

Univerzitet u Nišu

Elektronski fakultet

Seminarski rad

Sistemi za upravljanje bazama podataka

Tema:

**PostGIS ekstenzija za PostgreSQL**

Mentor: Student:

Aleksandar Stanimirović Milan Lazarević 906

Niš, 2020

Sadržaj

[1. Uvod 3](#_Toc38529342)

[2. GIS 4](#_Toc38529343)

[3. Prostorne baze podataka 7](#_Toc38529344)

[3.1. Prostorni podaci 7](#_Toc38529345)

[3.2. Prostorne baze podataka 8](#_Toc38529346)

[3.3. Modeliranje 10](#_Toc38529347)

[3.4. Upiti 12](#_Toc38529348)

[3.5. Reprezentacija vrednosti i prostorno indeksiranje 13](#_Toc38529349)

[4. Open Geospatial Consortium standard 16](#_Toc38529350)

[4.1. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture 16](#_Toc38529351)

[5. PostgreSQL 20](#_Toc38529352)

[6. PostGIS proširenje 22](#_Toc38529353)

[6.1. Istorija 22](#_Toc38529354)

[6.3. Instalacija PostGIS-a i stvaranje prostorne baze podataka 23](#_Toc38529355)

[6.4. Učitavanje prostornih podataka 25](#_Toc38529356)

[6.5. Geometrije, funkcije i primeri 26](#_Toc38529357)

[6.6. Prostorne veze, prostorno spajanje, funkcije i primeri 29](#_Toc38529358)

[6.7. Indeksiranje i projekcija podataka 31](#_Toc38529359)

[6.8. Geografija 32](#_Toc38529360)

[7. Zaključak 34](#_Toc38529361)

# 1. Uvod

Tema ovoga rada je PostGIS, prostorno proširenje za PostgreSQL bazu podataka za upravljanje prostornim podacima.

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

Kratko će biti opisan i PostgreSQL, pošto je PostGIS dodatak za PostgreSQL sistem za upravljanje bazama podataka.

Tek nakon opisa svih navedenih koncepata, dolazi do konkretnog i detaljnog opisa PostGIS-a. Počinje sa opisom istorije razvoja I primenom PostGIS-a. Nakon toga dolazi do opisa rada unutar PostGIS sistema: instalacija, učitavanje podataka, rad s geometrijama, veze, spajanje, funkcije, indeksiranje, projekcija, geografija. Sve će biti opisano i objašnjeno primerima.

# 2. GIS

Geografski informacioni sistem – GIS (engl. Geographic Information System) je sistem za upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim osobinama. U najstrožem smislu to je računarski sistem sposoban za integrisanje, skladištenje, uređivanje, analizu i prikaz geografskih informacija. U širem smislu GIS je oruđe „pametna karta“ koje ostavlja mogućnost korisnicima da postavljaju interaktivne upite (istraživanja koja stvara korisnik), analiziraju prostorne informacije i uređuju podatke.

Tehnologija geografskog informacionog sistema može se koristiti za naučna istraživanja, upravljanje resursima, imovinsko upravljanje, planiranje razvoja, prostorno planiranje, kartografiju i planiranje infrastrukture. GIS se često koristi i za potrebe marketinškog istraživanja, geologiji, građevinarstvu, ali i u svim oblastima koje koriste podatke vezane za karte.

GIS je za mnoge više od baze podataka i skupa alata: to je takođe način 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 sistem koji objedinjuje hardver, softver, podatke, ljude i metode. Svaka od navedenih komponenti može se razdvojiti na niz manjih ako ih razmatramo u kontekstu GIS-a. Posebnost GIS-a je integracija prostornih i drugih vrsta informacija unutar jednog sistema čime nudi konzistentni okvir za analizu prostora.

Važno je razlikovati GIS od karte na ekranu računara. Postoje bitne razlike između tih pojmova.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **GIS** | **KARTA** |
| **PODRUČJE PRIKAZA** | * neograničeno I nezavisno od vrste I gustine sadržaja | * ograničeno dimenzijama I planom karte * odraničeno gustinom I vrstom sadržaja |
| **KOLICČINA PODATAKA I RAZMERA** | * neograničeno u razmeri 1:1 | * ograničeno formatom papira I razmerom |
| **NAČINI PRIKUPLJANJA PODATAKA** | * razni mediji za prikupljanje digitalnih podataka | * papir |
| **MODEL** | * modelprostorne, tematske I vremenske komponente * 2D, 3D, tablični prikaz, labele | * grafički prikaz objekta sa labelom |
| **MEDIJI ZA PRIKAZ PODATAKA** | * ekran, papir, projekcija, itd... | * papir |

Tablela 1.1. Uspoređenje GIS-a i karte

U tablici 1.1. vidljivo je da je GIS dosta složeniji sistem, opširniji i detaljniji od karte i nudi puno veće mogućnosti. Tako da GIS i karte ne treba shvatati kao sinonime.

Sam koncept GIS-a nije novi. Već davno pre pojave informacionih sistema taj koncept bio je otkriven, međutim u drugačijem obliku od današnjeg. Naime, davno pre su se izrađivale kartice s indeksima tematskih slojeva, atlasi i slični prikazi. Jedan takav primer 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 nezavisna područja: digitalne kartografije i CAD (engl. Computer Aided Design, dizajniranje računarom) tehnologije, kao I sistem za upravljanje bazama podataka (engl. Database Management System). Taj razvoj je povezan s rastom snage i padom cena računalnih tehnologija 60-ih godina. 1970-ih je došlo do dostignuća da se računari upotrijavaju u različitim kartografskim postupcima pa je došlo do razvoja digitalne kartografije, a počeli su da se razvijati i računarski programi koji mogu izvoditi analize karata I podataka.

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.

Primena GIS-a vrlo je široka. Koristi se u mnogim granama ljudskog delovanja: mapiranje podataka, telefonske i mrežne usluge, promet, urbano planiranje, kartografija, navigacija, bankarstvo i još mnogobrojne različitih delatnosti.

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

* Računari (terenski računari, prijenosivi računari, ...)
* Hardver za prikupljanje podataka o terenu (GPS prijamnik, sateliti, ...)
* Hardver za digitalizaciju (različiti skeneri)
* Hardver za spremanje podataka (hard disk, USB)
* Hardver za prikaz i ispis podataka (monitori, štampači, ...)

Softver u GIS-u deli se na operativne sisteme i aplikativni softver – namenski programi. Aplikativni softver može biti softver za obradu teksta, grafička obrada, obradu slike, obradu rasterskih slika, obradu vektorskih slika. Takođe, to mogu biti CAD programi (namena im je dizajn i izrada 2D i 3D grafičkih modela), softveri za rad s bazom podataka kao I ostali GIS softveri.

# 3. Prostorne baze podataka

## 3.1. Prostorni podaci

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

Postoje različiti tipovi podataka u informacionim sistemima. 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, ipak karte ipak nisu jedini izvor prostornih podataka. Oblik, smeštaj i odnos prema drugim prostornim podacima karakteristike su kojima se opisuju prostorni podaci. Podaci stvarnog sveta (npr. putevi, zgrade, reke) u smislu geografskog prikaza prikazuju se kao linije, tačke, poligoni i sl. Navedena svojstva su zapravo stvarni modeli pojave stvarnog sveta. Takvi modeli se često nazivaju objektima ili entitetima.

Prostorni podaci često sadrže i dodatne atribute (informacije). To znači da se opis pojave čuva u nekom obliku. Na primer za pojavu puta, opis može biti opis ili naziv puta (A, autoput). Takve informacije se najčešće čuvaju u bazi podataka ili se jednostavno opisuju na karti.

Uz navedeno, kod prostornih podataka se razmatraju i odnosi između objekata: udaljenost, sadržaj, povezanost i dr. Sama primena prostornih podataka široko je rasprostranjena. Prostorne podatke koristi većina organizacija u različite svrhe, kao npr.: kartografija, rasprostranjenost trgovine, rasprostranjenost klijenata, urbanistički planovi, praćenje prometa, vremenska prognoza, statistika i dr. (Blasby, dostupno 2016.).

Na slici 3.1. nalazi se primer prikaza prostornih podataka koji se dobijaju iz modela stvarnog sveta.

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

## 3.2. Prostorne baze podataka

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

Kroz istoriju, odnosno u najranijim implementacijama GIS-a, svi prostorni podaci bili su snabdeveni koristeći model ravnih datoteka (engl. flat files). Za interpretaciju tako snabdevenih podataka i upravljanje njima bio je potreban specijalni GIS softver. U toj prvoj generaciji sistemi su bili organizovani tako da se zadovolje potrebe korisnika čiji su svi podaci unutar korisnikovog organizacijonog domena. To su bili vlasnički, samoodrživi sistemi posebno izrađeni za rukovanje prostornim podacima.

Druga generacija prostornih sistema sadržala je određene podatke u relacijonim bazama podataka (obično atribute ili neprostorne delove), ali je i dalje nedostajalo fleksibilnosti.

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

Prema Gütingu (1994.) Sistem prostornih baza podataka moguće je opisati pomoću sledećih definicija:

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

Uopšteno, sistem 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 primer, korišćenje trigera, transakcija, provera integriteta, smanjenje redundanse podataka i dr.). Takođe, sistem za upravljanje prostornim bazama podataka rešava komplikovane zadatke na polju baze. Na primer, sistem sam organizuje i indeksira podatke, tako da omogućuje korisniku da ne treba ponavljati implementacije operatora i funkcija. Korišćenjem jednostavnih SQL upita nad prostornim podacima moguće je odrediti prostorne veze (udaljenost, okruzenje, zatvorenost) i obavljati prostorne operacije (sadrži, udaljenost, presek, unija i sl.).

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

## 3.3. Modeliranje

Dve osnovne stvari koje GIS koristi za prikaz su:

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

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

U daljem tekstu će biti navedeni opis i primeri dvodimenzionalnog modeliranja u prostoru, iako su gotovo svugdje moguće nadogradnje za trodimenzionalni prostor. Postoje koncepti za modeliranje pojedinačnih objekata kao i koncepti za modeliranje prostorno povezanih kolekcija objekata.

Tačka, crta i region, temelj su za modeliranja pojedinačnih objekata (slika 3.2.). Tačka prikazuje objekat koji ima neku lokaciju u prostoru, ali ne i njegova proširenja. Na primer, grad može biti prikazan kao tačka ako se prikazuje u sklopu neke velike geografske regije. Crta prikazuje kretanje kroz prostor ili veze u prostoru (putevi, reke, telefonske žice, itd.). Regija apstraktno prikazuje neko proširenje u prostoru. To mogu biti države, jezera, nacionalni parkovi i slično.

Slika 3.2. Tačka, crta, regija

Kod modeliranja prostorno povezanih kolekcija objekata, dve osnovne instance su **particije** i **mreže** (slika 3.3.). Particije prikazuju skupove regionalnih objekata koji moraju biti odvojeni. To mogu biti na primer skupovi parcela u katastarskim knjigama. Mreže zapravo prikazuju grafove koje formiraju objekti na zemlji viđeni iz velike vazdušne udaljenosti. Sastoje se od linija i čvorova. Mreže su neophodne u geografiji gdje mogu prikazivati reke, mrežu puteva i sl.

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



Slika 3.3. Particije i mreže

Sistem prostornih tipova podataka ili prostorna algebra može obuhvatati osnovne apstrakcije za tačku, liniju i region s vezama izmedju operacijama za sastavljanje. Prostorni tipovi podataka su, kao što je već ranije navedeno, neophodan deo modela podataka za prostor. Svi predlozi za modele i upitne jezike kao prototipe sistema opisani su u nekoj formi. Kao primer prostorne algebre možemo razmotriti ROSE algebru. Ona nudi tri tipa podataka: tačke, linije i regione čije vrednosti su bazirane na njihovom području na kojem se nalaze. Za opisivanje tih vrednosti koriste se pojmovi T-tačka (engl. R-point),

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

* **topološke veze** – npr. susedstvo, pripadanje, disjunkcija (varijante topoloških transformacija poput prevođenja, skaliranja, rotacije)
* **veze smera** - npr. iznad, ispod, severno\_od, itd…
* **metričke veze** - npr. udaljenost < 100

Topološke veze su najosnovnije među navedenm i najdublje se proučavaju.

Ostaje pitanje kako prebaciti 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. Slede neki jednostavni primeri prostornih relacija:

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

**relation** reke (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 za činjenicu da prostorni podaci zahtevaju grafički prikaz rezultata kao i ulaz grafičkih elemenata.

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

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

Primer: cities select[center inside Bavaria] – pronalazak svih gradova u pokrajini Bavarska

1. ***Prostorno spajanje*** *–* operacija koja uspoređuje dva objekta prema zadatim predikatima na temelju vrednosti njihovih prostornih atributa.

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

1. ***Primena prostornih funkcija*** *–* operacija za izračunavanje vrednosti prostornih tipova podataka. Takve vrednosti izračunavaju se za svaki objekt u nizu.

Primer: rivers select[route intersects Bavaria]

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

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

- Za svaku reku koja prolazi Bavarskom, vrati ime, deo geometrije koja se nalazi u Bavarskoj, kao I dužinu tog dela.

1. ***Ostale operacije*** *–* operacije koje manipulišu celim setom prostornih objekata na poseban način; one se nalaze između objekata prostorne algebre i objekata SUBP-a.

Primer: Overlay – izračunava elementarna područja koja nastaju preklapanjem dveju particija

Na početku ovoga odlomka rečeno je o 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 vrednosti prostornih tipova podataka, kao i učitavanje vrednosti iz nekih grafičkih prikaza. Zbog toga se koriste različita grafička interfejsi (engl. graphical user interface - GUI) koj omogućuju transformaciju takvih podataka kako bi se korisniku olakšao taj proces.

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

1. Označavanje vrednosti 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 tastature. Takav pristup nije moguć kod prostornih tipova podataka. Takve konstante mogu se unositi kroz grafičke ulazne uređaje ili biti izračunate u upitu, npr. izvođenjem vrednosti atributa nekih objekata iz baze podataka. Na sledećem primeru moguće je videti primer regiojoni čije je ime Bavarska (engl. Bavaria):

Primer: 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.

## 3.5. Reprezentacija vrednosti i prostorno indeksiranje

Reprezentacija vrednosti prostornih tipova podataka treba biti kompatibilna s pogledima na dva različitia gledišta: gledište sistema za upravljanje bazom podataka kao i gledišta prostorne algebre.

Reprezentacija iz ugla SUBP:

* vrednosti atributa jednake su atributnim vrednostima ostalih tipova što se tiče osnovnih operacija
* može imati varirajuće i vrlo velike veličine
* može se efikasno učitati u glavnu memoriju
* nudi brojne specifične implementacije osnovnih operacija potrebnih SUBP-a

Reprezentacija s gledišta prostorne algebre:

* tip podataka je vrednost nekog programskog jezika, npr. region
* je neka proizvoljna struktura podataka koja je verovatno prilično složena
* podržava efikasne računarske algoritme za operacije prostorne algebre
* nije usmerena samo jednom određenom algoritmu već je uravnotežena podržati mnoge operacije

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

Dva su načina omogućavanja prostornog indeksiranja:

1. Različite strukture prostornih podataka pridružene sistemu koje nude prostorne atribute kao što je npr. B-stablo za standardne attribute.
2. Prostorni objekti se preslikavaju u jednodimenzionalni prostor tako da oni mogu biti organizovani u standardnim jednodimenzionalnim indeksima kao B-stabla.

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

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

Većina prostornih struktura podataka dizajnirana je tako da popunjava skup tačaka (tačka) ili skup pravougaonika (linije ili regioni). Podržane su različite operacije kod upita. Neke od najvažnijih za popunjavanje elemente su:

* za tačke: raspon (pronalazi sve tačke unutar zadatog raspona), najbliži sused (traži najbližu tačku zadatoj), zadata udaljenost (pronalazak tačaka na većoj udaljenosti od zadate)
* za pravougaone: presek (traži sve pravougaonike koji presijecaju zadati), sadrži (pronalazi pravougaonike koji su sadržani u zadanim) (Güting, 1994.)

# 4. Open Geospatial Consortium standard

Open Geospatial Consortium (OGC) je međunarodni konzorcijum nekoliko stotina članova koji vrši razvoj javneih standarda za rad s prostornim podacima, a koristi ga globalna geoprostorna zajednica. Do 2014. godine, skracenica OGC značila je Open GIS Consortium. OGC standardi su dogovoreni konsenzusom i dostupni su za korišćenje svakome u svrhu poboljšanja razmene svetskih geoprostornih podataka. OGC standardi koriste se u raznim granama ljudskog delovanja: regiona, zdravstva, poljoprivrede, meteorologije, geoinformatike i dr. Članovi Open Geospatial Consortiuma dolaze iz vlada, komercijalnih organizacija, nevladinih udruženja, akademske zajednica 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 standardi i specifikacije nalaze se pod imenom OpenGIS Standards. U nastavku će biti

detaljnije opisan standard *Simple Features* (jednostavna obeležja) koji se sastoji od dva dela: Common arhitecture i SQL option.

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

Simple features (jednostavna obeležja) bio je prvi konkretni OGC standard nastao u sredinom devedesetih. Uloga ovog standarda je ta da određuje na koji način se atributni podaci prikupljaju u digitalnom obliku. Uz to, ovaj standard definiše i operatere i metode za stvaranje i manipulaciju prostornim podacima. Simple features standard temelji se na dvodimenzionalnoj geometriji s linearnom interpolacijom među krajnjim tackama.

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 nasleđuju tu klasu. Klase koje direktno nasleđuju klasu geometrija su tačka (Point), kriva (Curve), površina (Surface) kao i geometrijska kolekcija (GeometryCollection). Ostale klase posredno ili neposredno nasleđuju navedene klase. Osnovna klasa geometrija, a time i sve ostale klase jer je nasleđuju, povezana je sa referentnim koordinatnim sistemom (SpatialReferenceSystem). Taj sistem opisuje u kojem je koordinatnom sistemu pojedini geometrijski objekt definisan.

Svaka klasa sadrži neke svoje metode, a takođe nasleđuje 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 podeljene su na tri dela: 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 madju geometriskim 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 | LokateBetween |  |
| Is3D |  |  |
| IsMeasured |  |  |

Tabela 4.1. Matode 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 tačaka. Primer koji se odnosi na dvodimenzionalni prikaz nalazi se u tablici 4.2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tip geometrije** | **Primer tekstualnog prikaza (WKT)** | **Objašnjenje** |
| Tačka | Point(10 10 ) | Tačka |
| Linija | LineString(10 10, 20 20, 30 40) | Linija sa tri tačke |
| Poligon | Polygon((10 10, 10 20, 20 20, 20 15 10 10 )) | Poligon sa jednim spoljnim prstenom I bez unutrašnjih prstena |
| Kolekcija geometrija | GeometryCollection(POINT(10 10), POINT(30 30), LINESTRING(15 15,20 20)) | Kolekcija geometrija koja sadrži vrednost dve tačke I jedne linije |

Tabela 4.2 Primer 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 neprekidni niz bajtova. Na taj način se osigurana razmena geometrijskih objekata između SQL klijenta i SQL implementacije u binarnom obliku. Koriste se dve 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.)

# 5. PostgreSQL

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

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 operativnim sistemima. Sadrži većinu SQL:2008 tipova podataka, uključujući INTEGER, NUMERIC, BOOLEAN, CHAR, VARCHAR, DATE INTERVAL, TIMESTAMP. Takođe podržava spoljne ključeve, spajanja, poglede, trigere i procedure. Podržava i skladištenje binarno velikih objekata, uključujući slike, zvuk i video. Uz to, sadrži i podršku 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 univerzitetu Berkeley. Razvijan je do 1994. od strane tima koji su činili profesori i studenti navedenog univerziteta. U to vreme Postgresu su dodata pravila, procedure, vremenski koncept, prošireni tipovi kao i objektno-relacioni koncepti.

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

1996. Postgres95 je izašao iz granica univeryiteta kada je globalna grupa razvojnih programera predvidela sistem obećavajućim i počela ga razvijati. Kroz sledećih osam godina sistem je doživio radikalne promene. Rezultat njihovog rada bio je novi SUBP čvrste stabilnosti. Tada je sistemu 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 sistem je promenjen i poboljšan na gotovo svakom svom području.

Danas je baza korisnika PostgreSQL-a veća nego ikad i uključuje grupe velikih korporacija koje koriste PostgreSQL u svojim zahtevnim 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. Takođe PostgreSQL-u dodaje funkcije, operatore i indeksna proširenja koja odgovaraju ovim tipovima podataka. Ta sva navedena proširenja čine PostgreSQL brzim i robusnim sistemom za upravljanje prostornim bazama podataka.

## 6.1. Istorija

Pree 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 računarsku grafiku koju je GIS koristio. Zahtevi su bili sve veći pa se počelo postavljati pitanje kako obrađivati prostorne podatke? Činilo se da je upravo (ranije opisani) dokument „Simple Features for SQL“ nudio rešenja: prebacivanje geometrije u relacijoni model nakon toga ponovno prebacivanje u geometrijski model ili kreiranje geometrijskih objekata. Prvi pristup se nije pokazao dobrim – sistem je bio spor. Zbog toga se posvetila pažnja kreiranju geometrijskih objekata. Uskoro se takav pristup pokazao puno boljim od svih dotadašnjih pokušaja. Naime, sistem je bio stotinu puta brži nego što je to bilo u slučaju prebacivanja u relacioni model i kasnijeg vraćanja iz istog. Uskoro su dodati prostorni indeksi i tada su omogućene osnovne komponente za obrađivanje prostornih podataka:

* Prostorni objekti i standardizirani text (WKT)
* Osnovne funkcije kao što su dužina (Length()) i prostor (Area())
* Interfejs za povezivanje sa programskim jezikom Java
* Prostorni indeksi za brz pristup podacima.

Ove komponente omogućile su izlazak prve verzije PostGIS-a, verzije 0.1 koja je postala dostupna 31.5. 2001. (refractions.net, dostupno 2016.)

Uskoro se razvio Mapserver, prva 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 komplikovane za kodiranje. Pisanje tih funkcija od nule zahtevalo je godine posla. Ali uskoro je izrađen projekt pod originalnim nazivom „Geometry Engine, Open Source“ (GEOS). GEOS biblioteka je sadržala 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.

Aktualna verzija PostGIS-a je verzija 3.0.1. (PostGIS, dostupno 2020.)

## 6.3. Instalacija PostGIS-a i stvaranje prostorne baze podataka

Već 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 sledi, kao i svi ostali primeri koji slede odnosi će se na rad u operativnom sistemu Windows.

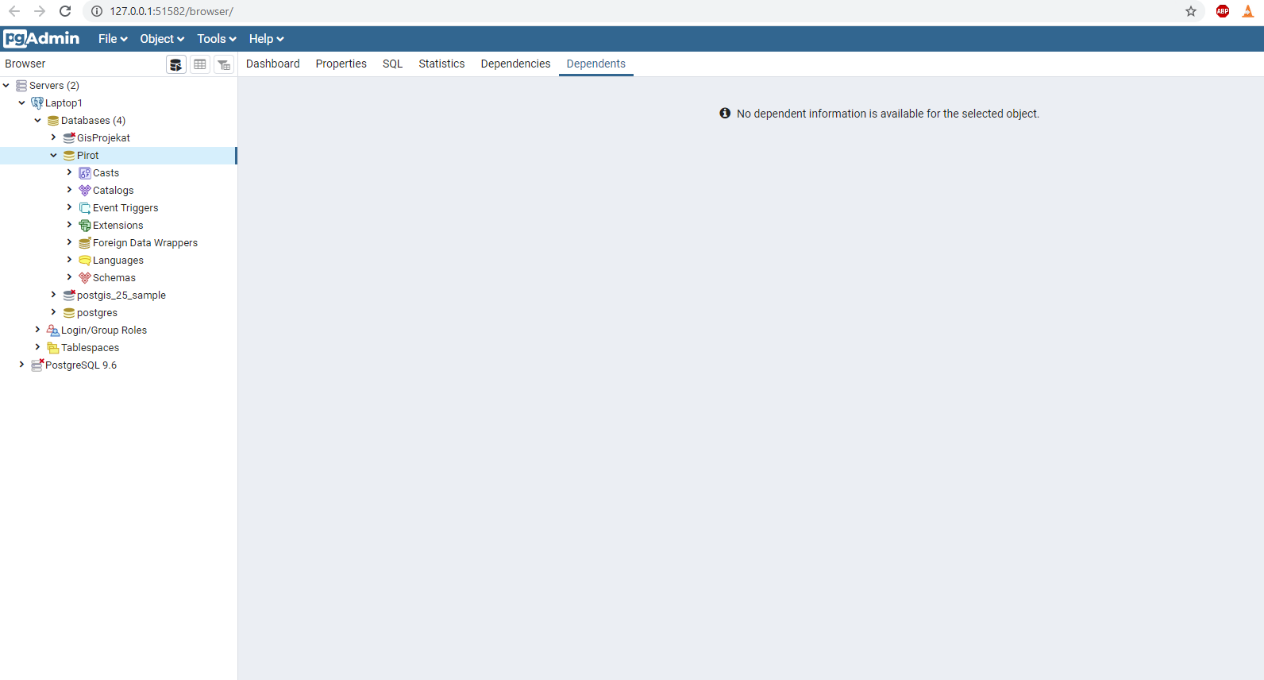
Nakon što se na stranici [www.postgresql.org/](http://www.postgresql.org/) preuzme izvršna datoteka PostgreSQL-a, može se započeti sa instaliranjem. Kada korisnik pokrene tu datoteku, potrebno je samo pratiti jednostavne korake koji su ponuđeni. U jednom od koraka, na ekranu će se prikazati mogućnost 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 slediti 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 primer, korišćenjem OpenGeo Suite softvera moguće je osim PostGIS-a i instalacija različitih vizualizacionih alata kao što su GeoServer, OpenLayers i ostalo.

Kreiranje prostorne baze podataka moguće je izvešiti pomoću SQL naredbi u PSQL komandnoj liniji, ali jednostavniji način je korištenje grafičkog okruženja pgAdmin (slika 6.2.) što će biti i opisano u daljnjem tekstu.



Slika 6.2. pgAdmin grafičko okruženje

U prozoru „Browser“, desnim klikom na Databases (baze podataka), a zatim odabirom New Database (nova baza podataka) kreira se nova baza podataka. Tom prilikom bazi se može dodeliti naziv, izabrati vlasnik. Kako bi se novokreiranoj bazi dodalo PostGIS prostorno proširenje, potrebno je u SQL izvršiti sledeću naredbu:

CREATE EXTENSION postgis;

Sada je uspešno kreirana PostGIS prostorna baza podataka. To je moguće proveriti naredbom:

SELECT postgis\_full\_version();

## 6.4. Učitavanje prostornih podataka

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

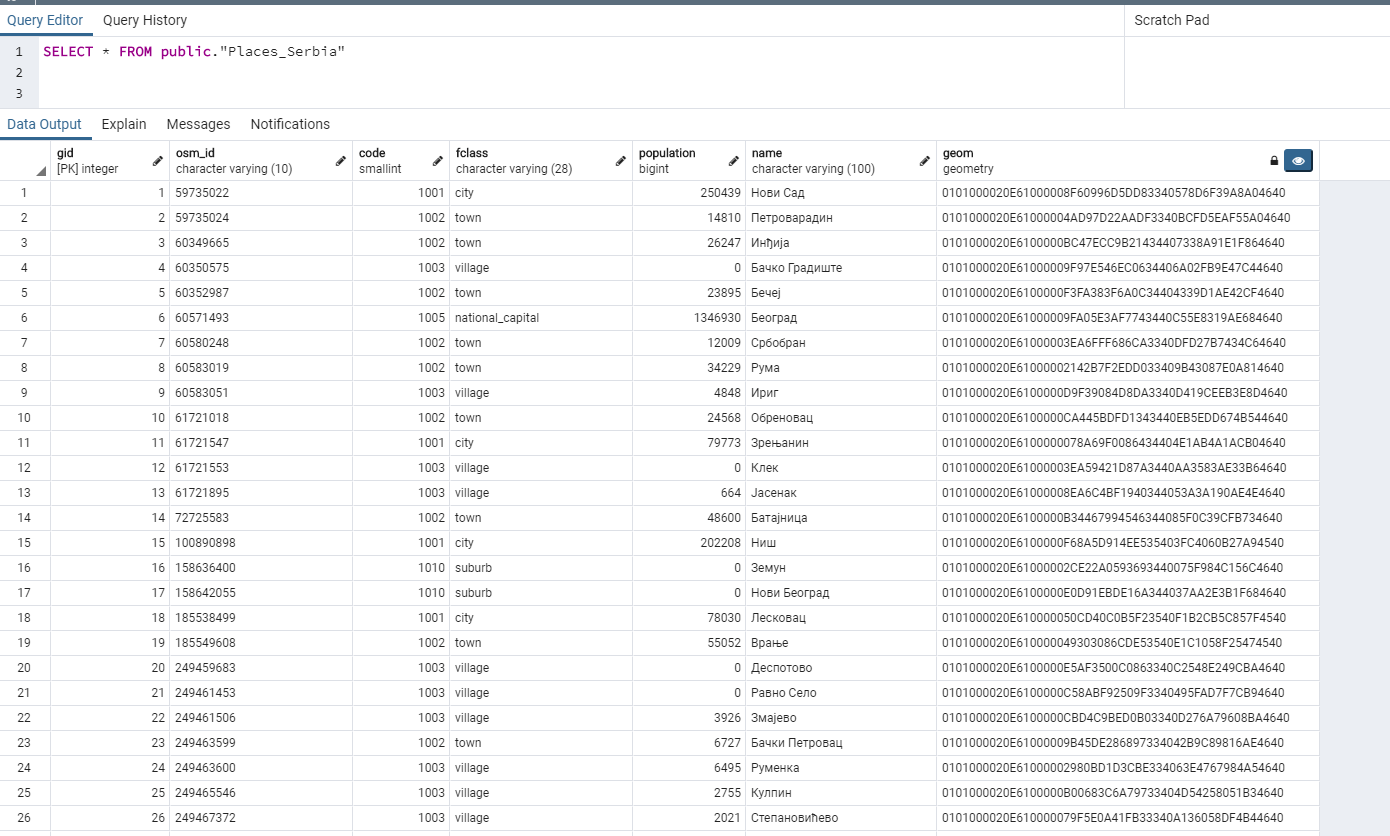
Shape datoteke predstavljaju kolekciju datoteka sa .shp ekstenzijom. Ali , .shp datoteke su nepotpune bez dodatnih pomoćnih datoteka koje dolaze s njima:

* .shp – (engl. shape format) osobine same geometrije
* .shx – (engl. shape index format) pozicioni indeks geometriskih objekata
* .dbf – (engl. atribute format) – atributi 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 dodati shape datoteke. Pritiskom na „Import“ te datoteke će se učitati.

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

U ovom primeru korišćene su shape datoteke koje sadrže prostorne podatke s područja Republike Srbije. Datoteke su preuzete sa stranice download.geofabrik.de. Kada se učitaju shape datoteke, one su u primarnoj prostornoj bazi podataka naziva „Srbija“ prikazane kao tabele. Tabele su sledeće: mesta, zgrade, korišćenje zemlje, priroda, tacke, železnica, putevi I vodeni tokovi. Za primer uzmimo tabelu mesta (slika 6.3). Ta tabela je bila učitana kao shape datoteka. Svaki red ove tabele prikazuje neko mesto u Srbiji. Redovi navedene tabele su identifikator, osm\_id (OpenStreetMap), ime, tip mesta, populacija i geom. Posebno je zanimljiv upravo poslednji navedeni red geom koji predstavlja geometriju tipa point. Ali ipak, nad tom tabelom se mogu postaviti različiti upiti i modifikacije. Svaka od tabela preuzeta iz shape datoteka ima red tipa geometrija. Razlike su jedino u tipu geometrije. Tako na primer tabela železnice (engl. railways) kao geometrijski tip koristi MultiLineString. Navedene tabele će biti korišćene u daljim primerima ovoga rada.



Slika 6.3. tabela mesta u Srbiji

## 6.5. Geometrije, funkcije i primeri

Budući da svaka prostorna baza podataka koristi geometrijske tipove podataka na isti način kao i sve ostale tipove podataka, ista stvar je I sa PostGIS-om. Način prikazivanja podataka stvarnog sveta u PostGIS-u temelji se na ranije opisanoj Simple Features for SQL specifikaciji. PostGIS vrši dvodimenzionalnu reprezentaciju SFSQL specifikacije na tri ili četiri dimenzije.

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

* Multipoint – kolekcija tačaka
* MultiLineString – kolekcija linija
* MultiPolygon – kolekcija poligona
* Geometry Collection – heterogena kolekcija bilo kojih geometrija.

Kako bi drugi programi mogli da rade sa geometrijama, one moraju da budu promenjene u oblik koji ostale aplikacije mogu razumeti. PostGIS upravo podržava pretvaranje geometrije u različite formate i obrnuto:

* Well-known text (WKT)
  + 1. ST\_GeomFromText (text, srid) – vraća geometriju
    2. ST\_AsText(geometry) – vraća tekst
    3. ST\_ASEWKT(geometry) – vraća tekst
* Well–known binary (WKB)

1. ST\_GeomFromWKB(bytea) – vraća geometriju
2. ST\_AsBinary(geometry) – vraća bajtove
3. ST\_AsEWKB(geometry) – vraća bajtove

* Geographic Mark-up Language (GML)

1. ST\_GeomFromGML(text) – vraća geometriju
2. ST\_AsGML(geometry) – vraća tekst

* Keyhole Mark-up Language (KML)

1. ST\_GeomFromKML(text) – vraća geometriju
2. ST\_AsKML(geometry) – vraća tekst

* GeoJSON

1. ST\_AsGeoJSON(geometry) – vraća tekst

* Scalable Vector Graphics (SVG)

1. ST\_AsSVG(geometry) – vraća tekst

Koristeći tabelu mesta, sledi primer pretvaranja podataka iz geometrije u tekst:

SELECT ST\_AsText(geom) FROM public."Places\_Serbia"

WHERE name = 'Нови Сад'WHERE name = 'Нови Сад'

Za navedeni upit dobija se sledeći rezultat:

POINT(19.8451756 45.2551338)

U rezultatu koji su dobijen nalazi se tip prikaza geometrije (Point) za kordinate mesta 'Нови Сад'.

|  |  |
| --- | --- |
| **Naziv** | **Objašnjenje** |
| ST\_Area | Vraća vrednost površine za objekte tipa polygon ili multi-polygon |
| ST\_EndPoint | Vraća zadnju tačku linije |
| ST\_GeometryType | Vraća tip geometrije za vrednost ST\_Geometry |
| ST\_Npoints | Vraća broj tačaka u geometriji |
| ST\_X / ST\_Y | Vraća X / Y koordinatu tčke |

Osim već navedenih funkcija vezanih za pretvaranje podataka iz oblika u oblik, u tablici 6.2. navedeno je još nekoliko funkcija vezanih za geometrije u PostGIS-u. Treba napomenuti da nisu navedene sve funkcije, već samo nekoliko primera.

Tabela 6.2. Primeri funkcija za geometrije

Sledi nekoliko primera koristećenja podatataka iz prostorne baze podataka „Srbije“.

Primer:

SELECT ST\_Area(geom::geography)/10000 FROM public."Landuse\_Serbia"

WHERE fclass = 'park' and name = 'Свети Пантелејмон'

2.63579026045799

Iz tabele upotrebe zemljišta pomoću funkcije ST\_Area dobijamo površinu zemlje koju koristi park 'Свети Пантелејмон'. U upitu je zadatoj geom::geography pošto želimo da rezultat bude u metrima kvadratnim (u primeru pretvara u hektare), a takav rezultat će biti ako se koristi tip geografija. Kod tipa geometrija rezultat će biti prikazan u obliku SRID jedinica. U odeljku 6.8. detaljnije je objašnjena razlika između geometrijske i geografske udaljenosti.

Primer:

139.026864299986

SELECT sum(ST\_Length(geom::geography))/1000 FROM public."Waterways\_Serbia"

WHERE name = 'Нишава'

Upit koji vraća ukupnu dužinu toka rekee 'Нишава' u Srbiji. Podaci su pretvoreni u kilometre.

## 6.6. Prostorne veze, prostorno spajanje, funkcije i primeri

|  |  |
| --- | --- |
| **Naziv** | **Objašnjenje** |
| |  | | --- | | ST\_Equals (geometry A, geometry B) | | Uspoređuje jednakost dveju 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 (seku se) |
| ST\_Disjoint(geometry A , geometry B) | Funkcija koja ima obrnuto – proporcionalno značenje od funkcije ST\_Intersect, proverava jesu li dve geometrije potpuno razdvojene (nemaju dodirnih točaka) |
| ST\_Distance (geometry A, geometry B) | Računa najkraću udaljenost između dveju geometrija i vraća vrednost kao float |

Funkcije koje su prikazane u prethodnim primerima imaju jednu zajedničku karakteristiku, a to je da svaka od njih radi samo sa jednom geometrijijom u nekom vremenu. Sada će biti proučene funkcije koje rade nad vezama između geometrija. Primeri takvih funkcija prikazani su u tabeli 6.3.

Tabela 6.3. primer nekih od funkcija nad vezama

Primer:

SELECT ST\_Distance(

(select geom::geography FROM public."Places\_Serbia" where name = 'Београд'),

(select geom::geography FROM public."Places\_Serbia" where name = 'Ниш')) / 1000

202.30180725546

U primeru iznad prikazan je upit koji vraća vazdušnu udaljenost između 'Београд' i 'Ниш' u kilometrima.

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

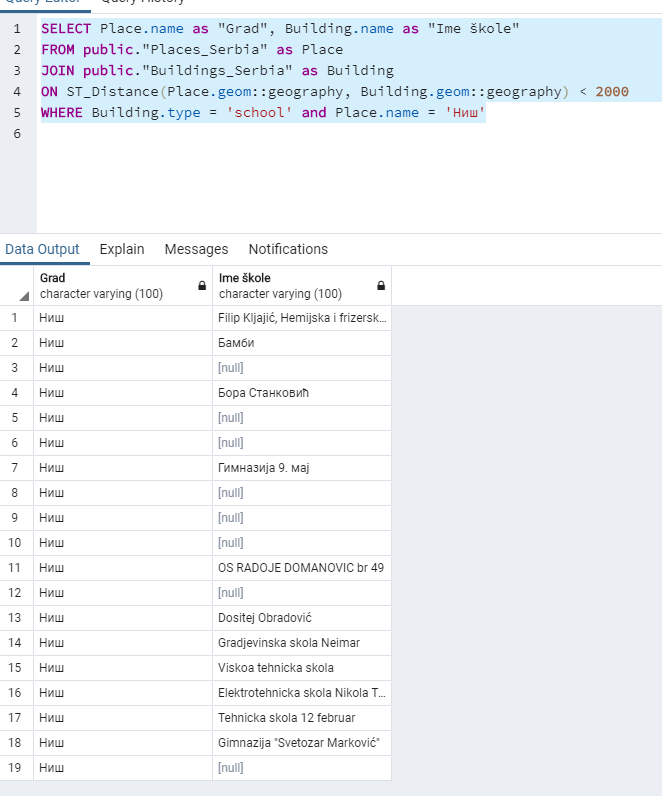
SELECT Place.name as "Grad", Building.name as "Ime škole"

FROM public."Places\_Serbia" as Place

JOIN public."Buildings\_Serbia" as Building

ON ST\_Distance(Place.geom::geography, Building.geom::geography) < 2000

WHERE Building.type = 'school' and Place.name = 'Ниш'



Slika 6.4. Sve škole u poluprečniku od 2 km centra grada Niša

Na slici 6.4. prikazan je primer upita koji, koristeći JOIN naredbu, vraća sve objekte iz tabele „Place“ I „Building“ koji se nalaze unutar poluprečnika od 2 km I čiji je tip objekta škola.

Kod prostornog spajanja koriste se većinom funkcije koje smo već upoznali. Te funkcije obično idu uz klauzulu JOIN. To su funkcije ST\_Area(), ST\_Distance(), ST\_Length() itd.

## 6.7. Indeksiranje i projekcija podataka

Prostorno indeksiranje već je ranije u ovom radu detaljnije objašnjeno. Indeksi ubrzavaju pretraživanje podataka organizujući podatke u stablo pretraživanja koje je moguće vrlo brzo proći kako bi se pronašli željeni podaci. Bez indeksiranja, svako pretraživanje bi se izvodilo sekvencialno što bi celi proces značajno usporilo. Kod PostGIS-a se koristi prostorna indeksna struktura u obliku R-stabla. Takva indeksna struktura automatski obrađuje različite gustine podataka i veličine objekata. U PostGIS-u postoje i neke funkcije vezane uz indeksiranje i R-stabla. Tako na primer funkcija geometry\_a && geometry\_b vraća TRUE ako granični okvir objekta A prekriva granični okvir objekta B.

Ranije je istaknut i SRID o kojem zavisi projekcija podataka. Nekada je potrebno menjati način projekcije između prostornih referentnih sistema. Unutar PostGIS-a sadržane su funkcije kojima je moguće menjati način projekcije podataka. Funkcijom *ST\_Transform (geometry, srid)* menja se projekcija podataka. Funkcijama *ST\_SRID(geometry)* i *DT\_SetSRID(geometry, srid)* upravlja se prostornim referentnim identifikatorima geometrija.

Primer:

SELECT ST\_SRID(geom) FROM places LIMIT

Navedenim upitom proveravamo koji SRID se koristi za projekciju podataka pojedine tabele. U našem slučaju rezultat će biti 4326.

Postoje i upiti kojim se mogu proveriti karakteristike određene SRID vrednosti. Na primer, upitom *SELECT srtext FROM spatial\_ref\_sys WHERE SRID = 4326* dobija se WKT SRID-a 4326.

## 6.8. Geografija

 Kod prostornih podataka koriste se geografske koordinate, često nazvane i prema ključnim rečima „latitude/longitude“ (širina/dužina). Te koordinate razlikuju se od Kartezijevih koordinata. Zapravo, one ne opisuju linearnu udaljenost već prikazuju ugaone koordinate. Kod prostornih koordinata neka tačka je određena uglom rotacije od početnog meridijana (širina) i uglom rotacije u odnosu na ekvator (dužina) (slika 6.5.). S obzirom da prostorne koordinate mere ugaonu udaljenost, jedinice mere su stepeni.

Slika 6.5. Prikaz prostornih koordinata

Prostorne koordinate za:

* Beograd: lat: 44.787197, lng: 20.457273
* Niš: lat: 43.320902, lng: 21.895759

Sada je jasnije zašto se u nekim prethodnim primerima koristilo pretvaranje iz geometrijskog tipa u geografski (geom::geography). Da u primeru gde je izračunata udaljenost između Beograda i Niša nije korišćeno pretvaranje u geografski tip dobili bi sljedeći rezultat:

1.15122179115182

SELECT ST\_Distance(

(select geom FROM public."Places\_Serbia" where name = 'Београд'),

(select geom FROM public."Places\_Serbia" where name = 'Ниш'))

Ovaj rezultat u stepenima zapravo nema nikakav smisao jer se on odnosi na ugao prema početnom meridijanu, odnosno ekvatoru. Ali kada se u upitu uzimaju u obzir geografske (Kartezijeve) koordinate, dobije se smisleni rezultat kao što je prikazano u primeru u odjeljku 6.6.

Geografske koordinate su lakše za razumevanje ljudima od prostornih. Međutim, geografske koordinate se ne koriste uvek jer postoje funkcije koje koriste samo geometrijski tip podataka. Zbog toga je ponekad bolja opcija koristiti geografske koordinate, a nekad je ipak bolje dati prednost geometrijskim koordinatama.

# 7. Zaključak

PostGIS je prostorno proširenje za PostgreSQL SUBP koje omogućava rad sa geoprostornim podacima. Sistem PostGIS omogućava prostorne upite u PostgreSQL-u i dopunjuje ga dodatnim (prostornim) tipovima podataka. Prva verzija PostGIS-a izašla je 2001. godine, a danas je njegova primena veoma široka.

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 razjašnjene primerima. 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 sistemima.