.02.2004.
- URL22: LAND REGISTRATION ACT 2002 - EXPLANATORY NOTES, <http://www.hmso.gov.uk/acts/en2002/2002en09.htm>, 23.03.2004.



Popis tablica

TABLICA 1. OBILJEŽJA SUSTAVA UPRAVLJANJA PRAVIMA NA NEKRETNINAMA.....	12
TABLICA 2. PODACI O BRIDU U PUNOJ STRUKTURI KRILATOG BRIDA	35

Popis slika

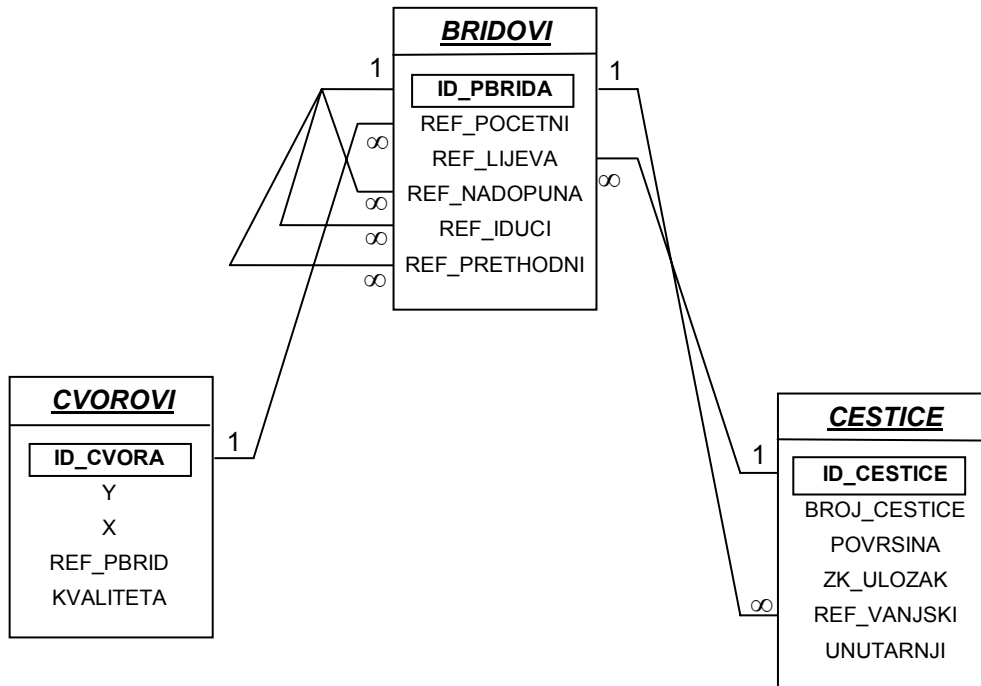
SLIKA 1. ČINIOCI KOJI UTJEČU NA OBLIK KATASTARSKOG SUSTAVA.....	9
SLIKA 2. ODNOSI IZMEĐU DIJELOVA SUSTAVA UPRAVLJANJA PODACIMA O NEKRETNINAMA	11
SLIKA 3. PRISTUP DIGITALNOM KATASTARSKOM PLANU (ZIMMERMANN 1990)	15
SLIKA 4. DANAŠNJE STANJE TEHNOLOGIJE DIGITALNOG KATASTARSKOG PLANA (HOFFMANN 2003)	15
SLIKA 5. BEV PORTAL (URL7).....	16
SLIKA 6. TOPOGRAFSKI PLANOWI DO I NAKON 1940. GODINE	17
SLIKA 7. WWW PORTAL ZA PRISTUP METAPODACIMA ORDNANCE SURVEY	18
SLIKA 8. SAVEZNE DRŽAVE U AUSTRALIJI.....	19
SLIKA 9. TERENSKI PODACI O «IZDVOJENOJ» IZMJERI (DALRYMPLE I DR. 2003)	19
SLIKA 10. PREGLED AUSTRALSKIH SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE PODACIMA O NEKRETNINAMA (HESSE 1991)	20
SLIKA 11. KATASTARSKI WWW PORTAL U AUSTRALSKOJ DRŽAVI VICTORIA (URL8)	21
SLIKA 12. PODJELA NA PROSTORNE JEDINICE PLSS SUSTAVA.....	22
SLIKA 13. SKICA IZMJERE U PLSS SUSTAVU	23
SLIKA 14. PRISTUP PODACIMA IZMJERE PUTEM WWW-A (URL9)	24
SLIKA 15. SLOJNI NAČIN MODELIRANJA RASTERSKIH PODATAKA	26
SLIKA 16. ČELIJE PREMA DIMENZIJAMA	27
SLIKA 17. STRUKTURA PROSTORNOG OBJEKTA	28
SLIKA 18. VRSTE GEOMETRIJSKIH PODATAKA OBZIROM NA DIMENZIONALNOST	29
SLIKA 19. PREGLEDNA KARTA TRAMVAJSKIH LINIJA U ZAGREBU	30
SLIKA 20. ŠPAGETI I TOPOLOŠKI STRUKTURIRANI PODACI	30
SLIKA 21. POVRŠINA S OTOKOM	31
SLIKA 22. REZULTATI TOPOLOŠKIH TRANSFORMACIJA.....	32
SLIKA 23. DVA OBJEKTA KOJI SE PREKLAPAJU	33
SLIKA 24. USPOREDBE GRANICA I UNUTRAŠNOSTI DVAJU OBJEKATA	33
SLIKA 25. SUSJEDNI I RAZDVOJENI OBJEKTI	34
SLIKA 26. TOPOLOŠKE KOMPONENTE PETLJE	34
SLIKA 27. BRID U POTPUNOJ STRUKTURI KRILATOG BRIDA	35
SLIKA 28. POLU-BRID STRUKTURA.....	36
SLIKA 29. SLOJNI NAČIN TEMATSKOG MODELIRANJA.....	37
SLIKA 30. SLOJNI MODEL KATASTARSKOG PLANA	37
SLIKA 31. DEFINICIJA PROSTORNOG OBJEKTA ODNOSNO NJEGOVE KLASA.....	39
SLIKA 32. ODNOS STUPNJA UOPĆENJA MODELA I NJEGOVE ORIJENTIRANOSTI	41
SLIKA 33. ENTITETI I KLASA.....	43
SLIKA 34. MARTINOV PRISTUP OBLIKOVANJU EV DIJAGRAMA	44
SLIKA 35. CHENOV PRISTUP OBLIKOVANJU EV DIJAGRAMA	45
SLIKA 36. NAČIN PRIKAZA KLASA (UML)	46
SLIKA 37. UČAHURENJE I STUPNJEVI UOPĆENOSTI ATRIBUTA	47
SLIKA 38. JEDNOSTAVNA VEZA	49
SLIKA 39. USMJERENA VEZA.....	49
SLIKA 40. VEZNA KLASA.....	49
SLIKA 41. N-ARNA VEZA.....	50
SLIKA 42. AGREGACIJSKA VEZA.....	50
SLIKA 43. KOMPOZICIJSKA VEZA.....	51



SLIKA 44. NAČIN PRIKAZA NASLJEĐIVANJA	51
SLIKA 45. TABLICA I NJENI OSNOVNI DIJELOVI	52
SLIKA 46. KONCEPT MEHANIZMA STRANOG KLJUČA U DEFINICIJI RELACIJA I ODNOSA	53
SLIKA 47. PROSTORNI PODACI NA KATASTARSKOM PLANU (ROIĆ I DR. 2002A)	56
SLIKA 48. JEDNOSTAVAN PRIMJER DVAJU PROSTORNIH OBJEKATA	58
SLIKA 49. EV DIJAGRAM JEDNOSTAVNOG MODELA PROSTORNOG PODATKA	58
SLIKA 50. TABLICE I VEZE PRETHODNO OPISANOG MODELA	59
SLIKA 51. DIJAGRAMI ZA OPERACIJE BOUNDARY I COBOUNDARY (OGC 2001A).....	60
SLIKA 52. SADRŽAJ KLASA I UNUTARNJE ZAVISNOSTI GEOMETRIJSKIH PAKETA (OGC 2001A).....	62
SLIKA 53. DIJAGRAM GEOMETRIJSKIH KLASA (OGC 2001A)	63
SLIKA 54. SADRŽAJ KLASA TOPOLOŠKIH PAKETA (OGC 2001A)	64
SLIKA 55. DIJAGRAM TOPOLOŠKIH KLASA (OGC 2001A).....	64
SLIKA 56. ODNOS IZMEĐU GEOMETRIJE I TOPOLOGIJE (OGC 2001A).....	65
SLIKA 57. DIGEST VRF FORMAT (DGIWG 2000).....	66
SLIKA 58. NAČIN PRIKAZA GEOMETRIJSKIH I TOPOLOŠKIH STRUKTURA (ANSI 1997)	67
SLIKA 59. RAZVOJ POJMA GIS (SHEKHAR I CHAWLA 2003)	69
SLIKA 60. 2-SLOJNA ARHITEKTURA	73
SLIKA 61. 3-SLOJNA ARHITEKTURA	74
SLIKA 62. OPĆENITI TIJEK ZAHTJEVA I ODGOVORA POSLUŽITELJSKE APLIKACIJE.....	75
SLIKA 63. OPĆENITI TIJEK ZAHTJEVA I ODGOVORA KLIJENTSKE APLIKACIJE	76
SLIKA 64. SHEMATSKI PRIKAZ OGC INICIJATIVE (OGC 2003A).....	77
SLIKA 65. DIJAGRAM OWS-2 ARHITEKTURE (OGC 2001B).....	78
SLIKA 66. ODNOS GML-A I OSTALIH FORMATA PROSTORNIH PODATAKA	81
SLIKA 67. UML PRIKAZ GML 3.0 HIJERARHIJE OBJEKATA	81
SLIKA 68. MODEL KATASTARSKIH PODATAKA PREMA (OOSTEROM I LEMMEN 2002).....	85
SLIKA 69. UML DIJAGRAM KLASA MODELA PODATAKA KONKRETNOG SUSTAVA.....	86
SLIKA 70. ODNOS PRISTUPA OSTVARIVANJU PROSTORNE SASTAVNICE PODATAKA.....	87
SLIKA 71. PRIKAZ ORACLEAS TROSLOJNE ARHITEKTURE (ORACLE 2003).....	88
SLIKA 72. POČETNI IZGLED SUČELJA	89
SLIKA 73. DIO SUČELJA ZA PRETRAŽIVANJE BZP	90
SLIKA 74. PRIKAZANA TRAŽENA KATASTARSKA ČESTICA IZ KATASTRA NEKRETNINA.....	90
SLIKA 75. SUČELJE S ISPISOM IZ EOP ZEMLJIŠNE KNJIGE	91
SLIKA 76. DIO SUČELJA ZA IZBOR VRSTA PRIKAZANIH PODATAKA.....	91
SLIKA 77. PROMJENA PRIKAZA PODATAKA IZ KATASTRA NEKRETNINA.....	92
SLIKA 78. DIO SUČELJA ZA POMICANJE I POVEĆAVANJE PRIKAZA PODATAKA.....	92

**Prilozi:**

- Pregledni dijagram implementacije prostorne sastavnice modela podataka.
- Definicije tablica, pogleda i funkcija.

Pregledni dijagram implementacije prostorne sastavnice modela podataka.



Definicije tablica, pogleda i funkcija.

Tablice

```
create or replace type typ_polje_unutarnjih AS VARRAY(200) of number;  
/
```

```
CREATE TABLE cvorovi (  
id_cvora number,  
y FLOAT,  
x FLOAT,  
ref_pbrid number,  
kvaliteta number,  
CONSTRAINT cvorovi_pk PRIMARY KEY(id_cvora));
```

```
CREATE TABLE bridovi (  
id_pbrida number,  
ref_pocetni number,  
ref_lijeva number,  
ref_nadopuna number,  
ref_iduci number,  
ref_prethodni number,  
CONSTRAINT bridovi_pk PRIMARY KEY(id_pbrida));
```

```
CREATE TABLE cestice (  
id_cestice number,  
broj_cestice varchar2(15),  
povrsina number,  
zk_ulozak number,  
uporaba number,  
rudina number,  
ref_vanjski number,  
unutarnji typ_polje_unutarnjih,  
CONSTRAINT cestice_pk PRIMARY KEY(id_cestice));
```

```
CREATE TABLE vlastovnica (  
id_v number,  
zk_ulozak number,  
id_osobe number,  
udio varchar2(10),  
CONSTRAINT vlastovnica_pk PRIMARY KEY(id_v));
```

```
CREATE TABLE teretovnica (  
id_t number,  
id_osobe number,  
zk_ulozak number,  
tereti varchar2(100),  
CONSTRAINT teretovnica_pk PRIMARY KEY(id_t));
```

```
CREATE TABLE osobe (  
id_osobe number,  
MB number,  
prezime varchar2(100),  
ime varchar2(100),  
ime_oca varchar2(100),  
mjesto varchar2(100),  
adresa varchar2(100),  
posta_br number,  
drzava varchar2(100),  
CONSTRAINT osobe_pk PRIMARY KEY(id_osobe));
```



Funkcije

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ostvari_cesticu(brcestice in char) return mdsys.sdo_geometry
DETERMINISTIC IS
vanj number:=0;
koordinata mdsys.sdo_ordinate_array;
podaci mdsys.sdo_elem_info_array;
pbrid number:=0;
cvor number:=0;
cvory float:=0.0;
cvorx float:=0.0;
brcv number:=1;
pbrcv number:=1;
i number:=1;
j number:=1;
pozicija number:=0;
spozicija number:=0;
unutarnji number:=0;
uzeo number:=0;
prviprolaz number:=1;
poligon mdsys.sdo_geometry;
sveunutarnje typ_polje_unutarnjih;
BEGIN
poligon:=null;
koordinata:=mdsys.sdo_ordinate_array();
podaci:=mdsys.sdo_elem_info_array();
pbrid:=null;
cvor:=null;
sveunutarnje:=typ_polje_unutarnjih();
select ref_vanjski into pbrid from cestice where broj_cestice=brcestice;

<<opet>>
select ref_pocetni into cvor from bridovi where id_pbrida=pbrid;
pbrcv:=cvor;
WHILE pbrcv <> brcv LOOP
if unutarnji=0 then
select ref_prethodni into pbrid from bridovi where id_pbrida=pbrid;
else select ref_iduci into pbrid from bridovi where id_pbrida=pbrid;
end if;
select ref_pocetni into cvor from bridovi where id_pbrida=pbrid;
select y into cvory from cvorovi where id_cvora=cvor;
select x into cvorx from cvorovi where id_cvora=cvor;
brcv:=cvor;
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=cvory;
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=cvorx;
pozicija:=pozicija+2;
dbms_output.put_line(brcv);
END LOOP;
pozicija:=pozicija+2;

if unutarnji=0 then podaci.EXTEND;
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=koordinata(1);
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=koordinata(2);
podaci(podaci.LAST):=1;
podaci.EXTEND;
```



```
podaci(podaci.LAST):=1003;
spozicija:=pozicija;
end if;
```

```
if unutarnji=1 then podaci.EXTEND;
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=koordinata(spozicija+1);
koordinata.EXTEND;
koordinata(koordinata.LAST):=koordinata(spozicija+2);
podaci(podaci.LAST):=spozicija+1;
podaci.EXTEND;
podaci(podaci.LAST):=2003;
end if;
podaci.EXTEND;
podaci(podaci.LAST):=1;
spozicija:=pozicija;
```

```
if prviprolaz=0 then
if sveunutarnje.next(j) is not null then j:=sveunutarnje.next(j);
else goto skok;
end if;
end if;
```

```
if prviprolaz=1 then prviprolaz:=0;
if uzeo=0 then uzeo:=1;
select unutarnji into sveunutarnje from cestice where broj_cestice=brcestice;
if sveunutarnje.first is not null then j:=sveunutarnje.first;
else goto skok;
end if;
end if;
end if;
```

```
pbrid:=sveunutarnje(j);
unutarnji:=1;
goto opet;
<<skok>>
poligon:=mdsys.sdo_geometry (2003, null, null, podaci, koordinata);
RETURN (poligon);
END ostvari_cesticu;
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ostvari_cvor (idcv in number) return mdsys.sdo_geometry
DETERMINISTIC IS
jedcvor number:=0;
cvory float:=0;
cvorx float:=0;
begin
select y into cvory from cvorovi where id_cvora=idcv;
select x into cvorx from cvorovi where id_cvora=idcv;
return mdsys.sdo_geometry(2001,null,mdsys.sdo_point_type(cvory,cvorx,null),null,null);
end ostvari_cvor;
```



Pogledi (view)

```
CREATE OR REPLACE VIEW CESTICE_P ("ID_CESTICE","BROJ_CESTICE",  
"GEOMETRIJA") AS  
  select id_cestice,broj_cestice,ostvari_cesticu(broj_cestice) from cestice  
  where cestice.id_cestice>0
```

```
CREATE OR REPLACE VIEW CVOROV_I_P ("CVOR","KVALITETA",  
"GEOMETRIJA") AS  
  select id_cvora,kvaliteta,ostvari_cvor(id_cvora) from cvorovi  
  where cvorovi.id_cvora>0
```

```
CREATE MATERIALIZED VIEW CESTICE_OSTVARENE  
BUILD IMMEDIATE  
REFRESH FORCE  
ON DEMAND  
AS  
select id_cestice,broj_cestice,geometrija from cestice_p where id_cestice>0
```

```
CREATE MATERIALIZED VIEW CVOROV_I_OSTVARENI  
BUILD IMMEDIATE  
REFRESH FORCE  
ON DEMAND  
AS  
select cvor,kvaliteta,geometrija from cvorovi_p where cvor>0
```

Životopis:

- listopad 2000. - prelazi na Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, asistent na Zavodu za Inženjersku geodeziju,
- prosinac 1996. zapošljava se u poduzeću "Geodis Zagreb d.o.o." gdje se bavi izradom katastarsko-geodetskih elaborata, 3D modeliranjem i vizualizacijom, GPS mjerenjima i obradom podataka i dr.,
- rujan 1996. diplomirao s radom "Facility management ili računalom podržano upravljanje prostorom",
- akad. god. 90/91. upisuje Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, tijekom studija obavlja demonstrature iz predmeta KOGP i Katastar,
- rujan 1989. - 1990. odslužio vojni rok,
- lipanj 1989. maturirao u srednjoj matematičko-informatičkoj školi "Vladimir Popović" s radnjom "Prikaz grafičkih mogućnosti računala Schneider CPC464",

Hrvoje Matijević rođen je u 04. 12. 1970. Zagrebu od oca Ante i majke Nede Matijević. Govori engleski i njemački jezik. Član je Hrvatskog geodetskog društva, a u znanstvenom radu zanimaju ga prostorne baze podataka, GIS, 3D modeliranje prostornih podataka, a sve vezano uz različite oblike upravljanja prostornim podacima. Oženjen je Sabinom Matijević, a od 11.04.1999. otac kćeri Nataše.