

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Filip Strunjak

PostGIS
ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Filip Strunjak
Matični broj: 41254/12-R
Studij: Informacijski sustavi

PostGIS

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
Doc.dr.sc. Markus Schatten

Varaždin, rujan 2016.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. GIS	2
3. Prostorne baze podataka	5
3.1. Prostorni podaci.....	5
3.2. Prostorne baze podataka	6
3.3. Modeliranje.....	8
3.4. Upiti	10
3.5. Reprezentacija vrijednosti i prostorno indeksiranje	11
4. Open Geospatial Consortium standard	13
4.1. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture	13
4.2. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option	16
5. PostgreSQL.....	17
6. PostGIS proširenje	18
6.1. Povijest	18
6.2. Primjena PostGIS-a	19
6.2.1. Tko koristi PostGIS?	19
6.2.2. Aplikacije koje koriste PostGIS	20
6.3. Instalacija PostGIS-a i stvaranje prostorne baze podataka.....	21
6.4. Učitavanje prostornih podataka	23
6.5. Geometrije, funkcije i primjeri	24
6.6. Prostorne veze, prostorno spajanje, funkcije i primjeri	27
6.7. Indeksiranje i projekcija podataka	29
6.8. Geografija	30
6.9. Funkcije konstruiranja geometrije	31
7. Vizualizacija podataka.....	32
7.1. Tehnologije korištene za vizualizaciju podataka.....	32
7.2. Povezivanje QGIS-a i PostGIS-a te vizualni prikaz podataka	33
8. Kritički prikaz.....	39
9. Zaključak	40
Literatura	41
Prilozi	43

1. Uvod

Tema ovoga rada je PostGIS, prostorno proširenje za PostgreSQL sustav za upravljanje bazama podataka.

Motivacija za ovu temu pronađena je u zanimanju autora za oba koncepta koje objedinjuje PostGIS: informatikom (konkretno bazama podataka) te geografijom. Oba ta koncepta moguće je svrstati pod zajednički naziv – geoinformatika. Motivacija za bazama podataka dolazi iz autorovih do sada stečenih znanja na preddipomskom studiju te želje za daljnjim znanjima iz istoga područja na diplomskom studiju. S geoinformatikom se autor do sada nije puno susretao na fakultetu, no geografija mu je oduvijek bila interesantno područje. Prema tome, tema PostGIS koja dolazi iz područja geoinformatike čini se kao logičan i primjereno izbor za završni rad.

Za početak će u radu biti opisan GIS, sustav kojemu pripada i PostGIS. Kako PostGIS čini PostgreSQL sustavom za upravljanje prostornim bazama podatka, prostorne baze podataka će biti detaljno opisane (prostorni podaci, modeliranje, upiti, reprezentacija, indeksiranje).

Nakon toga slijedi opis OpenGIS Simple Features specifikacije, nastale od udruženja Open Geospatial Consortium, na kojoj se temelji sam sustav PostGIS. Kratko će biti opisan i PostgreSQL, pošto je PostGIS dodatak za PostgreSQL sustav za upravljanje bazama podataka. Tek nakon opisa svih navedenih koncepata, dolazi do konkretnog i detaljnog opisa PostGIS-a. Kreće se s opisom povijesti te primjenom PostGIS-a. Nakon toga dolazi do opisa rada unutar PostGIS sustava: instalacija, učitavanje podataka, rad s geometrijama, veze, spajanje, funkcije, indeksiranje, projekcija, geografija. Sve će biti potkrijepljeno i objašnjeno vlastitim primjerima. Nakon toga slijedi opis praktičnog dijela: izrade interaktivne web karte za prikaz prostornih podataka.

2. GIS

Geoinformacijski sustav – GIS (engl. Geographic Information System) možemo razmatrati kao sustav za obradu prostornih podataka. Precizniji hrvatski naziv jest zemljopisni informacijski sustav – ZIS, no u ovome radu koristit će se naziv GIS pošto je kratica GIS sadržana u samom nazivu teme ovoga rada (PostGIS).

GIS spada pod okrilje geoinformatike – znanosti i struke koja se bavi rješavanjem problema u geoznanostima uz pomoć informatike. Geoinformatičke tehnologije uključuju geografske informacijske sustave, prostorne sustave za podršku u odlučivanju, globalne pozicijske sustave (GPS) i daljinska istraživanja. Geoinformatika sadrži više tehnologija i djelatnosti: (geo)informacijske i komunikacijske tehnologije, razvoj geoprostornih baza podataka i informacijskih sustava, geoprostorne analize i modeliranje, geostatistiku, interakciju ljudi i računala, mobilne tehnologije i komunikacije i dr. (Strahonja, 2013.)

GIS objedinjuje različite znanosti, kao što su: informatika, geografija, matematika, kartografija. Kao osnovnu funkcionalnost GIS-a možemo navesti prostornu analizu.

Brojni autori navode različite definicije GIS-a. Biti će navedene samo neke od njih.

Clarke (1995.) definira GIS kao: „*Automatizirani sustavi za prikupljanje, pohranjivanje, pretraživanje i prikaz prostornih podataka.*“ Aronoff (1989.) navodi da je GIS „*svaki ručno ili računalno baziran skup procedura koje se koriste za pohranu i manipulaciju geografski povezanim podacima.*“ U izvještaju “Handling Geographic Information”, HMSO (1987.) GIS se opisuje kao: „*Sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi.*“ Postoje i brojne novije definicije. Tako se na stranici gisgeography.com navodi da je „*Geografski informacijski sustav računalno bazirani alat koji analizira, pohranjuje, manipulira njima te vizualizira geografske podatke na karti.*“

GIS je za mnoge više od računalne baze i skupa alata: to je također filozofija upravljanja informacijama. GIS često može biti jezgra upravljanja informacijama unutar neke organizacije. Iz mnogobrojnih definicija GIS-a može se zaključiti da je to vrlo širok i složen sustav koji objedinjuje hardver, softver, podatke, ljude i metode. Svaka od navedenih komponenti može se razdvojiti na niz manjih ako ih promatramo u kontekstu GIS-a. Posebnost GIS-a je integracija prostornih i drugih vrsta informacija unutar jednog sustava čime nudi konzistentni okvir za analizu prostora.

Važno je razlikovati GIS od karte na ekranu računala. Postoje bitne razlike između tih sustava.

	GIS	KARTA
PODRUČJE PRIKAZA	<ul style="list-style-type: none"> - neograničeno, neovisno o vrsti i gustoći sadržaja 	<ul style="list-style-type: none"> - ograničeno dimenijama lista karte ili plana - ograničeno gustoćom i vrstom sadržaja
KOLIČINA PODATAKA I MJERILO	<ul style="list-style-type: none"> - neograničeno, u mjerilu 1:1 	<ul style="list-style-type: none"> - ograničeno formatom papira i mjerilom
MEDIJ POHRANE PODATAKA	<ul style="list-style-type: none"> - razni mediji za pohranu digitalnih sadržaja 	<ul style="list-style-type: none"> - papir
MODEL	<ul style="list-style-type: none"> - model prostorne, tematske i vremenske komponente - 2D, 3D, tablični prikazi, labele 	<ul style="list-style-type: none"> - grafički prikaz objekta s labelom
MEDIJ PRIKAZA PODATAKA	<ul style="list-style-type: none"> - ekran, papir, projekcija na zidu... 	<ul style="list-style-type: none"> - papir

Tablica 1.1. Usporedba GIS-a i karte (Izvor: Strahonja, 2013.)

U tablici 1.1. vidljivo je da je GIS poprilično složen sustav, opširniji i detaljniji od karte te nudi puno veće mogućnosti. Stoga, GIS i karte ne treba shvaćati kao sinonime.

Sam koncept GIS-a nije novi. Već davno prije pojave informacijskih sustava taj koncept bio je otkriven, međutim u drugačijem obliku od današnjeg. Naime, davno prije su se izrađivale kartice s indeksima tematskih slojeva, atlasi i slični sustavi. Jedan takav primjer jest kada je Dr. John Snow kod epidemije kolere u Londonu 1854. godine ucrtavajući položaje smrtnih slučajeva na karti pronašao položaj žarišta zaraze. Na taj način je otkriveno da je žarište zaraze bila zaražena voda koju su ljudi točili na jednoj javnoj pumpi.

Do razvoja tehnologije GIS-a došlo je iz dva neovisna područja: digitalne kartografije i CAD (engl. Computer Aided Design, računalom podržano oblikovanje) tehnologije te sustava za upravljanje bazama podataka (engl. Database Management System). Taj razvoj je povezan s

rastom snage i padom cijena računalnih tehnologija 60-ih godina. 1970-ih je došlo do nastojanja da se računala upotrijebe u različitim kartografskim postupcima pa je došlo do razvoja digitalne kartografije, a počeli su se razvijati i računalni programi koji mogu izvoditi analize karata.

Ukoliko želimo odgovoriti na pitanje čime se GIS konkretno bavi, možemo navesti pet osnovnih postupaka: unos podataka, spremanje podataka, upravljanje podacima, analiza podataka te ispis podataka. Prednosti koje programi za GIS i prostorni podaci donose su: bolje upravljanje informacijama, kvalitetnije analize, mogućnosti izrade scenarija i povećanje efikasnosti projekata. (Tutić, Vučetić, Lapaine, 2002.)

Primjena GIS-a vrlo je široka. Koristi se u mnogim granama ljudskog djelovanja: mapiranje podataka, telefonske i mrežne usluge, promet, urbano planiranje, kartografija, navigacija, bankarstvo te još mnogobrojne različite djelatnosti.

Hardver koji se koristi u GIS-u može se podijeliti u nekoliko kategorija:

- Računala (terenska računala, prijenosna računala, ...)
- Hardver za prikupljanje podataka o terenu (GPS prijamnik, sateliti, ...)
- Hardver za digitalizaciju (različiti skeneri)
- Hardver za spremanje podataka (tvrdi disk, USB)
- Hardver za prikaz i ispis podataka (monitori, pisači, ...)

Softver u GIS-u dijeli se na operacijske sustave i aplikacijski softver – namjenski programi. Aplikacijski softver može biti softver za obradu teksta, stolno nakladništvo, obradu slike, obradu rasterskih slika, obradu vektorskih slika. Također, to mogu biti CAD programi (namjena im je dizajn i izrada 2D i 3D grafičkih modela), softveri za rad s bazom podataka te još raznovrsni ostali GIS softveri. (Tutić, Vučetić, Lapaine, 2002.)

3. Prostorne baze podataka

3.1. Prostorni podaci

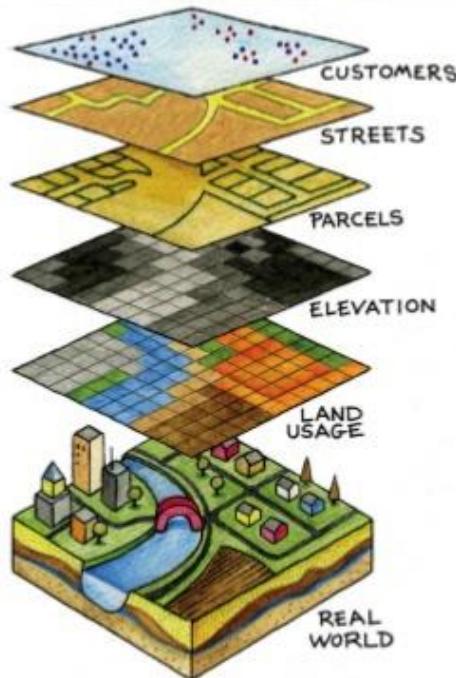
Promatrajući definicije GIS-a, uočava se da se većina njih temelji na definiciji da je GIS sustav za obradu prostornih podataka. Kao što sam naziv govori, prostorni podaci su podaci povezani s prostorom. Najčešći primjer prostora nad kojim se proučavaju podaci jest geografski prostor. Tako u domenu prostornih podataka najčešće ulaze podaci o objektima na površini Zemlje, kao što su: rijeke, jezera, šume, planine, građevine i sl. (Güting, 1994.).

Postoje različiti tipovi podataka u informacijskim sustavima. Osnovna karakteristika prostornih podataka je opis pojedinih položaja, posredno ili neposredno. Takvi podaci mogu biti prikazani grafički ili negrafički. Osnovni izvor podataka za GIS su karte, no karte ipak nisu jedini izvor prostornih podataka. Oblik, smještaj i odnos prema drugim prostornim podacima karakteristike su kojima se opisuju prostorni podaci. Podaci stvarnoga svijeta (npr. ceste, zgrade, rijeke) u smislu geografskog prikaza prikazuju se kao linije, točke, poligoni i sl. Navedena svojstva su zapravo stvarni modeli pojava stvarnog svijeta. Takvi modeli se često nazivaju objektima ili entitetima.

Prostorni podaci često sadrže i atributne informacije. To znači da se opis pojave čuva u nekom obliku. Na primjer za pojavu cesta, opis može biti opis ili naziv ceste (A, autocesta). Takve informacije se najčešće čuvaju u bazi podataka ili se jednostavno opisuju na karti. (Tutić, Vučetić, Lapaine, 2002.)

Uz navedeno, kod prostornih podataka se promatraju i odnosi između objekata: udaljenost, sadržavanje, povezanost i dr. Sama primjena prostornih podataka široko je rasprostranjena. Prostornim podacima koristi se većina organizacija u različite svrhe, kao npr.: kartografija, rasprostranjenost trgovina, rasprostranjenost klijenata, urbanistički planovi, praćenje prometa, vremenska prognoza, statistika i dr. (Blasby, dostupno 2016.).

Na slici 3.1. nalazi se primjer prikaza prostornih podataka koji se dobivaju iz modela stvarnoga svijeta.



Slika 3.1. Prostorni podaci (izvor : 2012books.lardbucket.org, 2012.)

3.2. Prostorne baze podataka

Sad kada su definirani prostorni podaci, možemo se prebaciti na prostorne baze podataka, odnosno baze podataka koje pohranjuju prostorne objekte. U takvim bazama podataka, prostornim objektima se manipulira jednostavno kao svim ostalim objektima u bazama podataka. Dopušteno je korištenje SQL tipova podataka (npr. int ili varchar) kao i korištenje prostornih tipova podataka (npr. point, linestring, polygon) za geometrijska izračunavanja kao što su udaljenost ili veze između objekata. Primjeri prostornih baza podataka su Oracle Spatial, SQL Server (2008. i kasnije), PostGIS.

Kroz povijest, odnosno u najranijim implementacijama GIS-a, svi prostorni podaci bili su pohranjeni koristeći model ravnih datoteka (engl. flat files). Za interpretaciju tako pohranjenih podataka i upravljanje njima bio je potreban specijalizirani GIS softver. U toj prvoj generaciji sustavi su bili organizirani tako da se zadovolje potrebe korisnika gdje su svi podaci unutar korisnikove organizacijske domene. To su bili vlasnički, samoodrživi sustavi posebno izrađeni za rukovanje prostornim podacima.

Druga generacija prostornih sustava pohranjivala je određene podatke u relacijske baze podataka (obično attribute ili neprostorne dijelove), ali je i dalje nedostajalo fleksibilnosti.

Prave prostorne baze podataka nastale su kada su ljudi počeli promatrati prostorne podatke kao prvaklasne objekte baza podataka. (workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

Prema Gütingu (1994.) sustav prostornih baza podataka moguće je opisati pomoću sljedećih tvrdnji:

1. sustav prostornih baza podataka je sustav baza podataka
2. on omogućuje prostorne tipove podataka u svojim modelima podataka i upitnom jeziku
3. sustav podržava prostorne tipove podataka u implementaciji, pruža indeksiranje prostora i učinkovite algoritme za prostorno spajanje.

Općenito, sustav za upravljanje prostornim bazama podataka razmatra se kako bi se pružila osnovna tehnologija za GIS i ostale aplikacije.

Ako govorimo o prednostima i nedostacima prostornih baza podataka, moguće je uočiti da prednosti ipak dominiraju. Najveća prednost je to što prostorne podatke možemo tretirati kao bilo koje druge podatke u bazi podataka (na primjer, korištenje okidača, transakcija, provjera integriteta, smanjenje redundancija i dr.). Također, sustav za upravljanje prostornim bazama podataka rješava komplikirane zadatke na baznom poslužitelju. Na primjer, sustav sam organizira i indeksira podatke, te omogućuje da korisnik ne treba ponavljati implementacije operatora i funkcija. Korištenjem jednostavnih SQL upita nad prostornim podacima moguće je odrediti prostorne veze (udaljenost, susjedstvo, zatvorenost) te obavljati prostorne operacije (prostor, duljina, presjek, unija i sl.).

Kao nedostaci prostornih baza podataka, navode se potencijalna visoka cijena implementacije, neke nefleksibilnosti, neusklađenost sa nekim GIS softverima, manja brzina u odnosu na lokalne, specijalizirane strukture podataka te neiskustvo korisnika u radu s prostornim bazama podataka. (Blasby, dostupno 2016.).

3.3. Modeliranje

Dvije osnovne stvari koje GIS nastoji prikazivati su:

1. Objekti u prostoru – prikaz odvojenih entiteta raspoređenih u prostoru od kojih svaki ima vlastiti geometrijski opis
2. Prostor – opis samoga prostora, tj. reći nešto o svakoj točki u prostoru.

Prvi pogled predstavlja pojedine objekte modeliranja (npr. gradovi, rijeke ili šume). Drugi navedeni pogled predstavlja tematske karte koje mogu opisivati na primjer podjelu zemlje na parcele.

U dalnjem tekstu će biti navedeni opis i primjeri dvodimenzionalnog modeliranja u prostoru, premda su gotovo svugdje moguće nadogradnje za trodimenzionalni prostor. Postoje koncepti za modeliranje pojedinačnih objekata te koncepti za modeliranje prostorno povezanih kolekcija objekata.

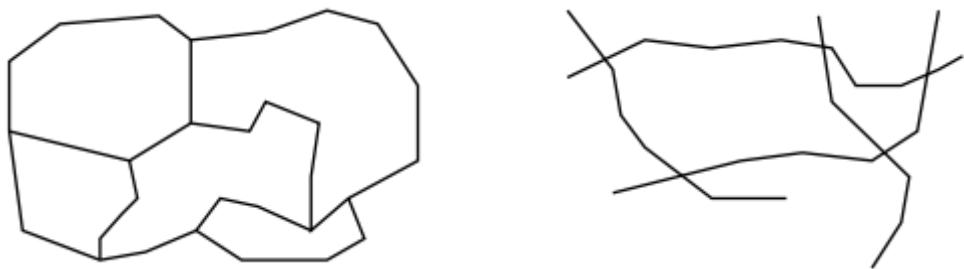
Točka, crta i regija, temelj su za modeliranje pojedinačnih objekata (slika 3.2.). Točka prikazuje objekt koji ima neku lokaciju u prostoru, ali ne i njegova proširenja. Na primjer, grad može biti prikazan kao točka ako se prikazuje u sklopu neke velike geografske regije. Crta prikazuje kretanje kroz prostor ili veze u prostoru (ceste, rijeke, telefonske žice, itd.). Regija apstraktno prikazuje neko proširenje u prostoru. To mogu biti države, jezera, nacionalni parkovi i slično.



Slika 3.2. Točka, crta, regija

Kod modeliranja prostorno povezanih kolekcija objekata, dvije osnovne instance su particije i mreže (slika 3.3.). Particije prikazuju skupove regionalnih objekata koji moraju biti odvojeni. To mogu biti na primjer skupovi parcela u zemljišnim knjigama. Mreže zapravo prikazuju grafove koje formiraju objekti na zemlji viđeni iz velike zračne udaljenosti. Sastoje se od linija i čvorova. Mreže su neophodne u geografiji gdje mogu prikazivati rijeke, prometnice i sl.

Valja napomenuti da su navedeni samo najvažniji prikazi modela prostornih podataka.



Slika 3.3. Particije i mreže

Sustav prostornih tipova podataka ili prostorna algebra može dohvaćati temeljne apstrakcije za točku, liniju i regiju s vezama među njima te operacijama za sastavljanje istih. Prostorni tipovi podataka su, kao što je već ranije navedeno, neophodan dio modela podataka za prostorni SUBP. Svi prijedlozi za modele i upitne jezike kao prototipe sustava opisani su u nekoj formi. Kao primjer prostorne algebre možemo razmotriti ROSE algebru. Ona nudi tri tipa podataka: točke, linije i regije čije vrijednosti su bazirane na njihovom području na kojem se nalaze. Za opisivanje tih vrijednosti koriste se pojmovi T-točka (engl. R-point),

R-blok (engl. R-block) i R-lik (engl. R-face). Za dano područje R, R-blok je povezani skup linijskih segmenata u R. R-lik je pak poligon s rupama koji se može definirati preko područja segmenata. Tako je vrijednost tipa točka skup od R-točaka, vrijednost tipa linija skup je razdvojenih R-blokova dok je regija skup rubno razdvojenih R-likova.

Prostorne veze su najvažnija operacija koju nudi prostorna algebra. One omogućuju ispitivanje jesu li objekti u danoj vezi s upitnim objektima. Kod veza je moguće razlikovati nekoliko vrsta:

- topološke veze – npr. susjedstvo, pripadanje, disjunkcija (invarijante topoloških transformacija poput prevodenja, skaliranja, rotacije)
- veze smjera - npr. iznad, ispod, sjeverno_od
- metričke veze - npr. udaljenost < 100

Topološke veze su najosnovnije među navedenima i najdublje se proučavaju.

Ostaje pitanje kako integrirati geometrijske modele u model baze podataka. Centralna ideja je prikazati prostorne objekte objektima (u smislu modela baze podataka) s najmanje jednim atributom prostornog tipa podataka. Slijede neki jednostavni primjeri prostornih relacija:

relation države (naziv: STRING; područje: REGION; stanovništvo: INTEGER)

relation rijeke (naziv: STRING; tok: LINE) (Güting, 1994.)

3.4. Upiti

Kao početni problem upita kod prostornih baza podataka javlja se pitanje kako povezati operacije prostorne algebre sa SUBP upitnim jezikom. Također, postoje i drugi aspekti vezani uz činjenicu da prostorni podaci zahtijevaju grafički prikaz rezultata kao i ulaz grafičkih elemenata.

Za početak će se razmotriti operacije za manipuliranje objektima s prostornim atributima koji su sadržani u bazi podataka. Te operacije razmatraju se s algebarskog kuta gledanja.

- 1) *Prostorna selekcija* – to je operacija koja vraća skup objekata koji ispunjavaju neke uvjete, u ovom slučaju bazira se na prostornim uvjetima.

Primjer: cities select[center inside Bavaria] – pronađazak svih gradova u pokrajini Bavarska

- 2) *Prostorno spajanje* – operacija koja uspoređuje dva objekta prema zadanim predikatima na temelju vrijednosti njihovih prostornih atributa.

Primjer : cities states join[center inside area] – spaja gradove s državama

- 3) *Primjena prostornih funkcija* – operacija za izračunavanje vrijednosti prostornih tipova podataka. Takve vrijednosti izračunavaju se za svaki objekt u nizu.

Primjer: rivers select[route intersects Bavaria]

extend[intersection(route, Bavaria) {part}]

extend[length(part) {plength}] project[rname, part, plength]

- Za svaku rijeku koja prolazi Bavarskom, vrati ime, dio geometrije koja se nalazi u Bavarskoj, te duljinu tog dijela.

- 4) *Ostale operacije* – operacije koje manipuliraju cijelim setom prostornih objekata na poseban način; one se nalaze između objekata prostorne algebre i objekata SUBP-a.

Primjer: Overlay – izračunava elementarna područja koja nastaju preklapanjem dviju particija

Na početku ovoga odlomka spomenut je problem grafičkog ulaza i izlaza. Baze podataka tradicionalno rade sa alfanumeričkim tipovima podataka koje je lako učitati i ispisati. Kod prostornih baza podataka, potrebna je grafička prezentacija vrijednosti prostornih tipova podataka, kao i učitavanje vrijednosti iz nekih grafičkih prikaza. Zbog toga se koriste različita grafička sučelja (engl. graphical user interface - GUI) koja omogućuju transformaciju takvih podataka kako bi se korisniku olakšao taj proces.

Kako bi bila moguća integracija geometrije u upitni jezik potrebno je slijediti tri glavna aspekta:

- 1) Označavanje vrijednosti prostornog tipa podataka kao konstante u upitu i grafički ulaz takve konstante
- 2) Izražavanje četiri klase temeljnih operacija za ugrađenu prostornu algebru
- 3) Opisivanje prezentacije rezultata

Kod tradicionalnih upitnih jezika, konstante spadaju u alfanumeričke tipove podataka i mogu se unositi jednostavno, putem tipkovnice. Takav pristup nije moguć kod prostornih tipova podataka. Takve konstante mogu se unositi kroz grafičke ulazne uređaje ili biti izračunate u upitu, npr. izvođenjem vrijednosti atributa nekih objekata iz baze podataka. Na sljedećem primjeru moguće je vidjeti primjer predstavljanja imenovane regije vrijednosti Bavarska (engl. Bavaria):

Primjer: states extract[sname = "Bavaria"; area] {Bavaria}

Izražavanje temeljnih operacija za ugrađenu prostornu algebru ne predstavlja nikakav problem. Naime, operacije kao što su join ili select omogućuje svaki upitni jezik.

Za jezik prezentacije rezultata također trebaju neke ugrađene upitne mogućnosti kako bi se utvrdili podskupovi odgovora za prikazivanje u određenom formatu. (Güting, 1994.)

3.5. Reprezentacija vrijednosti i prostorno indeksiranje

Reprezentacija vrijednosti prostornih tipova podataka treba biti kompatibilna s pogledima s dvaju različitih gledišta: gledišta sustava za upravljanje bazom podataka te gledišta prostorne algebre.

Reprezentacija s gledišta SUBP:

- atributne vrijednosti jednake su atributnim vrijednostima ostalih tipova što se tiče osnovnih operacija
- može imati varirajuće i vrlo velike veličine
- može se učinkovito učitati u glavnu memoriju
- nudi brojne specifične implementacije osnovnih operacija potrebnih SUBP-a

Reprezentacija s gledišta prostorne algebre:

- tip podataka je vrijednost nekog programskog jezika, npr. region
- je neka proizvoljna struktura podataka koja je vjerojatno prilično složena
- podržava učinkovite računalne geometrijske algoritme za operacije prostorne algebre
- nije usmjerena samo jednom određenom algoritmu već je uravnotežena podržati mnoge operacije

Sustavima za upravljanje prostornim bazama podataka ugrađeno je prostorno indeksiranje. Glavna svrha prostornog indeksiranja je podržati prostorne selekcije. Metoda prostornog indeksiranja organizira prostor i objekte na način se da dijelovi prostora i podskupovi objekata uzimaju u obzir kod odgovora na upite.

Dva su načina omogućavanja prostornog indeksiranja:

- 1) namjenske vanjske strukture prostornih podataka dodane sustavu koje nude prostorne atribute kao što je npr. B-stablo za standardne atribute
- 2) prostorni objekti se preslikavaju u jednodimenzionalni prostor tako da oni mogu biti pohranjeni u standardnim jednodimenzionalnim indeksima kao B-stabla

Osim prostorne selekcije, prostorni indeksi podržavaju također i ostale operacije kao prostorno spajanje, traženje objekata najbližih upitnoj vrijednosti i dr.

Osnovna ideja za prostorno indeksiranje i izvršavanje prostornih upita jest korištenje aproksimacija. To znači da struktura indeksa upravlja objektima u smislu jednoga ili više prostornih ključeva koji su prilično jednostavniji geometrijski objekti od samih prostornih tipova podataka. Te aproksimacije mogu se podijeliti na kontinuirane i koordinatne mreže. Kontinuirane aproksimacije bazirane su na vrijednosti samih prostornih tipova podataka. Kod aproksimacije koordinatnih mreža, prostor je podijeljen na celije u koordinatnoj mreži i prostorni tipovi podataka su prikazani skupom celija.

Većina prostornih struktura podataka dizajnirana je tako da pohranjuje ili skup točaka (točke) ili skup pravokutnika (linije ili regije). Podržane su različite operacije kod upita. Neke od najvažnijih za pohranjene elemente su:

- za točke: raspon (pronalazi sve točke unutar zadano raspona), najbliži susjed (traži najbližu točku zadanoj), zadana udaljenost (pronalažak točaka na većoj udaljenosti od zadane)
- za pravokutnike: presjek (traži sve pravokutnike koji presijecaju zadani), sadržavanje (pronalaži pravokutnike koji su sadržani u zadanim) (Güting, 1994.)

4. Open Geospatial Consortium standard

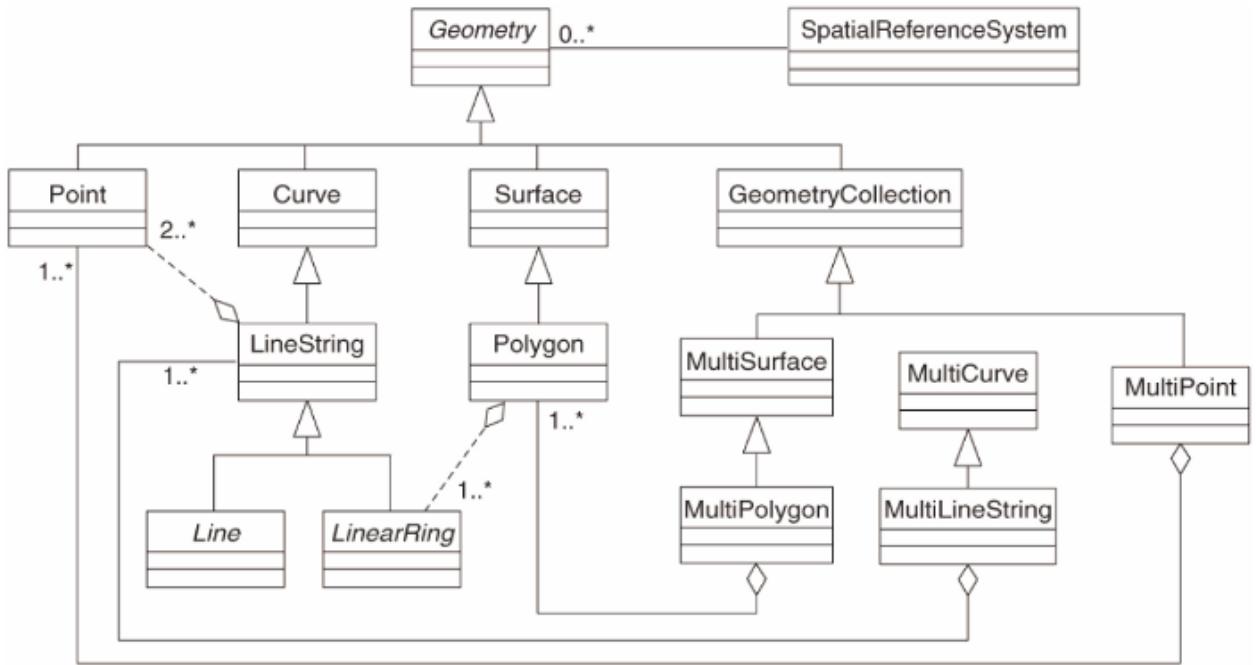
Open Geospatial Consortium (OGC) je međunarodni konzorcij nekoliko stotina članica koji nastoji razvijati javne i otvorene standarde za rad s prostornim podacima, a koristi ga globalna geoprostorna zajednica. Do 2014. godine, kratica OGC značila je Open GIS Consortium. OGC standardi su dogovoren konsenzusom i dostupni su za korištenje svakome u svrhu poboljšanja razmjene svjetskih geoprostornih podataka. OGC standardi koriste se u raznim granama ljudskog djelovanja: okoliš, obrana, zdravstvo, agrikultura, meteorologija, geoinformatika i dr. Članovi Open Geospatial Consortiuma dolaze iz vlada, komercijalnih organizacija, nevladinih udruga, akademske zajednice itd. Posebna pažnja kod OGC standarda stavlja se na osposobljavanje programera za izradu prostornih informacija i usluga koje će se koristiti unutar različitih informatičkih usluga i računalnih aplikacija. (OGC, dostupno 2016.)

OGC standardi i specifikacije nalaze se pod imenom OpenGIS Standards. U nastavku će biti detaljnije opisan standard *Simple Features* (jednostavna obilježja) koji se sastoji od dva dijela: Common arhitecture i SQL option.

4.1. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture

Simple features (jednostavna obilježja) bio je prvi konkretni OGC standard nastao u srednjim devedesetima. Uloga ovoga standarda je ta da određuje na koji način se atributni podaci pohranjuju u digitalnom obliku. Uz to, ovaj standard definira i operatore i metode za stvaranje i manipulaciju prostornim podacima. Simple features standard temelji se na dvodimenzionalnoj geometriji s linearom interpolacijom među vršnim točkama.

Prostorni podaci prikazani su objektnim modelom na UML dijagramu (slika 4.1.).



Slika 4.1. Simple features, objektni model (qgis.org, dostupno 2016.)

Na slici 4.1. vidimo da je klasa geometrija (Geometry) osnovna klasa prostornog podatka, a sve ostale klase nasljeđuju tu klasu. Klase koje izravno nasljeđuju klasu geometrija su točka (Point), krivulja (Curve), površina (Surface) te geometrijska kolekcija (GeometryCollection). Ostale klase posredno ili neposredno nasljeđuju navedene klase. Osnovna klasa geometrija, a time i sve ostale klase jer je nasljeđuju, povezana je sa referentnim koordinatnim sustavom (SpatialReferenceSystem). Taj sustav opisuje u kojem je koordinatnom sustavu pojedini geometrijski objekt definiran.

Svaka klasa sadrži neke svoje metode, a također nasljeđuje i metode nadklasa. U tablici 4.1. prikazane su metode apstraktne klase geometrija, odnosno metode koje su zajedničke svim klasama u navedenom objektnom modelu. Metode klase geometrija podijeljene su na tri dijela: osnovne metode geometrijskih objekata, metode za testiranje prostornih odnosa među geometrijskim objektima i metode za podršku prostorne analize. Ostale metode pojedinih klasa neće biti navedene u ovome dokumentu zbog opširnosti, a moguće ih je pronaći u OpenGIS Simple Features Specifikaciji. (SFA, 2011.)

osnovne metode geometrijskih objekata	metode za testiranje prostornih odnosa među geometrijskim objektima	metode za podršku prostorne analize
Dimension	Equals	Distance
GeometryType	Disjoint	Buffer
SRID	Intersects	ConvexHull
Envelope	Touches	Intersection
AsText	Crosses	Union
AsBinary	Within	Difference
IsEmpty	Contains	SymDifference
IsSimple	Overlaps	
Boundary	Relate	
CoordinateDimension	LocateAlong	
SpatialDimension	LocateBetween	
Is3D		
IsMeasured		

Tablica 4.1. Metode klase geometrija

Svaka geometrija ima prikaz koji se koristi za stvaranje novih geometrijskih objekata i pretvaranje postojećih geometrijskih objekata u tekstualni prikaz. Takav prikaz naziva se Well-known text (WKT) i koristi alfanumeričke znakove. Prema WKT-u jasno se vidi o kakvom se geometrijskom objektu radi i koje su koordinate točaka. Primjer koji se odnosi na dvodimenzionalni prikaz nalazi se u tablici 4.2.

Tip geometrije	Primjer tekstualnog prikaza (WKT)	Objašnjenje
Točka	Point (10 10)	Točka
Linija	LineString (10 10, 20 20, 30 40)	Linija sa tri točke
Poligon	Polygon ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))	Poligon sa jednim vanjskim prstenom i bez unutarnjih prstena
Kolekcija geometrija	GeometryCollection (POINT (10 10), POINT (30 30), LINESTRING (15 15, 20 20))	Kolekcija geometrija koja sadrži vrijednosti dvije točke i jedne linije

Tablica 4.2 Primjer tekstualnog prikaza geometrijskih objekata (izvor: SFA, 2011.)

Osim tekstualnog prikaza geometrijskih objekata, postoji i binarni prikaz istih. Binarni prikaz geometrijskih objekata naziva se originalno Well-known Binary Representation (WKB). WKB omogućuje prikaz geometrijskih objekata kao neprekinuti niz bajtova. Na taj način se osigurava razmjena geometrijskih objekata između SQL klijenta i SQL implementacije u binarnom obliku. Koriste se dvije vrste binarnog enkodiranja: NDR i XDR. Razlika između njih je ta što je način zapisa za XDR Big Endian (niži bajt na višoj adresi), a za NDR Little Endian (niži bajt na nižoj adresi). (OGC, 2011.)

4.2. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option

Svrha ovog, drugog dijela Simple feature access (SFA) specifikacije jest definirati standardnu SQL shemu pomoću koje je moguće pohranjivati, dohvaćati, postavljati upite i ažurirati kolekciju prostornih obilježja.

Kod relacijskih baza podataka, svako obilježje spremi se kao redak u tablici. I dok se atributni podaci spremaju u polja određena SQL92 standardnom (npr. tekstualni tip), prostorni podaci spremaju se u polja geometrijskog tipa. Tablica koja sadrži geometrijski tip podataka naziva se tablicom obilježja.

Kako bi baza podataka bila usuglašena s ovim standardom, ona mora zadovoljavati jedan od sljedećih uvjeta:

- a) SQL implementacija tablice obilježja temeljena na predefiniranim tipovima podataka:
 - 1) Korištenje numeričkog SQL tipa podataka za pohranjivanje prostornih podataka
 - 2) Korištenje binarnog SQL tipa podataka za pohranjivanje prostornih podataka
- b) Implementacija tablice obilježja koja podržava i tekstualni i binarni pristup prostornom tipu podataka.

PostGIS implementacija koristi upravo posljednje navedeni pristup za geometrijski tip podataka. (SFA, 2010. i Pavlović, 2010.)

5. PostgreSQL

Već ranije je korišten pojam sustava za upravljanje bazama podataka (skraćeno SUBP), a sada će biti definiran. „SUBP su programski proizvodi (u osnovi, skup programa) koji omogućuju (većem broju korisnika) definiranje, tj. kreiranje, administriranje, procesiranje i manipuliranje samom bazom podataka.“ (Rabuzin, 2011.) Najpoznatiji SUBP su Oracle, DB2 i MS SQL Server. PostgreSQL je također vrlo popularan sustav za upravljanje bazama podataka. PostgreSQL podržava PL/pgSQL – verzija SQL-a (daleko najpoznatijeg i najraširenijeg jezika za rad s bazama podataka) koja podržava i proceduralne konstrukte.

Za PostgreSQL se može reći da je moćan SUBP otvorenog koda. Iza njega je već više od 15 godina aktivnog razvoja i dokazane je arhitekture. Podržan je na svim važnijim operacijskim sustavima. Sadrži većinu SQL:2008 tipova podataka, uključujući INTEGER, NUMERIC, BOOLEAN, CHAR, VARCHAR, DATE INTERVAL, TIMESTAMP. Također podržava vanjske ključeve, spajanja, poglede, okidače i pohranjene procedure. Podržava i pohranu binarno velikih objekata, uključujući slike, zvuk i video. Uz to, sadrži i sučelja za različite programske jezike: C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC i dr.

PostgreSQL, originalno nazvan Postgres, pokrenuo je profesor Michael Stonebraker 1986. na Kalifornijskom sveučilištu Berkeley. Razvijan je do 1994. od strane tima koji su činili djelatnici i studenti navedenog sveučilišta. U to vrijeme Postgresu su dodana pravila, procedure, vremenski koncept, prošireni tipovi te objektno-relacijski koncepti.

1995. su studenti Andrew Yu i Jolly Chen na Postgres dodali SQL prevoditelj i preimenovali sustav u Postgres95.

1996. Postgres95 je izšao iz granica sveučilišta kada je globalna grupa razvojnih programera predviđjela sustav obećavajućim i počela ga razvijati. Kroz sljedećih osam godina sustav je doživio radikalne promjene. Rezultat njihova rada bio je novi SUBP čvrste stabilnosti. Tada je sustavu promijenjeno ime u PostgreSQL.

Prva verzija PostgreSQL-a bila je 6.0 kako bi se naglasila povezanost sa Postgresom i ranijim dugogodišnjim razvojem. Od tada pa do danas sustav je promijenjen i poboljšan na gotovo svakom svojem području.

Danas je baza korisnika PostgreSQL-a veća nego ikad i uključuje grupe velikih korporacija koje koriste PostgreSQL u svojim zahtjevnim okruženjima. Danas je razvoj PostgreSQL-a i njegovih performansi brži nego ikad.

Mnoge organizacije, vladine agencije i kompanije danas koriste PostgreSQL. Neke od njih su: ADP, CISCO, NTT Data, NOAA i dr. (postgresql.org, dostupno 2016.)

6. PostGIS proširenje

PostGIS je prostorno proširenje za PostgreSQL. PostGIS omogućuje rad s geoprostornim podacima. Pruža podršku geografskim objektima omogućavajući izvršavanje prostornih upita u SQL-u. PostGIS proširuje PostgreSQL dodatnim tipovima podataka kao što su: geografija, geometrija, raster i dr. Također PostgreSQL-u dodaje funkcije, operatore te indeksna proširenja koja odgovaraju ovim tipovima podataka. Ta sva navedena proširenja čine PostgreSQL brzim i robusnim sustavom za upravljanje prostornim bazama podataka.

6.1. Povijest

Prije razvoja PostGIS-a, PostgreSQL je već imao svoje geometrijske tipove podataka. Međutim, ti tipovi bili su previše limitirani za GIS podatke i analizu. Ti podaci koristili su se pretežno za akademska istraživanja i teško su pratili računalnu grafiku koju je GIS koristio. Zahtjevi su bili sve veći pa se počelo postavljati pitanje kako pohranjivati prostorne podatke? Činilo se da je upravo (ranije opisani) dokument „Simple Features for SQL“ nudio rješenja: prebacivanje geometrije u relacijski model te kasnije ponovno prebacivanje u geometrijski model ili kreiranje geometrijskih objekata. Prvi pristup se nije pokazao dobrim – sustav je bio spor. Zbog toga se posvetila pažnja kreiranju geometrijskih objekata. Uskoro se takav pristup pokazao puno boljim od svih dotadašnjih pokušaja. Naime, sustav je bio stotinu puta brži no što je to bilo u slučaju prebacivanja u relacijski model i kasnijeg vraćanja iz istog. Uskoro su dodani prostorni indeksi i tada su omogućene osnovne komponente za pohranu prostornih podataka:

- Prostorni objekti i standardizirani text (WKT)
- Osnovne funkcije kao što su duljina (Length()) i prostor (Area())
- Proširenje za uvoz/izvoz u Javu
- Prostorni indeksi za brz pristup podacima.

Ove komponente omogućile su izlazak prve verzije PostGIS-a, verzije 0.1 koja je postala dostupna 31.svibnja 2001. (refractions.net, dostupno 2016.)

Uskoro se razvio Mapserver, prva vanjska aplikacija koja je omogućavala vizualizaciju prostornih podataka iz baze. Kroz nekoliko godina porastao je broj PostGIS funkcija, ali je njihova snaga bila ograničena. Mnoge važne funkcije (npr. ST_Intersects(), ST_Buffer() i sl.) bile su komplikirane za kodiranje. Pisanje tih funkcija od nule zahtijevalo je godine posla. No,

usko je izrađen projekt pod originalnim nazivom „Geometry Engine, Open Source“ (GEOS). GEOS biblioteka je sadržavala potrebne algoritme za implementaciju SFSQL (ranije opisani Simple Features for SQL) specifikacije. Povezivanjem u GEOS, PostGIS je pružao potpunu podršku za SFSQL u verziji 0.8.

Kako je rastao kapacitet PostGIS podataka, pojavio se novi problem: način korišten za pohranu geometrije pokazao se relativno neučinkovitim. Za male objekte kao što su točke i kratke linije, metapodaci su imali opterećenje od oko 300%. To opterećenje je bilo nužno smanjiti. Smanjivanjem zaglavlja metapodataka i zahtijevanih dimenzija, preopterećenje se prilično smanjilo. U verziji 1.0 PostGIS-a, nova i brža reprezentacija postala je zadanom.

Kasnije su novija ažuriranja radila na širenju usklađenosti sa standardima. Dodana je podrška za krivulje kod geometrije te funkcije navedene u standardu ISO SQL/MM.

Svake godine je dolazilo nekoliko novih ažuriranih verzija PostGIS-a čime su donesene još mnogobrojne promjene, pretežito poboljšanja. Aktualna verzija PostGIS-a je verzija 2.2.2. (Workshop.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

6.2. Primjena PostGIS-a

6.2.1. Tko koristi PostGIS?

Slijede dva primjera korištenja PostGIS-a.

1) Institut Geographique National, Francuska

Institut Geographique National (IGN) je francuska nacionalna kartografska agencija. Oni koriste PostGIS za pohranu topografskih karata zemlje visoke rezolucije, naziva „BDUni“. BDUni ima više od sto milijuna elemenata. Održava ga osoblje s više od sto terenskih djelatnika koji bilježe opažanja i svakodnevno dodaju nove kartografske elemente u bazu. IGN koristi transakcijski sustav baza podataka kako bi osigurali konzistentnost tijekom procesa ažuriranja te održava sustav spremnim za neprekidan rad u slučaju kvara.

2) GlobeXplorer

GlobeXplorer je web servis koji nudi mrežni pristup globalnim satelitskim i zemaljskim slikama. Taj servis koristi PostGIS za upravljanje metapodacima povezanim sa katalogom slika. Upiti za slike prvo pretražuju PostGIS katalog kako bi pronašli lokaciju relevantnih slika, a zatim uzimaju slike iz pohrane i vraćaju ih klijentu. GlobeXplorer je isprobavao i ostale prostorne baze podataka, ali odabrali su upravo PostGIS zbog odlične kombinacije cijene i mogućnosti koje nudi. (workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

6.2.2. Aplikacije koje koriste PostGIS

PostGIS je postao široko korištena prostorna baza podataka. Broj programa koji pohranjuju i dohvaćaju podatke koristeći PostGIS prilično je porastao. PostGIS podržavaju i otvoreni (engl. Open source) kao i korisnički (engl. proprietary) softveri kao i serverski i desktop sustavi. Primjeri softvera koji podržavaju PostGIS nalaze se u tablici 6.1.

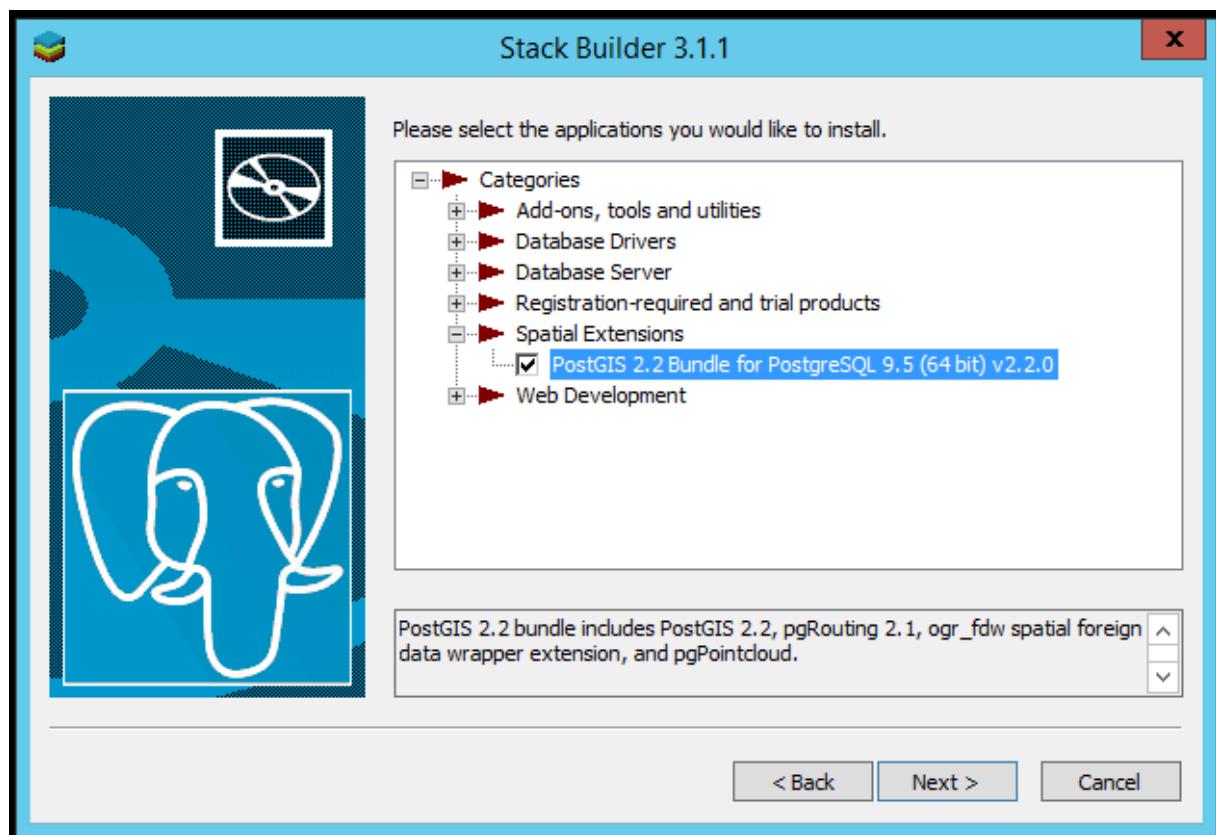
Otvoreni/Besplatni	Zatvoreni/Vlasnički
<ul style="list-style-type: none"> • Učitavanje/Raspakiravanje <ul style="list-style-type: none"> ◦ Shp2Ppgsql ◦ ogr2ogr ◦ Dxf2PostGIS • Web – bazirani <ul style="list-style-type: none"> ◦ Mapserver ◦ Geoserver (Java-based WFS / WMS - server) ◦ SharpMapSDK – for ASP.NET 2.0 ◦ MapGuide Open Source (using FDO) • Desktop <ul style="list-style-type: none"> ◦ uDig ◦ QGIS ◦ mezoGIS ◦ OpenJUMP ◦ OpenEV ◦ SharpMap SDK for Microsoft.NET 2.0 ◦ ZigGIS for ArcGIS/ArcObjects.NET ◦ GvSIG ◦ GRASS 	<ul style="list-style-type: none"> • Učitavanje/Raspakiravanje <ul style="list-style-type: none"> ◦ Safe FME Desktop Translator/Converter • Web – bazirani <ul style="list-style-type: none"> ◦ Ionic Red Spider (ERDAS) ◦ Cadcorp GeoGnoSIS ◦ Iwan Mapserver ◦ MapGuide Enterprise (using FDO) ◦ ESRI SrcGIS Server 9.3+ • Desktop <ul style="list-style-type: none"> ◦ Cadcorp SIS ◦ Microimages TNTmips GIS ◦ ESRI SrcGIS 9.3+ ◦ Manifold ◦ GeoConcept ◦ Mapinfo (v10) ◦ AutoCAD Map 3D (using FDO)

Tablica 6.1. Softveri koji koriste PostGIS (Workshop.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

6.3. Instalacija PostGIS-a i stvaranje prostorne baze podataka

Vec je navedeno da je PostGIS proširenje za PostgreSQL. Najlakši način za instalaciju PostGIS proširenja jest prilikom instalacije PostgreSQL-a odabir opcije koja nudi automatsku instalaciju proširenja PostGIS. Opis instalacije koji slijedi, kao i svi ostali primjeri koji slijede odnosit će se na rad u operacijskom sustavu Windows.

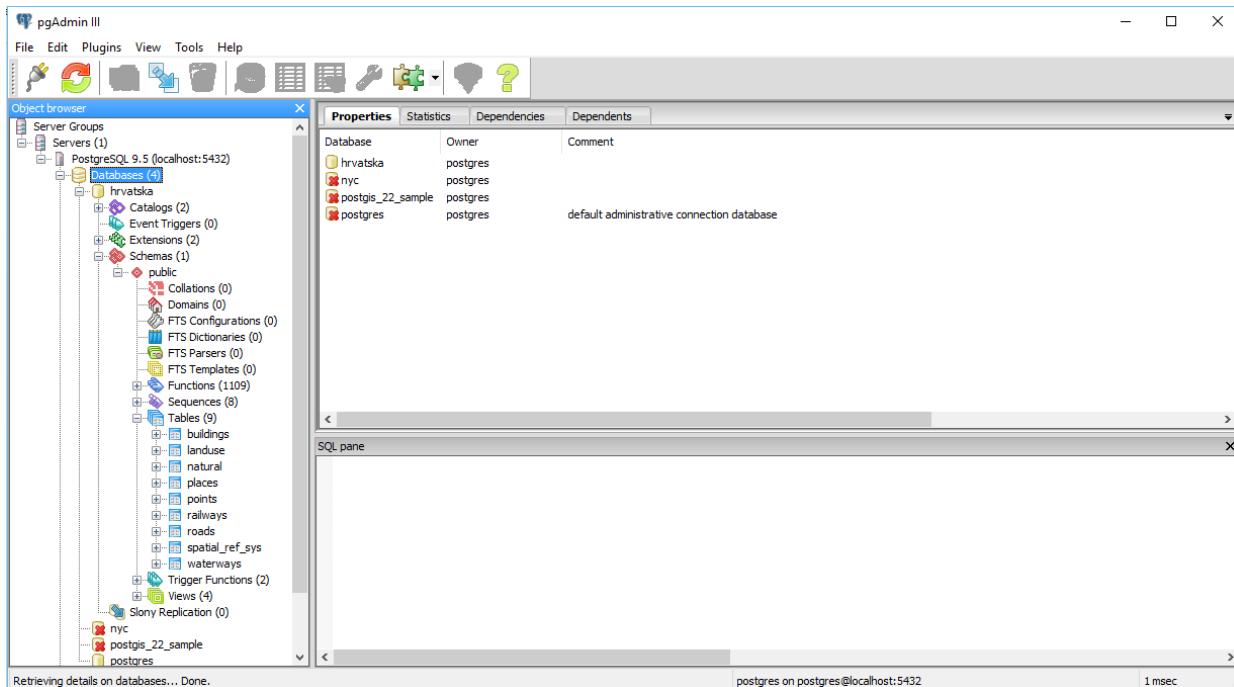
Nakon što se na stranici www.postgresql.org preuzme izvršna instalacijska datoteka PostgreSQL-a, može započeti sama instalacija. Kada korisnik pokrene tu datoteku, potrebno je samo pratiti jednostavne korake koji su ponuđeni. U jednom od koraka, na ekranu će se prikazati mogućnost odabira proširenja, alata, drivera i sl. Na popisu prostornih proširenja (engl. spatial extensions) potrebno je kliknuti na kvadratić pored naziva PostGIS proširenja s aktualnom verzijom (slika 6.1.). Dalje je potrebno samo slijediti jednostavne korake i odabirati ponuđene opcije čime će doći do instalacije PostgreSQL-a i pripadajućeg PostGIS proširenja.



Slika 6.1. Instalacija PostGIS proširenja

Osim opisanog načina, postoji još nekoliko različitih načina za instalaciju PostGIS proširenja. Na primjer, korištenjem OpenGeo Suite softvera moguća je osim PostGIS-a i instalacija različitih vizualizacijskih alata kao što su GeoServer, OpenLayers i ostalo.

Kreiranje prostorne baze podataka moguće je izvesti pomoću SQL naredbi u PSQL komandnoj liniji, no jednostavniji način je korištenje grafičkog sučelja pgAdmin (slika 6.2.) što će biti i opisano u dalnjem tekstu.



Slika 6.2. pgAdmin grafičko sučelje

U prozoru „Object browser“, desnim klikom na Databases (baze podataka), a zatim odabijom New Database (nova baza podataka) kreira se nova baza podataka. Tom prilikom bazi se može dodijeliti naziv te izabrati vlasnik. Kako bi se novokreiranoj bazi dodalo PostGIS prostorno proširenje, potrebno je u SQL uredniku izvršiti sljedeću naredbu:

```
CREATE EXTENSION postgis;
```

Sada je uspješno kreirana PostGIS prostorna baza podataka. To je moguće provjeriti naredbom:

```
SELECT postgis_full_version();
```

6.4. Učitavanje prostornih podataka

Kada je stvorena prostorna baza podataka, u PostgreSQL-u je moguće kreirati nove tablice, puniti ih podacima te vršiti operacije nad njima, a da se pritom koriste prostorni tipovi podataka. PostGIS također nudi mnogobrojne opcije za učitavanje podataka. U sljedećem dijelu, fokus će biti na učitavanju tzv. shape datoteka (engl. shapefiles).

Shape datoteke predstavljaju kolekciju datoteka sa .shp ekstenzijom. No, .shp datoteke su nepotpune bez dodatnih podupirajućih datoteka koje dolaze s njima:

- .shp – (engl. shape format) osobine same geometrije
- .shx – (engl. shape index format) pozicijski indeks geometrijskih značajki
- .dbf – (engl. attribute format) – atributi stupca za svaki oblik

Instalacijom PostGIS-a automatski se instalira i aplikacija pgShapeLoader koja služi za učitavanje shape datoteka. Istu aplikaciju moguće je pokrenuti i iz pgAdmin-a. Ako pokrenemo tu aplikaciju, klikom na „Add file“ mogu se dohvaćati shape datoteke. Pritisom na „Import“ te datoteke će se učitati.

Prije samog učitavanja datoteke, poželjno je postaviti određeni SRID (engl. Spatial Reference IDentifier). Srid definira sve parametre geografskog koordinatnog sustava i projekciju naših podataka. Praktičan je jer stavlja sve informacije o projekciji na karti u jedan broj. U našem primjeru koristi se SRID 4326.

U ovome primjeru korištene su shape datoteke koje sadrže prostorne podatke s područja Republike Hrvatske. Datoteke su preuzete sa stranice download.geofabrik.de. Kada se učitaju shape datoteke, one su u primjernoj prostornoj bazi podataka naziva „Hrvatska“ prikazane kao tablice. Tablice su sljedeće: mjesta, zgrade, korištenje zemlje, priroda, točke, željeznice, ceste te vodeni tokovi. Za primjer uzimimo tablicu mjesta (slika 6.3). Ta tablica je bila učitana kao shape datoteka. Ta tablica ima 11041 redak, a svaki od redaka prikazuje neko mjesto u Hrvatskoj. Stupci navedene tablice su identifikator, osm_id (OpenStreetMap), ime, tip mjesta, populacija te geom. Posebno je zanimljiv upravo posljednje navedeni stupac geom koji predstavlja geometriju tipa point. Dakako, nad tom tablicom se mogu izvršavati različiti upiti i modifikacije. Svaka od tablica preuzeti iz shape datoteka ima stupac tipa geometrija. Razlike su jedino u tipu geometrije. Tako na primjer tablica željeznice (engl. railways) kao geometrijski tip koristi MultiLineString. Navedene tablice biti će korištene u dalnjim primjerima ovoga rada.

The screenshot shows a PostgreSQL client interface with the following details:

- SQL Editor:** Contains the query: `select * from places`.
- Output pane:** Shows the results of the query in a table format.
- Table Headers:**
 - gid (integer)
 - osm_id (character varying(11))
 - name (character varying(48))
 - type (character varying(16))
 - population (numeric(10,0))
 - geom (geometry(Point,26918))
- Data Rows:** The table contains 11041 rows, each representing a place in Croatia. The first few rows are:
 - 1 26664166 Korčula island 15522 01010002026690000DABAE53455F13040541D7233DC784540
 - 2 29098860 Rijeka city 128735 01010002026690000AB1CFFAAC8E12C408BB26D07D9A94640
 - 3 29099359 Novigrad town 2622 01010002026690000200D28640212B40A59AFE918EA4640
 - 4 29099360 Poreč town 9790 010100020266900001ED72BD1FE302B40B79503E21A9D4640
 - 5 29099361 Rovinj town 13056 010100020266900006BEEA5F7EE482B40E863E3665D8A4640
- Bottom Status:** OK., DOS, Ln 1, Col 21, Ch 21, 11041 rows., 1.0 secs.

Slika 6.3. tablica mjesta u Hrvatskoj

6.5. Geometrije, funkcije i primjeri

Budući da svaka prostorna baza podataka koristi geometrijske tipove podataka na isti način kao i sve ostale tipove podataka, ista stvar se, naravno, događa i s PostGIS-om.

Način prikazivanje podataka stvarnog svijeta u PostGIS-u temelji se na ranije opisanoj Simple Features for SQL specifikaciji. PostGIS k tome proširuje dvodimenzionalnu reprezentaciju SFSQL specifikacije na tri ili četiri dimenzije.

Dakle, osnovni elementi prikaza su prema SFSQL specifikaciji točka, linija i poligon. Osim njih, tu su i četiri tipa kolekcija podataka:

- Multipoint – kolekcija točaka
- MultiLineString – kolekcija linija
- MultiPolygon – kolekcija poligona
- Geometry Collection – heterogena kolekcija bilo kojih geometrija.

Kako bi vanjski programi mogli raditi s geometrijama, one moraju biti promijenjene u oblik koji ostale aplikacije mogu razumjeti. PostGIS upravo podržava pretvorbu geometrije u različite formate te obrnuto:

- Well-known text (WKT)
 - ST_GeomFromText(text, srid) – vraća geometriju
 - ST_AsText(geometry) – vraća tekst
 - ST_ASEWKT(geometry) – vraća tekst
- Well-known binary (WKB)
 - ST_GeomFromWKB(bytea) – vraća geometriju
 - ST_AsBinary(geometry) – vraća bajtove
 - ST_AsEWKB(geometry) – vraća bajtove
- Geographic Mark-up Language (GML)
 - ST_GeomFromGML(text) – vraća geometriju
 - ST_AsGML(geometry) – vraća tekst
- Keyhole Mark-up Language (KML)
 - ST_GeomFromKML(text) – vraća geometriju
 - ST_AsKML(geometry) – vraća tekst
- GeoJSON
 - ST_AsGeoJSON(geometry) – vraća tekst
- Scalable Vector Graphics (SVG)
 - ST_AsSVG(geometry) – vraća tekst

(workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

Koristeći tablicu mjesta, slijedi primjer pretvorbe podataka iz geometrije u tekst:

```
select ST_AsText (geom) from places where name = 'Pitomača'
```

Za navedeni upit dobiva se slijedeći rezultat:

```
POINT(17.236659 45.9466396)
```

U rezultatu koji su dobiveni nalazi se tip prikaza geometrije (Point) te kordinate mjesta Pitomača.

Osim već navedenih funkcija vezanih uz pretvorbu podataka iz oblika u oblik, u tablici 6.2. navedeno je još nekoliko funkcija vezanih uz geometrije u PostGIS-u. Valja napomenuti da nisu navedene sve funkcije, već samo nekoliko primjera.

Naziv	Objašnjenje
ST_Area	Vraća vrijednost površine za objekte tipa polygon ili multi-polygon
ST_EndPoint	Vraća zadnju točku linije
ST_GeometryType	Vraća tip geometrije za vrijednost ST_Geometry
ST_Npoints	Vraća broj točaka u geometriji
ST_X / ST_Y	Vraća X / Y koordinatu točke

Tablica 6.2. Primjeri funkcija za geometrije (workshops.boundlessgeo.com,
dostupno 2016.)

Slijedi nekoliko primjera koristeći tablice iz prostorne baze podataka „Hrvatska“.

Primjer:

```
select ST_Area(geom::geography)/10000 from landuse where name = 'Varaždinsko Groblje'
```

```
15.7638868234061
```

Iz tablice korištenje zemljišta pomoću funkcije ST_Area dobivamo površinu zemlje koju koristi Varaždinsko groblje pretvorenu u hektare. U upitu je zadano geom::geography pošto želimo da rezultat bude u metrima kvadratnim (u primjeru pretvorba u hektare), a takav rezultat će biti ako se koristi tip geografija. Kod tipa geometrija rezultat će biti prikazan u obliku SRID jedinica. U odjeljku 6.8. detaljnije je objašnjena razlika između geometrijske i geografske udaljenosti.

Primjer:

```
select sum(ST_Length(geom::geography))/1000 from waterways where name='Krka'
```

```
80.1332350548224
```

Upit koji vraća ukupnu duljinu toka rijeke Krke u Hrvatskoj. Podaci su pretvoreni u kilometre.

6.6. Prostorne veze, prostorno spajanje, funkcije i primjeri

Funkcije koje su prikazane u prethodnom odlomku imaju jednu zajedničku karakteristiku, a to je da svaka od njih radi samo na jednoj geometriji u nekom vremenu. Sada će biti proučene funkcije koje rade nad vezama između geometrija. Primjeri takvih funkcija prikazani su u tablici 6.3.

Naziv	Objašnjenje
ST_Equals(geometry A, geometry B)	Uspoređuje jednakost dviju geometrija, vraća TRUE ako geometrije istog tipa imaju identične x,y koordinate
ST_Intersects(geometry A, geometry B)	Vraća TRUE ako dva oblika imaju neki zajednički prostor (sijeku se)
ST_Disjoint(geometry A , geometry B)	Funkcija koja ima obrnuto – proporcionalno značenje od funkcije ST_Intersect, provjerava jesu li dvije geometrije potpuno razdvojene (nemaju dodirnih točaka)
ST_Overlaps(geometry A, geometry B)	Uspoređuje dvije geometrije jednakih dimenzija i vraća TRUE ako njihov presjek rezultira geometrijom drugačijom od obje početne, ali istih dimenzija
ST_Distance (geometry A, geometry B)	Računa najkraću udaljenost između dviju geometrija i vraća vrijednost kao float

Tablica 6.3. primjeri funkcija nad vezama
(workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

Primjer:

```
Select ST_Distance(  
    (Select geom::geography from places where name = 'Varaždin'),  
    (Select geom::geography from places where name = 'Virovitica')  
)/1000;
```

```
96.80077315499
```

U primjeru iznad prikazan je upit koji vraća zračnu udaljenost između Varaždina i Virovitice u kilometrima.

Upit ispod provjerava sadrži li prvi objekt drugoga. Vratit će TRUE pošto je igralište NK Osijek unutar zemljišta koje posjeduje grad Osijek.

```
Select ST_Contains(  
    (Select geom from landuse where name = 'Osijek' ),  
    (Select geom from landuse where name = 'NK Osijek' )  
)
```

Prostorno spajanje omogućuje kombiniranje informacija iz različitih tablica koristeći naredbu spajanja – JOIN. Većina onoga što se smatra „standardnom GIS analizom“ može biti izraženo koristeći JOIN naredbu.

U prošlom primjeru promatrano je sadrži li jedan objekt drugoga. Sada je pomoću JOIN naredbe moguće puno više, moguće je provjeriti koji objekt je sadržan unutar kojega objekta.

The screenshot shows a SQL Editor interface with two panes. The top pane is labeled "SQL Editor" and contains the following SQL code:

```
select l.name as zemljište, p.name as objekt  
from landuse as l  
join  
points as p  
on ST_Contains(l.geom, p.geom)  
where l.name = 'Virovitica'
```

The bottom pane is labeled "Output pane" and displays the results of the query in a table format. The table has two columns: "zemljište" and "objekt". The "zemljište" column contains values ranging from 201 to 218, and the "objekt" column contains various names of objects in Virovitica.

	zemljište character varying(48)	objekt character varying(48)
201	Virovitica	Zrinski
202	Virovitica	Katolička klasična gimnazija Virovitica
203	Virovitica	Pekara Jozo
204	Virovitica	Caffe bar Cappuccino
205	Virovitica	Mikeš 26
206	Virovitica	Domus d.o.o.
207	Virovitica	Mana
208	Virovitica	Principessa
209	Virovitica	Bipa
210	Virovitica	Nova
211	Virovitica	Caffe bar Duje
212	Virovitica	
213	Virovitica	
214	Virovitica	Time
215	Virovitica	Music Club
216	Virovitica	Amadeus
217	Virovitica	Mikeš 3
218	Virovitica	Calco

Slika 6.4. Objekti na zemljištu u vlasništvu grada Virovitice

Na slici 6.4. prikazan je primjer upita koji, koristeći JOIN naredbu, vraća sve objekte iz tablice „točke“ (engl. points) koji se nalaze u sastavu zemljišta grada Virovitice (tablica „zemljišta“ (engl. landuse)).

Kod prostornog spajanja koriste se većinom funkcije koje smo već upoznali. Te funkcije sada dakako idu uz klauzulu JOIN. To su primjerice funkcije ST_Area(), ST_Distance(), ST_Length() itd.

6.7. Indeksiranje i projekcija podataka

Prostorno indeksiranje već je ranije u ovome radu detaljnije objašnjeno. Indeksi ubrzavaju pretraživanje podataka organizirajući podatke u stablo pretraživanja koje je moguće vrlo brzo proći kako bi se pronašli željeni podaci. Bez indeksiranja, svako pretraživanje bi se izvodilo slijedno što bi cijeli proces znatno usporilo. Kod PostGIS-a se koristi prostorna indeksna struktura u obliku R-stabla. R-stabla razdvajaju podatke u pravokutnike prve, druge, treće razine itd. Takva indeksna struktura automatski obrađuje različite gustoće podataka i veličine objekata. U PostGIS-u postoje i neke funkcije vezane uz indeksiranje i R-stabla. Tako na primjer funkcija geometry_a && geometry_b vraća TRUE ako granični okvir objekta A prekriva granični okvir objekta B.

Ranije je spomenut i SRID o kojemu ovisi projekcija podataka. Nekada je potrebno mijenjati način projekcije između prostornih referentnih sustava. Unutar PostGIS-a sadržane su funkcije kojima je moguće mijenjati način projekcije podataka. Funkcijom *ST_Transform (geometry, srid)* mijenja se projekcija podataka. Funkcijama *ST_SRID(geometry)* i *DT_SetSRID(geometry, srid)* upravlja se prostornim referentnim identifikatorima na geometrijama. (workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

Primjer:

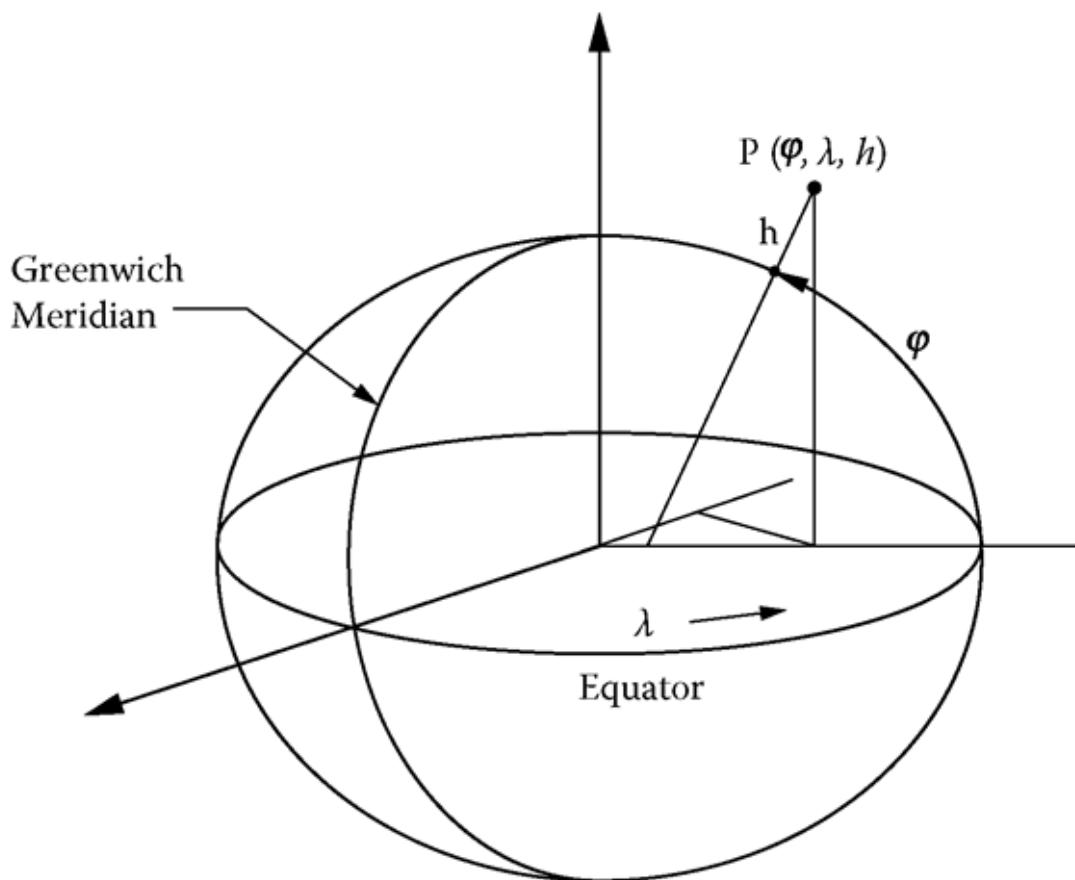
```
SELECT ST_SRID(geom) FROM places LIMIT
```

Navedenim upitom provjeravamo koji SRID se koristi za projekciju podataka pojedine tablice. U našem slučaju vratiti će rezultat 4326.

Postoje i upiti kojima se mogu provjeriti karakteristike određene SRID vrijednosti. Na primjer, upitom *SELECT srtext FROM spatial_ref_sys WHERE SRID = 4326* dobiva se WKT SRID-a 4326.

6.8. Geografija

Kod prostornih podataka koriste se geografske koordinate, često nazvane i prema ključnim riječima „latitude/longitude“ (širina/dužina). Te koordinate razlikuju se od Kartezijevih koordinata. Naime, one ne opisuju linearu udaljenost već opisuju kutne koordinate. Kod prostornih koordinata neka točka je određena kutem rotacije od početnog meridijana (širina) te kutem rotacije u odnosu na ekvator (dužina) (slika 6.5.). S obzirom da prostorne koordinate mjere kutnu udaljenost, jedinice mjere su stupnjevi.



Slika 6.5. Prikaz prostornih koordinata (what-when-how.com, dostupno 2016.)

Prostorne koordinate za:

- Varaždin: lat: 46.3044444, lng: 16.3377778
- Sydney: lat: -33.865143, lng: 151.209900

Sada je jasnije zašto se u nekim prethodnim primjerima koristila pretvorba iz geometrijskog tipa u geografski (geom::geography). Da u primjeru gdje je izračunata udaljenost između Varaždina i Virovitice nije korištena pretvorba u geografski tip dobiven bi bio sljedeći rezultat:

```
Select ST_Distance(  
    (Select geom from places where name = 'Varaždin'),  
    (Select geom from places where name = 'Virovitica')  
)
```

```
1.15122179115182
```

Ovaj rezultat u stupnjevima zapravo nema nikakav smisao budući da se on odnosi na kut prema početnom meridijanu, odnosno ekvatoru. No, kada se u upitu uzimaju u obzir geografske (Kartezijske) koordinate, dobije se smisleni rezultat kao što je prikazano u primjeru u odjeljku 6.6.

Geografske koordinate su lakše shvatljive ljudima od prostornih. Međutim, geografske koordinate se ne koriste uvijek jer postoje funkcije koje razumiju samo geometrijski tip podataka. Zbog toga je ponekad bolja opcija koristiti geografske koordinate, a nekad je ipak bolje dati prednost geometrijskim koordinatama, ovisno o situaciji.
(workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

6.9. Funkcije konstruiranja geometrije

Do sada su u ovome radu proučavane funkcije koje rade s geometrijom kao takvom i vraćaju podatke vezane uz geometrijske objekte. Postoje i funkcije koje uzimaju geometriju kao ulaz i vraćaju nove oblike na izlazu. Primjeri takvih funkcije su:

- ST_Centroid – vraća točku koja je otprilike u centru grupe koja se sastoji od ulaznih podataka
- ST_Buffer – uzima udaljenost i tip geometrije, a vraća poligon s granicom udaljenom od izlaznog poligona za ulaznu unesenu vrijednost
- ST_Intersection(geometry A, geometry B – vraća prostor koji dijele oba ulazna argumenta
- ST_Union(geometry, geometry) – uzima dva argumenta (dvije geometrije) kao ulaz i vraća njihovu uniju (workshops.boundlessgeo.com, dostupno 2016.)

7. Vizualizacija podataka

U ranijim primjerima korišteni su podaci iz lokalno pohranjene baze podataka „Hrvatska“. Nad tim podacima prikazani su primjeri vezani uz PostGIS sustav za upravljanje prostornim bazama podataka. U ovome dijelu, ti isti podaci biti će vizualno prikazani u obliku interaktivne web karte.

7.1. Tehnologije korištene za vizualizaciju podataka

Za vizualizaciju podataka iz PostGIS baze korišteni su alati QGIS i Leaflet.

QGIS (skraćeno od „Quantum GIS“) je geografski informacijski sustav otvorenog koda koji omogućuje vizualizaciju, uređivanje i analiziranje geopodataka. QGIS je službeni projekt Open Source Geospatial zaklade (OSGeo). Podržan je na svim najpoznatijim operacijskim sustavima. Omogućuje stvaranje karata s više slojeva. Slojevi mogu biti vektorski ili rasterski. Važna funkcionalnost QGIS-a jest integracija s drugim GIS tehnologijama otvorenog koda – GRASS GIS, MapServer, OpenStreetMap te PostGIS. Upravo zbog integracije QGIS-a i PostGIS-a te brojnih interesantnih mogućnosti koje zajedno nude, QGIS će biti korišten za vizualizaciju podataka u ovome radu. Uz navedeno, moguća je i nadogradnja QGIS-a koristeći Python ili C++ konzolu. (www.qgis.org, dostupno 2016.)

Druga korištena tehnologija je Leaflet. Leaflet je JavaScript biblioteka otvorenog koda za kreiranje interaktivnih karata na desktop i mobilnim platformama. Leaflet može biti nadograđen s različitim proširenjima, ima jednostavno aplikativno korisničko sučelje te čitljiv i jasan izvorni kod. (leafletjs.com, dostupno 2016.)

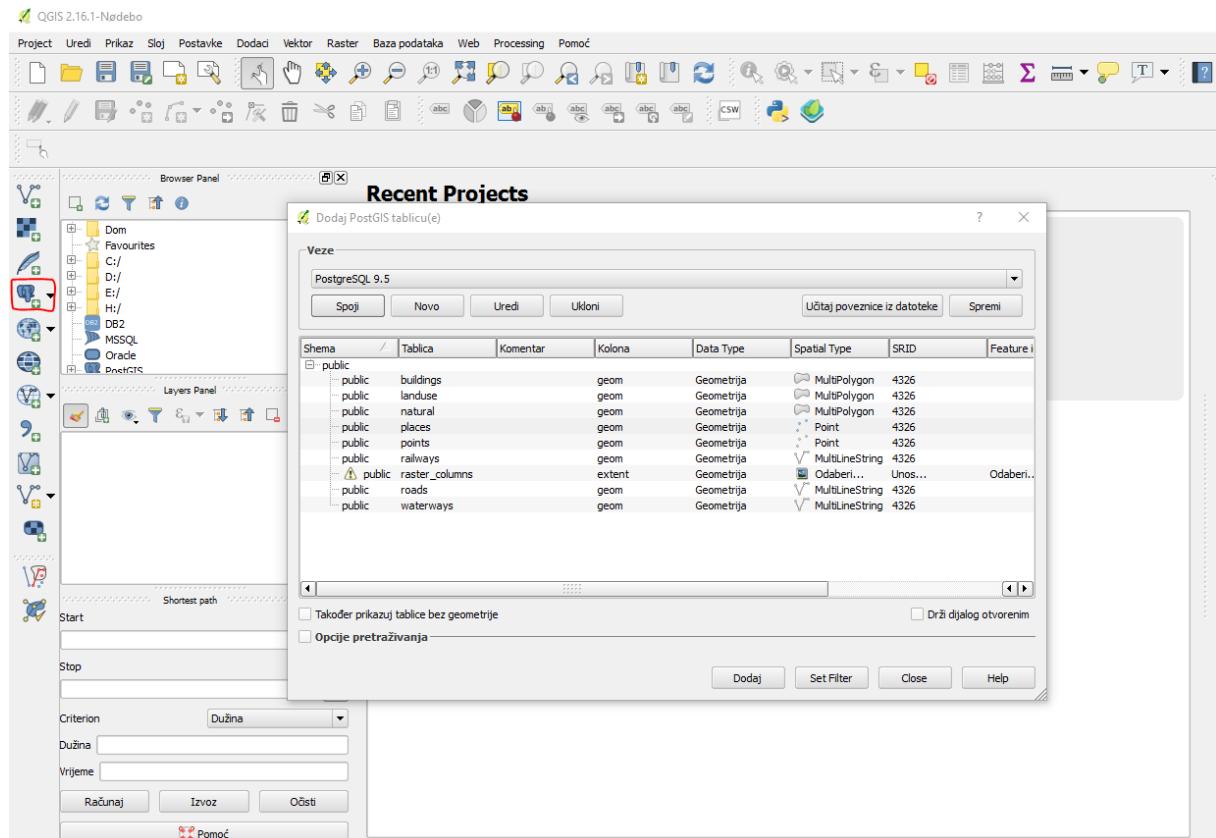
Postoji QGIS proširenje koje omogućuje jednostavan izvoz QGIS karte u obliku Leaflet web karte. To proširenje naziva se qgis2web (stari naziv qgis2leaf). Qgis2web proširenje omogućuje kreiranje interaktivnih web karata iz statičnih GIS datoteka na vrlo jednostavan način.

Više o integraciji PostGIS-a, QGIS-a i Leaflet-a biti će objašnjeno kroz primjer vizualizacije koji slijedi u nastavku.

7.2. Povezivanje QGIS-a i PostGIS-a te vizualni prikaz podataka

QGIS aplikaciju moguće je besplatno skinuti na službenoj stranici <http://www.qgis.org>. Kada se pokrene QGIS sučelje, na prvi pogled se može uočiti mnoštvo različitih mogućnosti koje nudi QGIS. U primjeru će biti korišteno povezivanje s PostGIS bazom podataka.

Prvo je potrebno kliknuti na ikonu s lijeve strane koja predstavlja povezivanje s PostGIS-om. Zatim se odabire baza podataka na koju se želimo spojiti te se nakon spajanja odabiru tablice za prikaz podataka (slika 7.1.).



Slika 7.1. spajanje QGIS-a sa PostGIS bazom

Kada su učitane tablice iz kojih korisnik želi prikazati podatke, QGIS nudi brojne mogućnosti vezane uz način prikaza tih podataka. Svaka PostGIS tablica nakon učitavanja u QGIS postaje zasebni sloj. Za svaki sloj moguće je definirati način prikazivanja na karti.

Da bi se podaci prikazali na karti, potrebna je sama karta. QGIS nudi mogućnost preuzimanja karte naziva OpenStreetMap. OpenStreetMap je slobodna karta svijeta, u čijoj izradi i korištenju može svatko sudjelovati. OpenStreetMap je moguće koristiti na sličan način kao Wikipediju u svijetu enciklopedija. Kod OpenStreetMap (OSM) ne postoje nikakva pravna ili tehnička ograničenja za uporabu, kao što postoji kod većine ostalih karata koje se smatraju slobodnima.

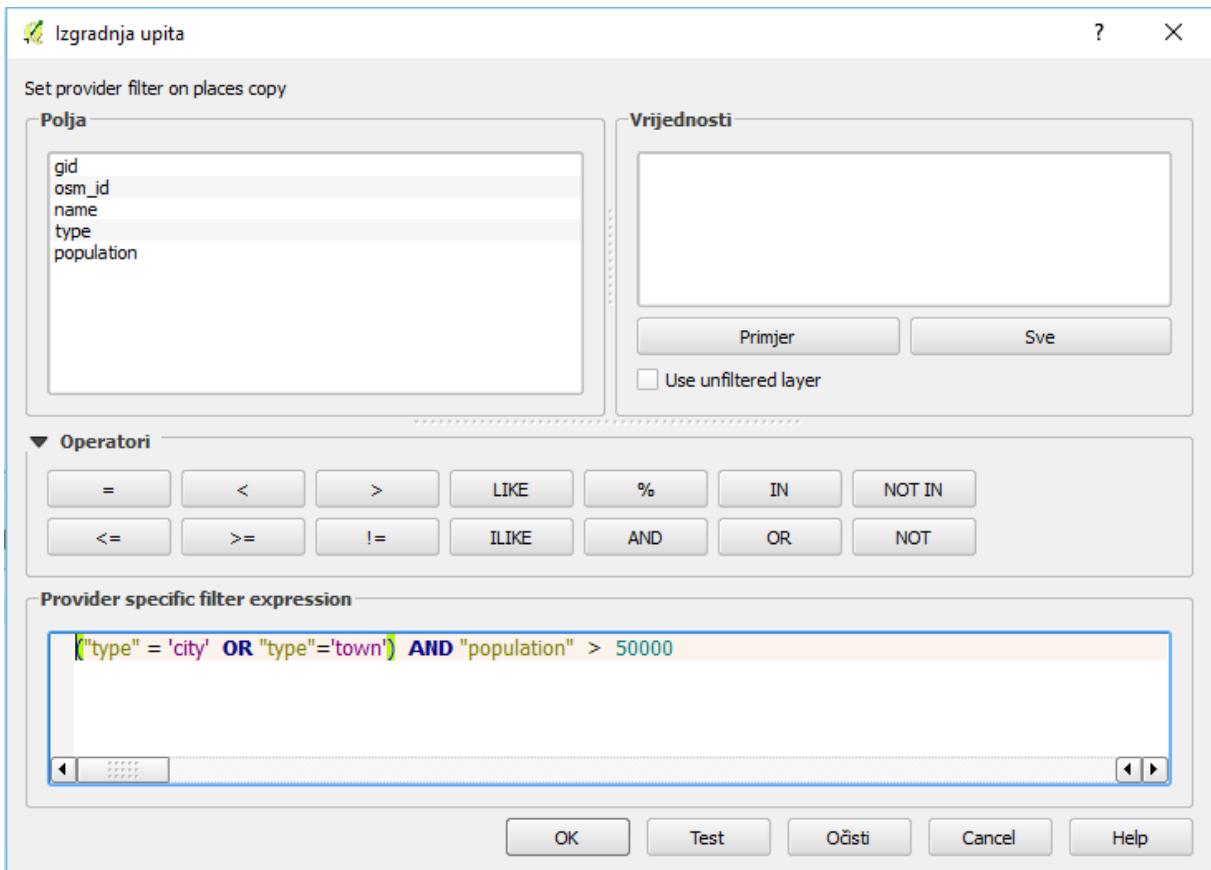
U QGIS-u, OSM je moguće preuzeti sljedećom putanjom: Vektor -> OpenStreetMap -> Download data. Prema koordinatama prikazanih prostornih podataka sustav sam ponuđuje koordinate karte uzimajući u obzir da ona obuhvati prikazane prostorne podatke. Moguće je i kartu prikazati unutar koordinata koje pokriva neki sloj, kao i ručno unositi koordinate karte. Ponekad u QGIS-u može doći do poteškoća prilikom preuzimanja OSM-a, pa je alternativa učitavanje XML datoteke.

Upravljanje slojevima jednostavnije je kada se u pozadini nalazi karta. Za podatke sloja (tablice) moguće je prilagoditi izgled simbola koji će predstavljati te podatke (oblik, boja, širina i sl.). Simbolima je također moguće dodavati labele prema određenom stupcu u tablici te upravljati postavkama tih labela.

Putanjom Vektor -> Prostorni upit moguće je kroz prikladno grafičko sučelje kreirati prostorne upite.

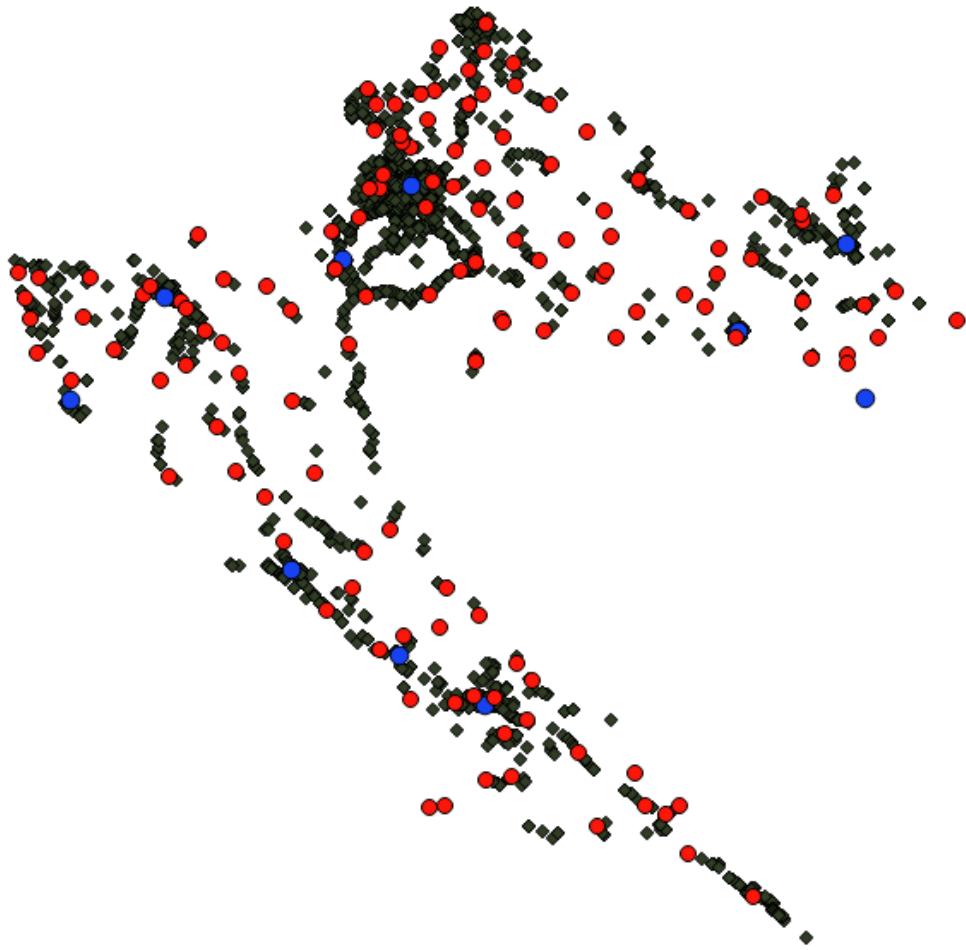
Klikom na Sloj -> Filter otvara se prozor za filtriranje podataka trenutnog sloja. To filtriranje je u biti WHERE klauzula u SQL upitnom jeziku, no ovdje je pojednostavljena grafičkim sučeljem.

U primjeru vizualizacije korištenom u ovome radu, proučiti ćemo filtriranje podataka za sloj mjesta kopija (engl. places copy). Sloj u nazivu sadrži riječ kopija pošto je početni sloj mjesta duplicitan zbog prikazivanja različitih podataka. Ti podaci dobiveni su filtriranjem iz istog sloja. Na slici 7.2. prikazan je primjer gdje su za sloj mjesta kopija postavljeni sljedeći uvjeti: `("type" = 'city' OR "type"='town') AND "population" > 50000`. U ovome slučaju traže se mjesta tipa grad koja imaju više od 50000 stanovnika. Taj filter vraća 10 rezultata, odnosno 10 gradova. Valja napomenuti da podaci o broju stanovnika nisu svugdje potpuno precizni i točni. Naime, podaci su preuzeti sa stranice www.geofabrik.de gdje nisu u potpunosti usklađeni s podacima Državnog zavoda za statistiku.



Slika 7.2. Filtriranje podataka

U primjeru vizualizacije za prostornu bazu podataka „Hrvatska“ biti će prikazani gradovi u Republici Hrvatskoj (crvena boja), a posebno (plavom bojom) će biti označeni gradovi s više od 50000 stanovnika (autor ponavlja da se broj stanovnika ne temelji na službenom broju stanovnika). Također će biti prikazane autobusne stanice na području Republike Hrvatske čiji prostorni podaci se nalaze u korištenoj bazi podataka (siva boja). Podaci o koordinatama autobusnih stanica dohvataju se iz tablice točke(engl. points) gdje je tip autobusna stanica ("type" = 'bus_station' OR "type" = 'bus_stop'). Na slici 7.3. moguće je vidjeti kako izgledaju ti podaci vizualno prikazani. Podaci su prikazani bez OSM-a jer će OSM ionako biti dodan kasnije prilikom izvoza u web kartu.

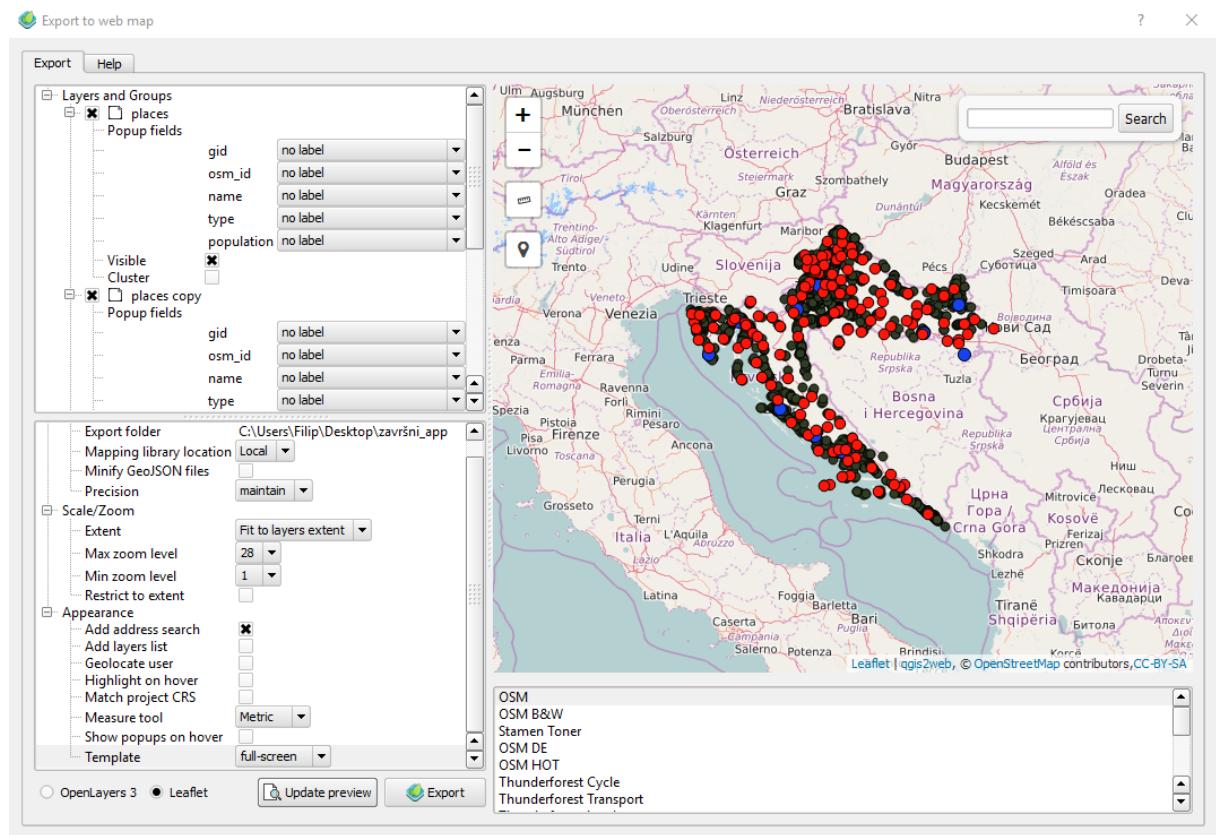


Slika 7.3. Prikaz gradova i autobusnih stanica

Nakon vizualnog prikaza podataka iz PostGIS tablice, slijedi izvoz statičke karte iz QGIS-a u interaktivnu web kartu. U primjeru je to učinjeno pomoću ranije spomenute JavaScript biblioteke Leaflet.

QGIS sadrži mnoge dodatke koji se instaliraju automatski s QGIS-om. Također, postoji mnogi dodaci koje je moguće instalirati. Za izvoz karte u obliku web karte koristi se dodatak qgis2web. Moguće ga je instalirati unutar QGIS sučelja sljedećom putanjom: Dodaci -> Manage and Install Plugins. Ondje je vidljiv popis svih dodataka, popis instaliranih dodataka te popis dodataka koji još nisu instalirani. Upravo među neinstaliranim dodacima se nalazi qgis2web. Odabirom toga dodatka i klikom na gumb „Instalacija“, dodatak će se instalirati bez bilo kakvih dodatnih zahtjeva.

Nakon instalacije, u alatnoj traci dodataka pojavljuje se ikona pod nazivom „Create new map“. Klikom na tu ikonu otvara se novi prozor u kojem je moguće definirati izgled i postavke buduće web karte (slika 7.4).



Slika 7.4 qgis2web postavke

U qgis2web pripremi za izvoz karte moguće je dodati labele za slojeve koji će biti prikazani. Također je moguće postaviti mjere povećanja/umanjenja karte, dodati pretraživanje, listu slojeva, mjerjenje udaljenosti itd. Ispod prikaza buduće web karte nalazi se okvir u kojem se može izabrati izgled same karte između više ponuđenih interesantnih predložaka.

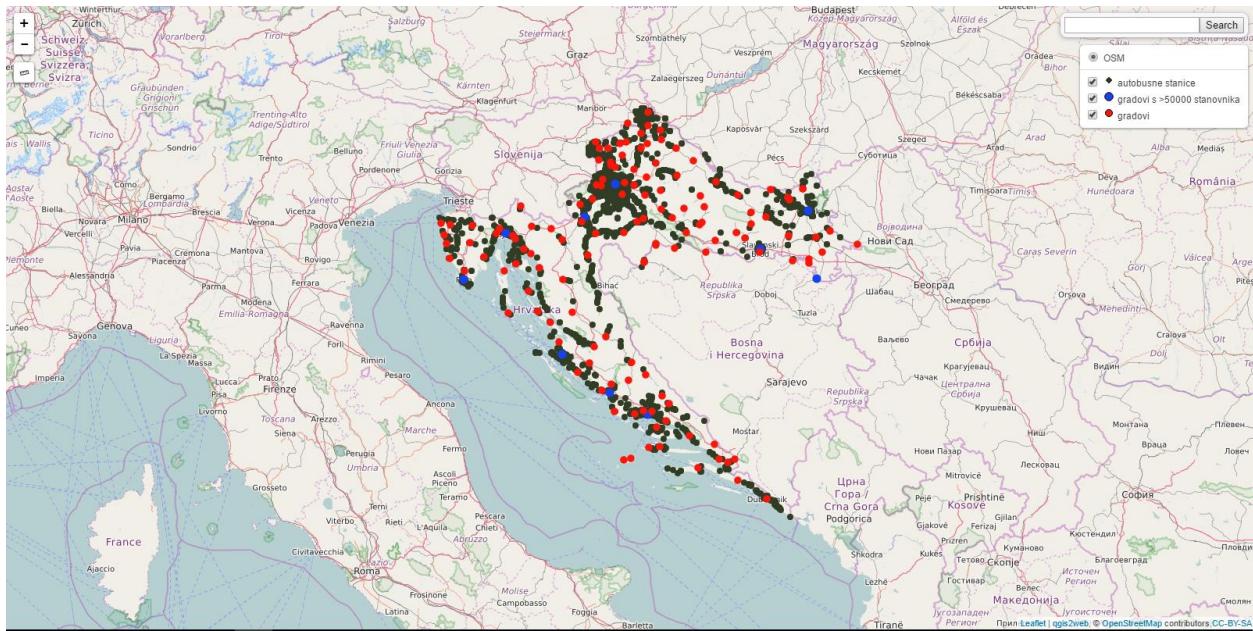
Osim u Leafletu, kartu je moguće izvesti u obliku biblioteke Open Layers verzije 3 na identičan način kao kod Leaflet biblioteke.

Klikom na „Update preview“ moguće je pregledati promjene na karti prije samoga izvoza.

Klikom na „Export“ karta će se izvesti u obliku interaktivne web karte. Karta se korisniku tada automatski otvara u nekom od web pretraživača. Isto tako, prilikom izvoza karte, na zadalu lokaciju na korisnikovom računalu pohranjuju se sljedeći direktoriji sa pripadajućim sadržajima neophodnima za prikaz web karte: css, data, images, js, legend, markers. U autorovu primjeru u direktoriju css nalaze se css datoteke koje opisuju način prikaza html elemenata. U direktoriju data nalaze se JSON datoteke, odnosno GeoJSON datoteke koje podržavaju tip geometrija.

GeoJSON je format za kodiranje različitih geografskih struktura podataka. U mapi je nalaze se JavaScript datoteke. Već je ranije spomenuto da je Leaflet zapravo JavaScript biblioteka. U mapi legendi nalaze se slike koje će prikazivati određeni sloj na karti (točke). Ostali direktoriji su u ovome primjeru prazni.

Uz sve te direktorije dolazi i datoteka index tipa html. Pokretanjem te datoteke u web pregledniku se otvara karta (slika 7.5).



Slika 7.5. Interaktivna web karta

Karta na slici je konačna web karta koja sadrži željene podatke iz PostGIS baze podataka. Ti podaci prikazani su na OSM karti. Još jednom napomenimo da su crvenom bojom prikazani gradovi u RH, plavom bojom prikazani su samo oni gradovi s više od 50000 stanovnika, a sivom bojom autobusne stanice. Na karti se nalaze samo oni podaci iz primjerne baze podataka (npr., nisu prikazane sve autobusne stanice u Hrvatskoj, već samo one čiji podaci su pohranjeni u bazi podataka korištenoj za primjer). Klikom na neku od točaka (npr. simbol grada) prikazuju se podaci o tome gradu koji su dohvaćeni iz baze podataka (npr. tip, broj stanovnika).

Sad kada pogledamo kompletну web kartu, vidljivo je da se podaci iz PostGIS baze odlično uklapaju u OSM okruženje. Kartu je moguće pretraživati, mjeriti udaljenost te birati slojeve koje želimo prikazati na njoj.

8. Kritički prikaz

U ovome dijelu navedeni su osobni stavovi autora u vezi obrađenih tema u ovome radu.

Već u uvodu je navedeno da je geoinformatika područje koje je autor imao želju istražiti. Sada, nakon pisanja ovoga rada, o tome je moguće reći nešto više.

Koncept PostGIS-a je dobar zbog toga što je vrlo jednostavan za korisnika, no u pozadini toga stoji prilično kompleksna priča. Rad s prostornim podacima je lako shvatiti zbog toga što se kod sustava za upravljanje prostornim bazama podataka oni tretiraju jednako kao ostali tipovi podataka. Međutim, zapis koordinata u bazi, prikaz podataka, indeksiranja samo su neki od koncepata prostornih baza podataka koje je laiku na području prostornih baza podataka teško razumjeti bez detaljnijeg proučavanja. PostGIS na neki način sakriva tu pozadinu pa se baratanje prostornim podacima i obrada istih doima vrlo jednostavnim procesom. Tijekom pisanja ovog rada nije bilo problema sa snalaženjem s PostGIS bazom zbog autorova ranijeg poznавanja rada s PostgreSQL SUBP, pa korištenje PostGIS dodatka nije bilo komplikirano.

Vrlo je dojmljiva mogućnost vizualizacije podataka iz PostGIS baze pomoću QGIS alata. Te dvije tehnologije odlično zajedno funkcioniraju, QGIS je zapravo proširenje za PostGIS, odnosno nadopunjuje ga. Pomoću tih alata te uz pomoć neke JavaScript biblioteke, kao što je Leaflet u ovome slučaju, gotovo svatko može na jednostavan način kreirati interaktivne karte dodajući im pri tome svojstva po želji. Zbog toga bi se PostGIS mogao koristiti i puno više u praksi nego što je to trenutno slučaj.

Ono što je predstavljalo problem autoru tijekom pisanja ovoga rada jest prilično komplikirana specifikacija PostGIS-a. Naime, na nekoliko izvora je pronađeno nekoliko različitih verzija specifikacije koje se razlikuju u nekim dijelovima pa je bilo potrebno dosta vremena da se te razlike ukomponiraju u cjelinu i da se shvati koja je prava verzija na kojoj se PostGIS temelji.

9. Zaključak

Za kraj preostaje rezimirati sve obrađene cjeline u ovome radu.

Na početku je obrađen GIS, definiran kao složeni sustav koji objedinjuje hardver, softver, podatke, ljude i metode, kao i znanosti: informatiku i geografiju. Jedan podskup GIS-a su prostorne baze podataka. To su baze koje pohranjuju prostorne objekte te manipuliraju njima u radu kao svim ostalim objektima. Da bi bilo lakše razumjeti koncept prostornih baza podataka opisano je modeliranje podataka u njima, objašnjeni su upiti nad takvim bazama kao što su opisani i prostorno indeksiranje te reprezentacija podataka. Opisana je i OGC Simple Features specifikacija na kojoj se PostGIS temelji i između ostalog definira način na koji će se atributni podaci pohranjivati u digitalnom obliku.

PostGIS je prostorno proširenje za PostgreSQL SUBP koje omogućuje rad s geoprostornim podacima. Sustav PostGIS omogućava prostorne upite u PostgreSQL-u i nadopunjuje ga dodatnim (prostornim) tipovima podataka. Prva verzija PostGIS-a izašla je 2001. godine, a danas je njegova primjena poprilično raširena.

PostGIS nudi različite mogućnosti rada s podacima, a sadrži brojne funkcije koje koriste prostorne podatke. Većina njih navedena je u ovome radu, a neke od njih su opisane i potkrijepljene primjerima. PostGIS razlikuje geometrijski i geografski tip podataka, a razlika između njih uočava se prilikom prezentacije rezultata upita. Naime, ti tipovi temelje se na različitim koordinatnim sustavima.

Za kraj su pomoću tehnologija QGIS i Leaflet vizualno prikazani podaci iz PostGIS baze podataka u obliku interaktivne web karte.

Literatura

- [1] Aronoff (1989.), *An overview and definition of GIS*,
<http://lidecc.cs.uns.edu.ar/~nbb/ccm/downloads/Literatura/OVERVIEW%20AND%20DEFINITION%20OF%20GIS.pdf>, dostupno 23.7.2016.
- [2] Blasby, *Building a Spatial Database in PostgreSQL*,
http://wiki.postgis.org/files/OSDB2_PostGIS_Presentation.pdf, dostupno 2.8.2016.
- [3] Clarke - Clarke KC (1996.) *Analytical and computer cartography*. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1995.
- [4] gisgeography.com, *What is Geographic Information Systems (GIS)?*,
<http://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>, dostupno 23.7.2016.
- [5] Güting (1994.), *An Introduction to Spatial Database Systems*, <http://dna.fernuni-hagen.de/papers/IntroSpatialDBMS.pdf>, dosupno 2.8.2016.
- [6] HMSO (1987.), *Handling geographic information*,
https://books.google.hr/books/about/Handling_geographic_information.html?id=Q2Eh8Rrb7UC&redir_esc=y, dostupno 23.7.2016.
- [7] 2012books.lardbucket.org (2012.), <http://image.slidesharecdn.com/chrissy-141130190544-conversion-gate01/95/open-access-spatial-data-for-effective-disaster-risk-reduction-2-638.jpg?cb=1417375264>, dostupno 29.7.2016.
- [8] leafletjs.com, *Leaflet*, <http://leafletjs.com/>, dostupno 16.8.2016.
- [9] Open Geospatial Consortium, www.opengeospatial.org, dostupno 3.8.2016.
- [10] OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option (2010.), www.opengeospatial.org, dostupno 3.8.2016.
- [11] OpenGIS® Implementation Standard for Geographicinformation - Simple feature access - Part 1: Commonarchitecture (2011.), www.opengeospatial.org, dostupno 3.8.2016.
- [12] Pavlović (2010.), *Upravljanje prostornim i atributnim podacima pomoću GeoDjango tehnologije*, https://bib.irb.hr/datoteka/483358.diplomski_rad.pdf, dostupno 3.8.2016.
- [13] postgresql.org, *History*, <https://www.postgresql.org/about/history/>, dostupno 26.8.2016.

- [14] qgis.org , *QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS*,
<http://www.qgis.org/en/site/about/index.html> , dostupno 16.8.2016.
- [15] qgis.org, http://docs.qgis.org/2.0/pl/_images/ogc_sfs.png , dostupno 3.8.2016.
- [16] Rabuzin K. (2011.), *Uvod u SQL*, Varaždin
- [17] Refractions Research, *PostGIS History*,
<http://refractions.net/products/postgis/history/> , dostupno 12.8.2016.
- [18] Strahonja V. *Uvod u ZIS*,
http://elfarchive1516.foi.hr/pluginfile.php/49727/mod_resource/content/1/ZIS_Uvod.pdf , dostupno 26.7.2016.
- [19] Tutić, Vučetić, Lapaine (2002.), *Uvod u GIS*,
http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/Uvod_u_GIS.pdf ,
dostupno 26.7.2016.
- [20] what-when-how.com, http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2012/07/tmp7f9427_thumb.png , dostupno 17.8.2016.
- [21] Workshop.boundlessgeo.com, *Introduction to PostGIS*,
<http://workshops.boundlessgeo.com/postgis-intro/> , dostupno 11.8.2016.

Prilozi

Digitalnoj verziji ovoga rada priložene su datoteke za pokretanje vizualnog prikaza podataka iz PostGIS baze podataka „Hrvatska“.

Priložen je direktorij Vizualizacija podataka u kojoj se nalaze sljedeći direktoriji i datoteke:

- css
- data
- images
- js
- legend
- markers
- index.html

Pokretanjem datoteke index.html, u web pretraživaču se otvara interaktivna web karta opisana u ovome radu.