

# GPS (GNSS) kao dio geografsko informacijskih sustava

---

Šuvak, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:462595>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Fakultet Informatike

**Josip Šuvak**

**GPS (GNSS) kao dio geoinformacijskih sustava i njegova  
primjena**

Diplomski rad

Pula, rujan 2019. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Fakultet Informatike

**Josip Šuvak**

**GPS (GNSS) kao dio geoinformacijskih sustava i njegova  
primjena**

Diplomski rad

**JMBAG:** 0303055880, izvanredni student

**Studijski smjer:** Informatika

**Kolegij:** Geoinformacijski sustavi

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Informacijske i komunikacijske znanosti

**Znanstvena grana:** Informacijsko i programsko inženjerstvo

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivan Pogarčić

Pula, rujan 2019. godine



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Josip Šuvak, kao kandidat za magistra informatike ovime izjavljujem da je ovo rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio ovog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student/ica

Josip Šuvak

Pula, rujan 2019.



## IZJAVA

### o korištenju autorskim djelom

Ja, Josip Šuvak, dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da se mojim diplomskim radom pod nazivom *GPS (GNSS) kao dio geoinformacijskih sustava i njegova primjena* koristi tako da gore navedeno autorsko djelo kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te da ga kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskim djelom na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

Student/ica

Josip Šuvak

Pula, rujan 2019.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKO INFORMACIJSKI SUSTAV.....	3
2.1 Povijest GIS-a.....	3
2.2 Primjene GIS-a.....	5
2.3 Komponente GIS-a.....	6
2.3.1 Hardverska komponenta.....	6
2.3.2 Softverska komponenta.....	7
2.3.3 Ljudska komponenta i metode.....	11
2.3.4 Podatkovna komponenta.....	12
2.4. Prostorni podatci.....	12
2.4.1 Vektorski model podataka.....	14
2.4.2 Rasterski model podataka.....	15
2.4.3 Modeli i strukturalna organizacija podataka.....	16
3. GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAV.....	18
3.1 GPS segmenti.....	22
3.1.1 Svemirski segment.....	23
3.1.2 Kontrolni segment.....	24
3.1.3 Korisnički segment.....	25
3.2 Galileo sustav.....	26
3.3 Compass (BeiDou).....	28
3.4 Glonass sustav.....	30
3.5 Navstar (GPS).....	30
3.6 Regionalni navigacijski sustavi.....	34
3.6.1 IRNSS.....	34
3.6.2 QZSS.....	35
3.7 Dopune satelitskim navigacijskim sustavima.....	37
3.7.1 EGNOS.....	38
3.7.3 Cropos.....	39
3.8 Greške kod prijema signala.....	40
4. GPS U PRIMJENI.....	42
4.1 Struktura aplikacije.....	43
5. ZAKLJUČAK.....	50
6. Popis literature.....	52
7. SAŽETAK.....	58

## 1.UVOD

U ovom radu bit će objašnjeno što je to geoinformacijski sustav, odnosno globalni navigacijski sustav koji je ujedno i dio geoinformacijskog sustava, koji su sve tehnički preduvjeti potrebni kako bi jedan globalni navigacijski sustav mogao funkcionirati, vrste takvih sustava i njihova podjela te će biti naveden i primjer primjene GPS-a (engl. Global Positioning System). Nadalje, ukratko će se navesti definicija i povijest geoinformacijskih sustava.

Obzirom na razne primjene GPS-a danas i raširenost upotrebe, kroz rad će se prikazati jedan od mogućih načina primjene GPS-a te će se prikupljeni podatci prikazati kroz programski alat QGIS. Važan dio tehničke komponente čine i baze podataka u koje se pohranjuju informacije, stoga će u nastavku rada biti dat osvrt i na njih.

Geografski informacijski sustavi su danas osnovni alat za planiranje i upravljanje resursima, imaju široku upotrebu u planiranju korištenja zemljišta, upravljanju komunalnim uslugama, modeliranju ekosustava, procjeni i planiranju krajobraza, planiranju prijevoza i infrastrukture, analizi tržišta, analizi vizualnog utjecaja, upravljanju objektima, analizi nekretnina te mnogim drugim primjenama. Geografski informacijski sustavi pružaju mogućnost pohrane, preuzimanja, analize, modeliranja i mapiranja područja s velikim količinama prostornih podataka.

Prikupljenim podacima treba moći upravljati i iskoristiti ih na najbolji način, a upravo to omogućuju geografsko-informacijski sustavi ili skraćeno GIS. Moraju se spojiti dvije važne komponente koje čine GIS: prostorni podatci i tehnička podrška. Geografski informacijski sustav (u daljnjem tekstu GIS) je računalni sustav takav da može obrađivati velike količine prostornih podataka, kao i pohraniti, urediti i, možda i najvažnije, analizirati i na jedan kvalitetan način prikazati podatke i potrebne informacije.

GIS je široko rasprostranjen ako se gledaju područja u kojima ga se može iskoristiti. Zasigurno je to navigacija, no GIS ima i veliku upotrebu u prostornom planiranju i njegovom upravljanju, zatim u vojne svrhe te razna znanstvena istraživanja. Kroz jednu vrlo bitnu komponentu kao što su prostorni podatci može se stvoriti interaktivnu kartu koja omogućuje da se dođe do novih informacija i povezanosti elemenata koje čine prostorni podatci kao što su: podatci o geografskim položajima, statistički podatci itd. Upotrebom GIS-a dobiva se bolja slika i razumijevanje svijeta, odnosno okruženja općenito i temeljem obrade podataka velike mogućnosti za napredak, što GIS tehnologiju čini ključnim dijelom infrastrukture prostornih podataka. Različite vrste podataka mogu se usporediti i analizirati pomoću GIS-a. Sustav može uključivati podatke o ljudima, odnosno populaciji, prihodu ili razini obrazovanja i na temelju njih učinkovito upravljati budućim odlukama.

Prikupljanje podataka danas je puno lakše izvedivo nego što je to nekad bilo, osobito zbog razvoja tehnologija kao što su geografski sustavi pozicioniranja (GPS) i geografski informacijski sustavi (GIS). Globalni sustav pozicioniranja (GPS – Global Positioning System) odlično se implementirao u sustav GIS-a i njime se nadopunjava. GPS se posljednjih godina konstantno razvija i poboljšava te danas ima vrlo važnu ulogu u svakodnevnom ljudskom životu. Razvojem tehnologije, u današnje vrijeme došlo se do izrade visokosofisticiranih GPS uređaja koji se koriste u GIS-u za izradu kartografije, pri čemu se koriste napredne mogućnosti već postojećih globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS). Svrha globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS) je poslati signale instrumentima koji su dio globalnog sustava pozicioniranja te time, u konačnici, omogućiti pozicioniranje i navigaciju u bilo kojem vremenu i prostoru u našoj okolini. Načini na koji se odvija interakcija između GPS i GIS sustava su presudni za napredne poslovne funkcije što, u konačnici, određuje i uspjeh određenog projekta.



## 2. GEOGRAFSKO INFORMACIJSKI SUSTAV

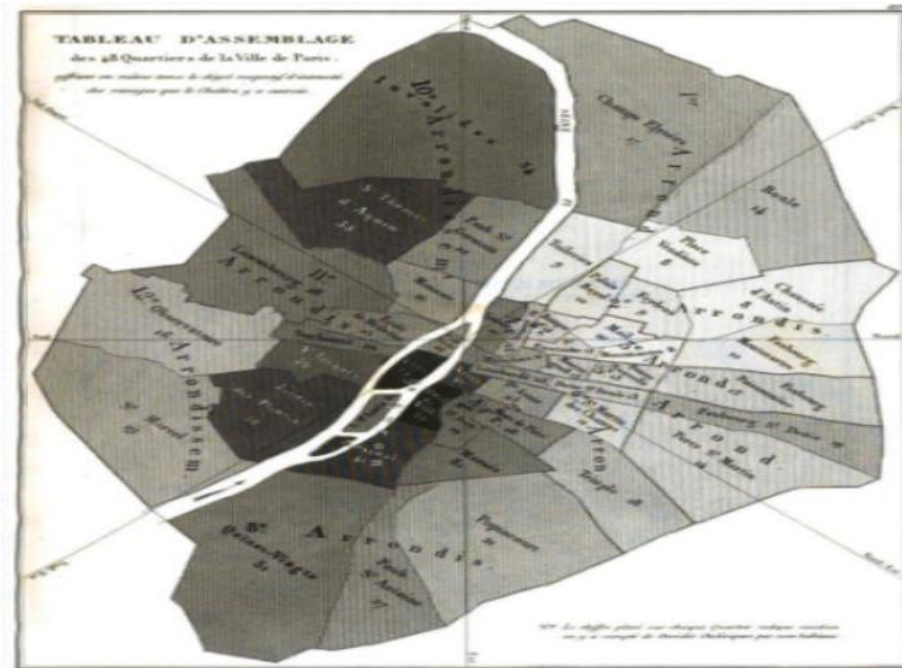
Postoji nekoliko definicija GIS-a, ali se može izdvojiti sljedeća definicija: sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi (Lord Chorley, 1987: 219).

Geografski informacijski sustav je u suštini dizajniran za bilježenje, pohranjivanje, manipuliranje, analizu, upravljanje i predstavljanje svih vrsta geografskih podataka. Ipak, u GIS tehnologiji ključna je geografija što znači da govorimo o prostoru i da je dio podataka prostoran, drugim riječima, to su podatci koji bilježe i pohranjuju informaciju o nekoj prostornoj lokaciji. Jednostavan primjer nekog GIS sustava bio bi prikaz škola na nekom određenom području, lokacija škole bila bi prostorni podatak. Dodatni podatci kao što su ime škole, vještine učenika i slično činili bi atributne podatke.

Međusobno nadopunjavanje prostornih i atributnih podataka tako omogućuje GIS-u da bude učinkovito sredstvo rješavanja problema kroz prostornu analizu.

### 2.1 Povijest GIS-a

Prva primjena današnjeg GIS koncepta bila je 1832. godine kada je Charles Picquet napravio kartu koja prikazuje epidemiju kolere u 48 okruga u Parizu (Izvor: Whatis Gis). To je bila rana verzija toplinske karte koja će se kasnije koristiti u nekoliko industrijskih grana, a koja vizualno prezentira podatke u raznim bojama koje odgovaraju određenim vrijednostima tih istih podataka.



*Slika 1. Epidemija kolere u Parizu (Izvor: nobelsystemsblog.com/an-overview-of-gis-history/)*

Nekoliko godina nakon ove karte (1854.) John Snow napravio je sličnu kartu, prikaz epidemije kolere u gradskoj četvrti Soho u Londonu, zahvaljujući kojoj su čak uspjeli suzbiti epidemiju.

Današnji moderni geografsko-informacijski sustavi su slijedili takvu strukturu pridruživanja vrijednosti određenim lokacijama. Kroz stoljeća imamo razvoj od početnih tehnika topografskog kartiranja do današnjih naprednih računalnih tehnika kartiranja koje su se razvile prvenstveno zbog istraživanja novog svijeta i navigacije u vojne svrhe. Topografija je danas dio geodezije koji se bavi izmjerom topografskih objekata i njihovim prikazom na topografskim kartama te postupcima, instrumentima i organizacijom izmjere. Njezin najnoviji zadatak je stvaranje topografskih informacijskih sustava (Izvor: Geoškola). Prva verzija geografskog informacijskog sustava čiji je osnivač Roger Tomlinson, danas poznat kao otac takvih sustava, razvijena je u Kanadi. Sustav je razvio veliku bazu za upravljanje digitalnim informacijama čija je najveća prednost upravo bila u analiziranju podataka. Kasnijim tehničkim razvojem računala razvili su se i drugi sustavi koji su bili komercijalni i slijedili karakteristike tj. koncepte prvog takvog sustava kako bi povezali njegova brojna obilježja kao što su

odvajanja atributnih i prostornih podataka i samoorganiziranja takvih atributnih podataka u sustave koje danas poznajemo kao baze podataka.

## 2.2 Primjene GIS-a

Postoji puno primjera kako se može primijeniti GIS. Nekoliko primjera područja primjene:

- autoindustrija koja koristi navigacijske uređaje u vozilima, vojna industrija, zrakoplovna industrija ili općenito područje transporta
- prostorno planiranje, npr. pronalaženje lokacija za odlaganje nuklearnog otpada, planiranje prometne povezanosti gradova
- upravljanje prirodnim resursima, imovinom ili institucijama koje pružaju određene usluge
- telekomunikacije, u kojima se mogu planirati kapaciteti telekomunikacijske mreže i njene buduće izgradnje kako bi se oni koji planiraju kapacitete mogli usredotočiti na najbolje lokacije za bolje pružanje usluga
- urbanizam, gdje se pomoću GIS-a može pristupiti planiranju i odabiru lokacije za izgradnju novih stambenih jedinica u urbanim sredinama
- astronomija, prilikom ispitivanja kako sigurno spustiti vozilo koje istražuje površinu Marsa, uključujući širinu za solarnu energiju, mekoću tla, prašnjavost, stjenovitost i otisak kod slijetanja
- zračni promet, pri planiranju ruta u zračnom prometu, kako bi se izbjegao i najmanji incident

Kako bi se jedan takav sustav iskoristio u gore navedene svrhe, bitno je razumjeti što je sve potrebno i od kojih se komponenti sustav sastoji. GIS se sastoji od nekoliko bitnih komponenti: hardverska i softverska komponenta, prostorna komponenta, komponenta organizacije donošenja odluka te najvažnije – ljudski faktor.

## 2.3 Komponente GIS-a

Za navod definicije koja govori o tome od kojih se komponenti sastoji GIS sustav može se uzeti sljedeći citat: „Tijekom vremena nastale su brojne definicije GIS-a, a danas postoje još brojnije rasprave o njemu. Najosnovniji pogled na GIS predstavlja ga kao programski paket, a njegove sastavnice kao razne alate koji služe za unos, manipulaciju, analizu i izlaz podataka. Gledajući s naprednijeg nivoa, pod komponente GIS-a uključeni su računalni sustav, tj. hardver, i operativni sustav, softver, prostorni podatci, postupci upravljanja podacima, analiza postupaka te ljudi sposobni upravljati GIS-om (Chandra i Sharma, str. 19.).



Slika 2. Komponente GIS-a (Izvor: [www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined](http://www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined))

### 2.3.1 Hardverska komponenta

Prema definiciji, hardver je fizički dio računala. Za razliku od softverske komponente, hardver se ne mijenja često (Izvor: Računalo – Hardver).

Također, i iz sljedeće definicije slijedi slično: hardver (engl. *hardware*), zbirni naziv za sve fizičke dijelove elektroničkoga računala, računalnog sustava ili sličnog elektroničkog uređaja (Izvor: Hrvatska enciklopedija: hardver).

Iz gore navedenih definicija slijedi da se računalo sastoji od niza fizičkih dijelova, tj. hardvera. S obzirom na primjenu i svojstva, računala se može podijeliti u nekoliko kategorija:

- „Mobilna računala“ – danas su neizostavni oblik računala koja su praktična, uglavnom koriste ekran na dodir, a koristi ih se bilo gdje za pristup internetu, uz komuniciranje putem raznih aplikacija (mobiteli, tableti)
- Osobna ili prijenosna računala (laptop) – računala koja imaju jače hardverske komponente, no nisu toliko prenosiva kao tableti ili mobiteli. Koristi ih se za pokretanje i obradu složenijih aplikacija i podataka.
- Serveri ili „mainframe“ – računala koja služe za obradu velikih količina informacija i podataka. Uglavnom ih koriste poslovne organizacije sa svojstvima kao što su: velika količina diskova za pohranu podataka (eng. „hard drives“).
- Ostale vrste računala – uređaji za mjerenje i prikupljanje podataka iz okoline, odnosno računala prilagođena uvjetima rada na terenu.

### 2.3.2 Softverska komponenta

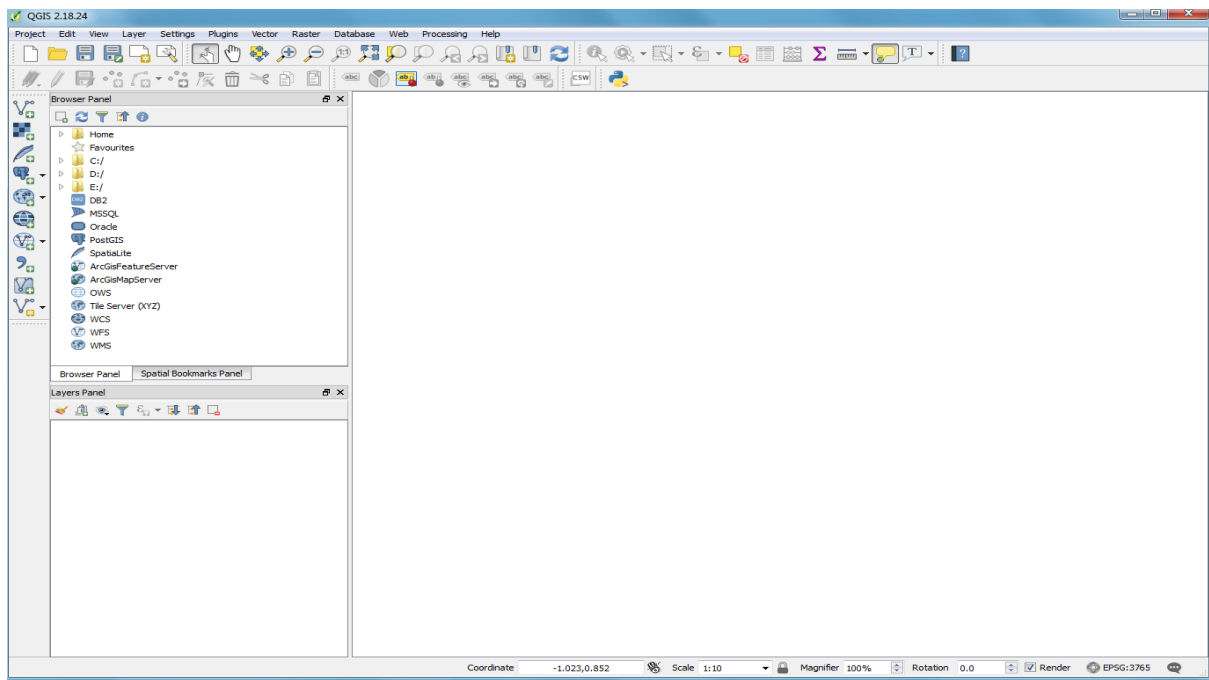
Softverska komponenta prati hardversku komponentu, odnosno bez hardverske komponente se ne mogu pokretati softveri koji se mogu podijeliti na operacijske sustave kao što su:

- Windows – jedan od najpoznatijih operacijskih sustava
- Linux – sličan Unix operativnom sustavu i namijenjen je uglavnom za obavljanje određenih poslova, ujedno je i operativni sustav otvorenog koda
- Unix – podržava više korisnika i uglavnom je napravljen za specifični dio hardvera
- DOS – preteča Windows operativnog sustava koji je služio uglavnom za manipulaciju datoteka;

te aplikacijske programe koji služe za specifičnu namjenu i pokreću se na jednom od gore navedenih sustava. Upravo jedna od najpoznatijih aplikacija koja općenito koristi za manipulaciju geografskih podataka, analizu te prikaz pomoću interaktivne mape je Qgis. Još jedan često zastupljen softver je AutoCad 3D.

#### 2.4.2.1 QGis alat

QGis softver nudi i verziju otvorenog koda za manipulaciju prostornim podacima, tj. prikazivanje vektorskih i rasterskih tipova podataka, obradu, spremanje, serversko dohvaćanje podataka. Također, dostupan je i na mnogim operativnim sustavima, među kojima su operativni sustavi navedeni u prethodnom poglavlju. Osim funkcionalnosti za manipulaciju podacima, softver podržava različite baze podataka za spremanje podataka. Alat je vrlo intuitivan i, osim toga, podržan dokumentacijom što olakšava njegovo korištenje. Nudi se i mogućnost proširivanja njegovih funkcionalnosti raznim paketima (eng. „packages“) otvorenog koda (engl. „open source“) koji se mogu napisati u programskom jeziku C++ (Izvor: GIS Lounge).



*Slika 3. Prikaz sučelja i funkcija QGis softvera (Izvor: obrada autora)*

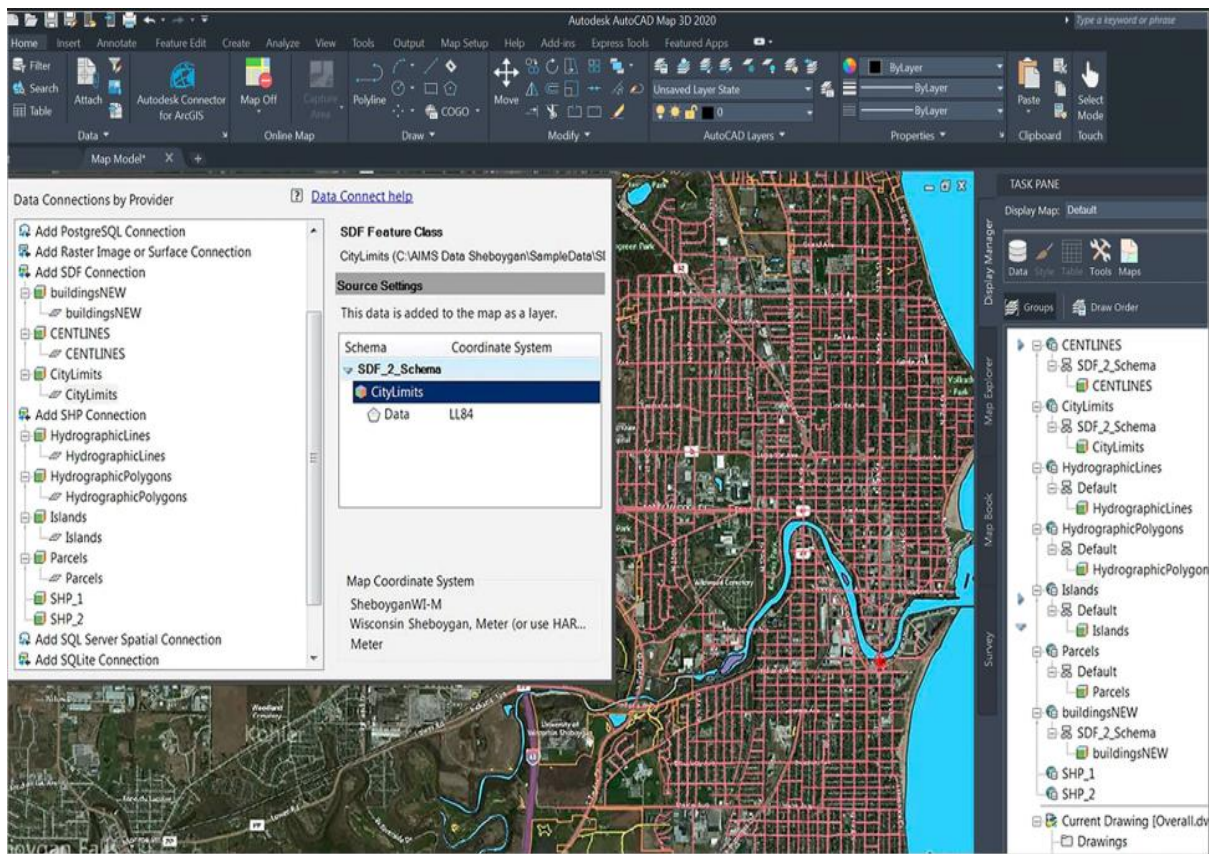
Grafičko korisničko sučelje u alatu QGis je vrlo jasno podijeljeno. Pri vrhu prozora je alatna traka sa svim funkcionalnostima, zatim slijedi element (eng. „Browser Panel“) koji predstavlja navigaciju kroz datoteke operativnog sustava. Odmah ispod toga je element (engl. „Layers Panel“) koji služi za prikaz razina slojeva. Prostorne podatke se može pospremiti ili dohvatiti preko baza podataka koje će biti prikazane u centralnom dijelu grafičko-korisničkog sučelja. Neke od baza koje su namijenjene i optimizirane, ali ujedno i najpopularnije za rad te koriste arhitekturu klijent-server s prostornim podatcima su zasigurno:

- MySql te
- PostgreSQL s proširenjem PostGis.

#### 2.4.2.2 AutoCad Map 3D softver

Za softver kao što je Autocad map može se reći da se radi o alatu koji je namijenjen za grafičku obradu podataka, od tehnički složenih nacрта do prikazivanja prostornih podataka s opcijom spajanja s udaljenim bazama podataka.

Tijekom godina AutoCAD Map 3D postala je vodeća aplikacija za stvaranje i manipuliranje prostornim podacima. Osim toga, ona je jedna od rijetkih aplikacija na tržištu koja omogućuje povezivanje CAD i GIS podataka u jedinstveni sustav (Frane Glasinović , 2011: 30).



Slika 4. AutoCAD Map 3D (Izvor: [www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets/autocad-map-3d](http://www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets/autocad-map-3d))

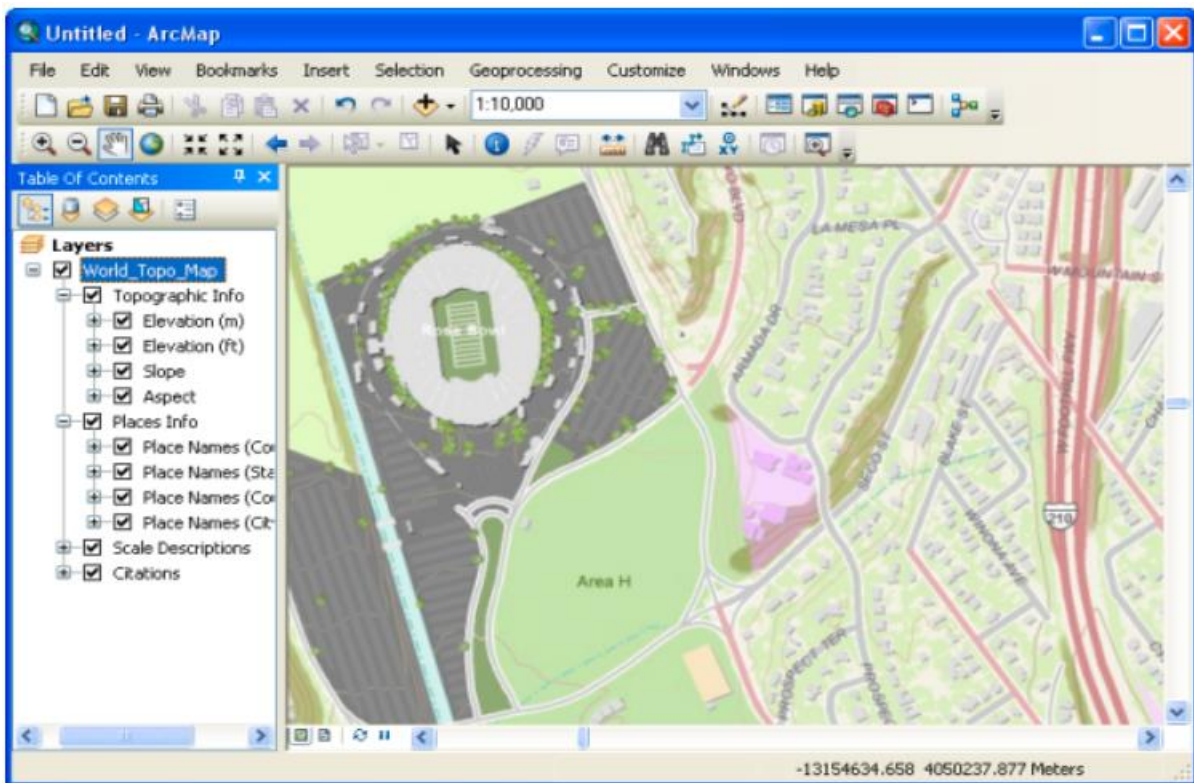
#### 2.4.2.3 ArcGIS

Jedan od najboljih alata koji se koristi u GIS-u je ArcGIS. ArcGIS je platforma za stvaranje, upravljanje, dijeljenje i analizu prostornih podataka. Sastoji se od komponenti poslužitelja, mobilnih i desktop aplikacija i alata za razvojne programere. Sustav pruža infrastrukturu za izradu karata i geografskih podataka dostupnih bilo u zatvorenoj zajednici ili otvoreno na webu. ArcGIS uključuje sljedeći softver:



- ArcReader koji omogućuje pregled i pretraživanje mapa stvorenih s drugim ArcGIS proizvodima;
- ArcGIS for Desktop, postoje Basic, Standard i Advanced; koji omogućuju pregled prostornih podataka, kreiranje slojevitih karata i izvođenje osnovne prostorne analize; posjeduje alate za manipulaciju slikovnim datotekama i bazom podataka, manipulaciju podacima, uređivanje i analizu (Izvor: Whatis ArcGIS).

Također, razvio se i ArcGIS Online, web aplikacija koja omogućuje online razmjenu prostornih informacija.



Slika 5. ArcGIS alat (Izvor: [esri-es.github.io/awesome-arcgis/arcgis/products/arcgis-desktop/arcmap-arccatalog/](https://esri-es.github.io/awesome-arcgis/arcgis/products/arcgis-desktop/arcmap-arccatalog/))

### 2.3.3 Ljudska komponenta i metode

Kako bi se moglo upravljati geografsko-informacijskim sustavom, potrebni su obrazovani stručnjaci koji razumiju funkcioniranje dijelova ili cijelog sustava. Treba imati na umu da postoje različite vrste korisnika, od običnih ili krajnjih korisnika do stručnjaka za pojedine dijelove informacijskog sustava. Postoje stručnjaci koji su

dobro obučeni, obrazovani i vješti u korištenju GIS softvera općenito te u kasnijoj prostornoj analizi. Ljudi su uključeni u sve faze razvoja GIS sustava i prikupljanja podataka. To su kartografi i geodeti koji izrađuju karte i pregledavaju karte i geografske značajke. Također su uključeni i korisnici samog sustava koji prikupljaju podatke, učitavaju podatke u sustav, manipuliraju sustavom i analiziraju rezultate. Kvalitetno obrazovanje je vrlo važno u GIS-u, pri čemu kontinuirano učenje i ulaganje u znanje u konačnici donose i napredak u GIS tehnologiji. Također je nužno poštovati određena poslovna pravila i definirane smjernice, postavljene standarde prilikom provođenja GIS projekta jer uspješan GIS funkcionira prema dobro osmišljenom planu i poslovnim pravilima, gdje su modeli i operativne prakse jedinstvene za svaku organizaciju.

#### 2.3.4 Podatkovna komponenta

To je najbitnija komponenta GIS-a jer bez podataka ne bi bilo niti GIS-a, postojale bi samo sirove karte. Prikupljeni podatci spremaju se u baze podataka kojima upravljaju sustavi za upravljanje bazama podataka (DBMS) koji organiziraju i strukturiraju podatke. Podatci koji su ključni u GIS-u sastoje se od bilo kojih podataka koji imaju definiran odnos prema prostoru, uključujući sve podatke o stvarima i događajima koji se događaju u prirodi. U ranoj fazi razvoja GIS-a to su bile „tvrde“ kopije podataka, kao što su tradicionalne kartografske karte, zapisi geodeta, demografske statistike, geografska izvješća i opisi s terena. Napredak u prikupljanju, klasifikaciji i točnosti prostornih podataka omogućio je da sve više standardnih digitalnih baza postane dostupno na više različitih načina, što omogućava lakšu obradu i kasniju analizu.

#### 2.4. Prostorni podatci

Prostorni podatci (eng. „Spatial data“) su vrlo važna komponenta GIS sustava. Ono što odlikuje prostorne podatke su informacije o položaju, poveznice s ostalim osobitostima i detaljima neprostornih značajki (Heywood, Cornelius i Carver, 2006).



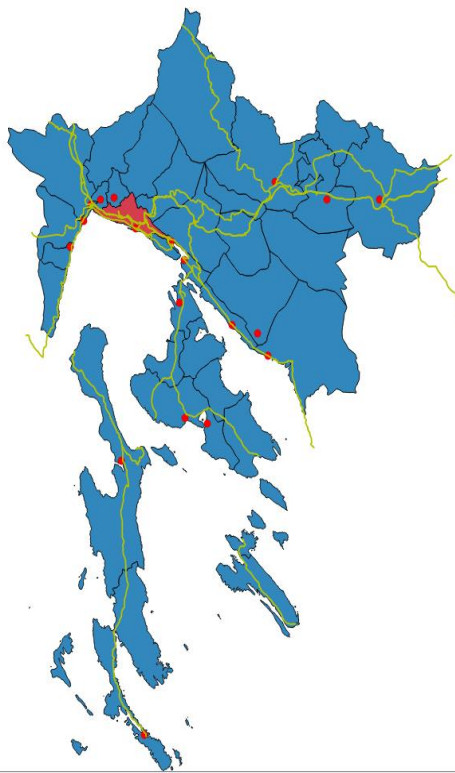
*Slika 6. Mapa Sljemena (Izvor: [www.skijanje.hr/skijalista/hrvatska/clanak/sljeme?id=12375](http://www.skijanje.hr/skijalista/hrvatska/clanak/sljeme?id=12375) )*

Geografske karte u digitalnom obliku su uobičajen način prezentiranja prostornih podataka jer se pomoću njih vrlo jednostavno obrađuju i složenije teme. Temeljem podataka na karti moguće je utvrditi činjenice i donijeti ispravnu odluku u poslovnom procesu; razumjeti povijesne događaje u nekom području, prirodne i ljudske događaje i pojave. Svakako treba obratiti pozornost na samu projekciju prikaza na karti jer projekcija karte opisuje način na koji je Zemljina površina prikazana na dvodimenzionalnoj površini. Nijedna projekcija nije savršena i ovisno o projekciji, može se bolje ili lošije pokazati točnost oblika, područja, udaljenosti ili smjera.

Prostorni podatci moraju se pojednostaviti prije pohrane na računalo, bez obzira jesu li u obliku slojeva ili objekata. Općeprihvaćena tehnika za pojednostavljivanje prostornih podataka jest trodjelna podjela na tipove kako bi se pripomoglo organizacijskim zadaćama samog procesa. Navedena tri tipa prostornih podataka su točke, linije i područja (Heywood, Cornelius i Carver, 2006).

#### 2.4.1 Vektorski model podataka

Osnovica vektorskog modela podataka su: točka, linija i poligon. Točka se odnosi na prikaz samo jedne lokacije na karti (to može biti grad, zgrada, škola, bolnica i sličan prostorni objekt). Linija predstavlja dvije povezane točke koje obično služe za prikaz cesta, rijeka, željeznica i slično. Dok poligoni predstavljaju skup točaka omeđenih linijom, koja ima istu početnu i završnu točku, poligonom također možemo prikazati zgradu, školu i bolnicu, ali ne više kao točku, nego kao objekt u prostoru koji ima određenu površinu.



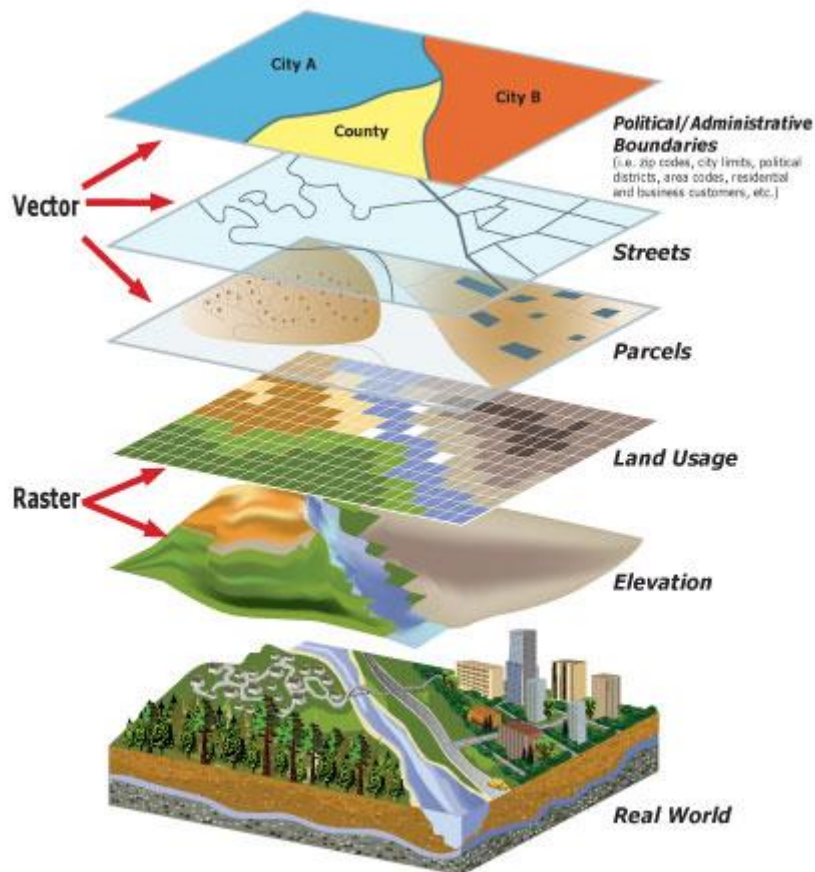
*Slika 7. Podjela slojeva pogodna za spremanje (Izvor: obrada autora)*

Na temelju prikaza skijališta Sljeme, točke bi mogle predstavljati najviše vrhove, objekte administrativnog sadržaja, visinsku razliku različitih dijelova staza. Područja možemo označiti prema njihovoj namjeni i svrsi na: označene staze za skijanje, šumska područja, tj. određena područja i sadržaji namijenjeni korisniku itd. Linije bi mogle predstavljati također označene dijelove staza, prilaze i ceste koje vode do skijališta. Kombinacijom tih elemenata možemo stvoriti različite prikaze skijališta, odnosno verzije njegovog realnog prikaza.

#### 2.4.2 Rasterski model podataka

Pri korištenju udaljenih snimljenih fotografija, najboljim se za korištenje smatra tzv. Raster model, osobito zato jer se podatci prikupljaju u tom formatu. Jednako tako, prikladnim se smatra i za modeliranje kontinuiranih geografskih pojava, npr. dubine snijega. Drugi model, tzv. vektorski model, postao je podobniji za mapiranje diskretnih geografskih entiteta, tj. cestovnih i riječnih mreža i administrativnih granica (Heywood, Cornelius i Carver, 2006).

Rasterski model podataka počiva na pikselu odnosno ćeliji (svaka je ćelija jednake veličine), gdje svaki piksel ima svoju vrijednost, gdje kvaliteta rasterskih podataka ovisi o razlučivosti. Mnogobrojni podatci poput satelitskih snimki, skeniranih karata, digitalnih ortofotozapisa, zapisani su u rasterskom formatu.



Slika 8. Prikaz slojeva Vektorskog i Rasterskog modela (Izvor: [inyomonowater.org/resources/giswhat/layers/](http://inyomonowater.org/resources/giswhat/layers/))

Iz priloženog, može se vidjeti kako se rasterski model može iskoristiti za prikaz slojeva na više različitih načina pa tako i za prikaz viših i nižih dijelova Zemljine površine dok je vektorski model pogodniji za prikaz objekata, granica područja te prometnica.

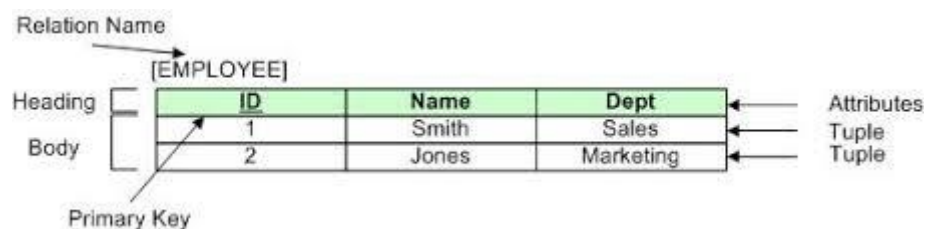
#### 2.4.3 Modeli i strukturalna organizacija podataka

Kako bi se mogao dati dodatni smisao i opisati ono što se prikazuje pomoću vektorskog i rasterskog modela, može se učitati atributne ili opisne podatke i pomoću baze podataka (eng. Database Management System). Pomoću baze podataka koja ima određeni skup pravila, procedura za upravljanje i manipulaciju podataka i pravila

integriteta nudi se efikasna podrška alatima kao što je GIS. Trenutno postoji nekoliko modela ili struktura za organizaciju podataka:

- relacijski model,
- objektni model,
- hijerarhijski model i
- mrežni model.

Jedan od najraširenijih i najpoznatijih modela je relacijski model koji prikazuje podatke u tablicama povezanim s nekoliko vrsti relacija. Svaka tablica sa sastoji od redaka koji sadrže informacije dok stupci definiraju attribute tablica. Ovaj model podržava korištenje određenih upita (eng. „Query“) preko SQL jezika što omogućava filtriranje podataka prema određenim kriterijima i vrijednostima.



*Slika 9. Prikaz strukture relacijskog modela (Izvor: [diranieh.com/Database/RelationalDatabaseModel.htm](http://diranieh.com/Database/RelationalDatabaseModel.htm))*

### 3.GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAV

Globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) je satelitski navigacijski sustav koji koristi satelite za određivanje geografskog položaja korisničkog prijemnika na Zemlji. Tehnologiju je, kao i još neke napredne tehnologije krajem 70-ih godina prošlog stoljeća, razvila američka vojska odnosno američko ratno zrakoplovstvo kao sustav globalnog pozicioniranja (GPS). Taj prvi razvijeni sustav je koristio 27 satelita i imao je globalnu pokrivenost. Pojavom pametnih telefona tehnologija je postala još pristupačnija, a s vremenom su se pojavili i drugi GNSS sustavi (Izvor: Novatel):

- GLONASS (Rusija): sastoji se od 27 satelita i pruža globalnu pokrivenost (Izvor : glonass.ru).
- Galileo (Europska unija): Galileo je civilni GNSS sustav kojim upravlja Europska agencija za globalne navigacijske satelitske sustave (GSA). Galileo će u potpunosti biti operativan do 2020. godine (Izvor: GSA Europa).
- BeiDou (Kina): BeiDou je kineski satelitski navigacijski sustav. Sustav trenutno ima 33 operativna satelita (Izvor: Beidou)
- IRNSS (Indija): Indijski regionalni navigacijski satelitski sustav (IRNSS) pruža usluge Indiji i okolini. Sastoji se od osam satelita (Izvor: IRNSS).
- QZSS (Japan): QZSS je regionalni navigacijski satelitski sustav koji pruža usluge Japanu, istočnoj Aziji i Oceaniji. Sustav QZSS trenutno radi s četirima satelitima, a planira ih imati sedam (Izvor: Quasi-Zenith Satellite System).





Slika 10. GNSS sustavi (Izvor: [www.meinbergglobal.com/english/news/multi-gnss-support-for-ims-and-lantime-m-series-gps-galileo-glonass-and-beidou.htm](http://www.meinbergglobal.com/english/news/multi-gnss-support-for-ims-and-lantime-m-series-gps-galileo-glonass-and-beidou.htm))

Dok se GNSS sateliti razlikuju po starosti i dizajnu, njihova glavna operacija ostaje ista. GNSS sustavi i njihovi sateliti odašilju signale na dvjema prijenosnim frekvencijama, L1 i L2.

Većina GNSS prijemnika ima dva dijela – antenu i procesorsku jedinicu. Za određivanje položaja prijemnika potrebno je prikupiti informacije od najmanje triju satelita. GNSS satelit kruži oko Zemlje svakih 11 sati, 58 minuta i 2 sekunde na visini srednje orbite. Svaki satelit prenosi kodirane signale koji sadrže precizne detalje orbite satelita i vrlo stabilan vremenski žig iz atomskog sata. Informacije o vremenu emitiraju se kao kodovi satelita tako da prijemnik može kontinuirano odrediti vrijeme emitiranja signala. Signal sadrži podatke koje primatelj koristi za izračunavanje položaja satelita i prilagođavanje za točno pozicioniranje. Prijemnik koristi vremensku razliku između vremena prijema signala i vremena emitiranja kako bi izračunao udaljenost ili domet od prijemnika do satelita. Kada primatelj zna točan položaj sebe u odnosu na svaki satelit, on prevodi svoj vlastiti položaj u kordinatni sustav na Zemlji, čime daje rezultat u zemljopisnoj širini, dužini i visini (Izvor: How GNSS works?).

GPS je ključan za navigaciju koja se definira kao: smisljeno kretanje u prostoru planiranim rutama, uz dovoljno često određivanje navigacijskih veličina (pozicija, smjer) uspoređujući stvarne parametre s isplaniranom rutom (Kos, Grgić i Krile, 2004: 189-199).

Globalni navigacijski sustav se sastoji od niza satelita u Zemljinoj orbiti koji neprestano šalju informacije na Zemlju na temelju kojih se kasnije može odrediti točan položaj na Zemlji. Kao i puno toga prije, GPS (eng. „Global Positioning System“) razvijen je u vojne svrhe, no kasnije je dopuštena upotreba u civilne svrhe što je omogućilo primjenu GPS-a ponajprije u prometu, a zatim i u mnoge druge svrhe.



*Slika 11. Sateliti u Zemljinoj orbiti (Izvor: [www.intelligent-aerospace.com/atc-atm/article/16539367/exelis-to-research-lowcost-gps-alternatives-under-afri-contract](http://www.intelligent-aerospace.com/atc-atm/article/16539367/exelis-to-research-lowcost-gps-alternatives-under-afri-contract))*

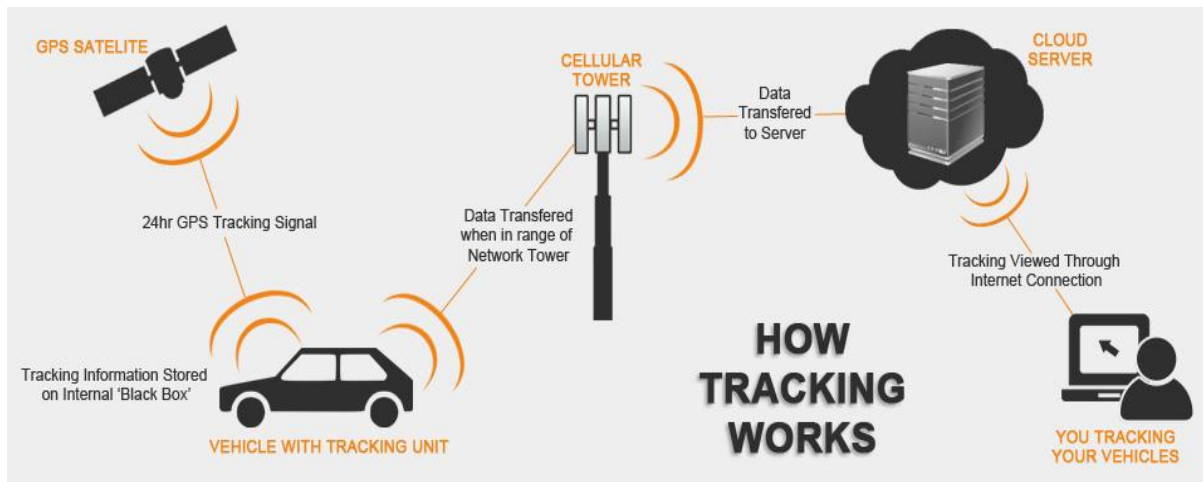
Globalni pozicijski sustav može se koristiti na kopnu, moru ili zraku dok ne postoji mogućnost korištenja GPS-a u podzemnim strukturama, kao što su garaže ili podzemna postrojenja itd. zbog nemogućnosti prodora satelitskog signala. Stoga se GPS na kopnu koristi u prometu za navigaciju automobila s ugrađenom GPS tehnologijom, za navigaciju na moru turističkih kruzera, jedrilica, tankera, vojnih brodova itd. Također se GPS koristi i u zračnom prometu kod kojeg se primjenjuje tzv. Hiperbolni navigacijski sustav, a još se koristi i u pomorstvu što će biti opisano u nastavku ovog rada. Primjena GPS je neograničena, teško je nabrojiti sve njegove moguće primjene. Danas su GPS sustavi toliko usavršeni da mogu dati izrazito veliku preciznost unutar jednog metra pa čak i do nekoliko centimetara, no takvi sustavi imaju i svoju cijenu.

Kod navigacije u pomorstvu i zrakoplovstvu postoje određeni sigurnosni aspekti koji se moraju zadovoljiti:

- točnost – mogućnost sustava da osigura zadovoljavajuću navigacijsku točnost za pojedine faze leta ili plovidbe,
- cjelovitost – sigurnost da sve funkcije sustava rade unutar operativnih granica tolerancije uz mogućnost detekcije anomalija signala koje bi mogle izazvati navigacijske pogreške veće od propisanih,
- raspoloživost – svojstvo sustava da je upotrebljiv unutar područja pokrivanja i da je navigacijski signal dostupan korisniku,
- kontinuitet – mogućnost sustava da osigura funkcionalnost bez prekida u radu te da sustav funkcionira tijekom cijelog trajanja neke operacije (Kos, Grgić i Krile, 2004: 57-63).

Svaki globalni navigacijski sustav se sastoji od tri segmenta:

- Svemirskog segmenta,
- Kontrolnog segmenta,
- Korisničkog segmenta.

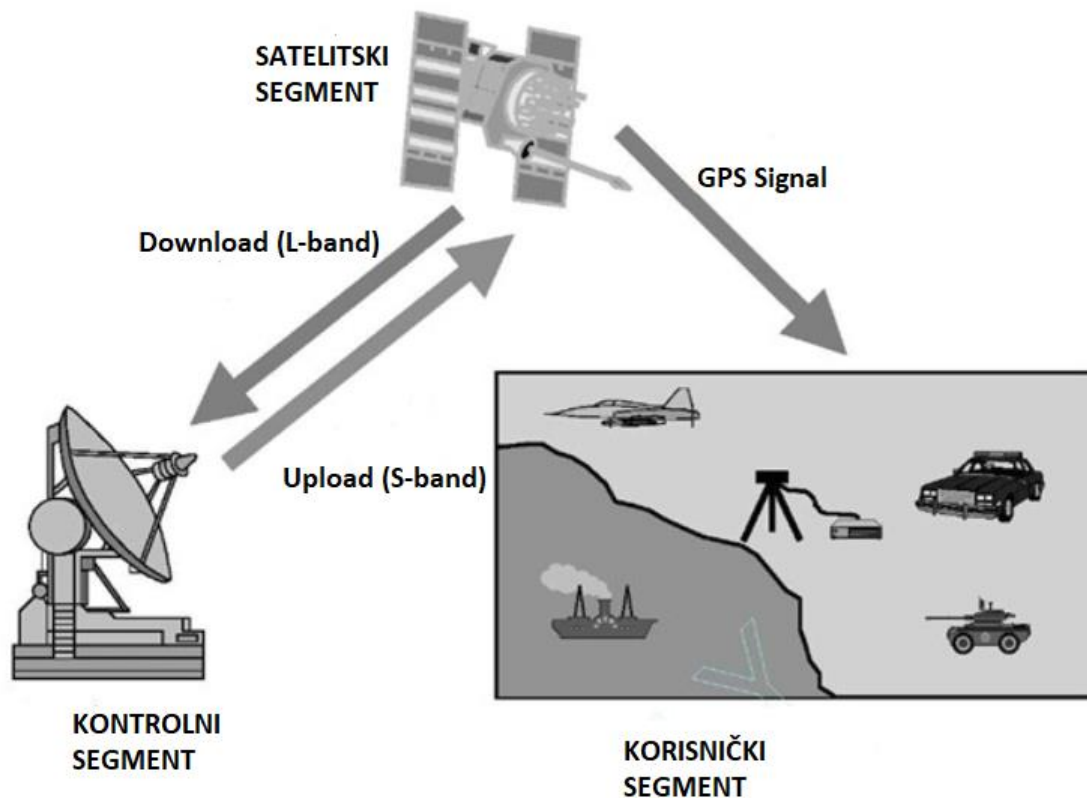


Slika 12. Segmenti GPS sustava (Izvor: [www.technicalpanels.com/projects/gps-location/](http://www.technicalpanels.com/projects/gps-location/))

Globalni pozicijski sustav sastoji se od triju segmenata koje čine sateliti u Zemljinoj orbiti, zatim sustav koji obrađuje, prikuplja i manipulira podacima te na kraju korisnici koji koriste GPS sustav.

### 3.1 GPS segmenti

GPS pruža informacije o pozicioniranju objekata bilo gdje u svijetu u svim vremenskim uvjetima. GPS je jednosmjerni sustav što znači da korisnici mogu primati samo satelitske signale te služi neograničenom broju korisnika. GPS omogućuje krajnjem korisniku određivanje trenutnog položaja pomoću svih triju koordinata njegovog položaja. GPS se sastoji od triju segmenta koje čine: grupa umjetnih satelita koji kruže u Zemljinoj orbiti i šalju podatke, kontrolnog segmenta koji nadzire i prati rad satelita, a nalazi se na Zemaljskoj površini i korisničkog segmenta koji čine korisnički prijammnici.



Slika 13. GPS segmenti (Izvor: [what-when-how.com/gps/introduction-to-gps/](http://what-when-how.com/gps/introduction-to-gps/))

### 3.1.1 Svemirski segment

Svemirski se segment sastoji od konstelacije 24 satelita. Sateliti su smješteni u šest orbitalnih ravnina usmjerenih na Zemlju s četirima satelitima u svakoj ravnini. Nominalno orbitalno razdoblje GPS satelita iznosi 11 h 58 min i 2 sekunde što znači da u jednom danu napravi dva kruga oko Zemlje. Orbite satelita su skoro kružne i jednako su razmaknute oko ekvatora, orbitalni radijus iznosi približno 26.600 km. Ova satelitska konstelacija osigurava 24-satnu globalnu navigaciju korisnika i sposobnost određivanja vremena.

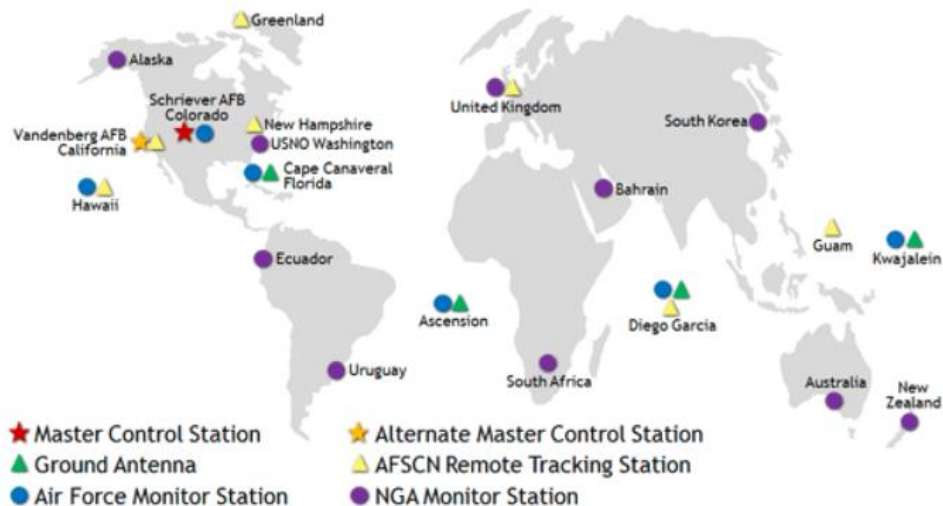
Sateliti su u tzv. „visokoj orbiti“ na oko 20.000 kilometara iznad Zemljine površine. Rad na takvoj visini omogućuje da signali prekriju veće područje. Sateliti su tako složeni u orbite da GPS prijarnik na Zemlji može uvijek primiti signale s barem četiri od njih. Sateliti putuju brzinom od 11.000 kilometara na sat i napajaju se solarnom energijom i napravljeni su da traju oko 10 godina. Ako solarna energija zakaže (pomračine itd.), postoje rezervne baterije koje ih održavaju u pogonu. Također, imaju mali raketni

pogon koji ih održava na pravoj putanji. Prvi su GPS-sateliti lansirani u svemir 1978. godine. Puni raspored svih 24 satelita postignut je 1994. godine. Novac iz proračuna Ministarstva obrane SAD-a neprekidno služi za kupnju novih satelita i njihovo lansiranje u orbitu tako da se sustav održi u pogonu u godinama koje dolaze. Svaki satelit emitira radiosignale male snage na nekoliko frekvencija (označene su s L1, L2 itd.). Civilni GPS prijamnici „slušaju“ na frekvenciji L1 od 1575,42 MHz UHF pojasa. Signal putuje kao zraka svjetlosti što znači da prolazi kroz oblake, staklo i plastiku, ali ne prolazi kroz mnoge čvrste objekte kao što su zgrade i planine.

L1 sadrži dva „pseudoslučajna“ signala, zaštićeni P-kod i C/A-kod. Svaki satelit emitira jedinstveni kod omogućujući GPS prijamniku da identificira signale. Glavna svrha tih kodiranih signala je da omogući računanje vremena putovanja signala od satelita do GPS prijamnika na Zemlji. To se vrijeme također naziva vremenom dolaska. Vrijeme pomnoženo brzinom svjetlosti daje udaljenost od satelita do GPS prijamnika. Navigacijska poruka (informacija koju satelit šalje prijamniku) sadrži orbitalnu i vremensku informaciju satelita, generalnu sistemsku statusnu poruku i ionosfersku korekciju. Satelitski signali su vremenski upravljani preciznim atomskim satovima (Izvor: Hrvatsko kartografsko društvo).

### 3.1.2 Kontrolni segment

Kontrolni segment, koji se nalazi na nekoliko lokacija na Zemljinoj površini, odgovoran je za ispravno funkcioniranje i održavanje satelita. Pod ispravnim funkcioniranjem se podrazumijeva: praćenje kreću li se sateliti u pravilnim orbitalnim položajima, jesu li njihov nagib i put pravilni. Također, kontrolni segment je zadužen za praćenje operativnog stanja poput: napunjenosti baterije, razine goriva i raznih drugih mjerenja koja služe kako bi se osigurao pravilan rad satelita. Kontrolni segment se sastoji od triju različitih fizičkih komponenti: glavne kontrolne stanice, nadzorne stanice i zemaljske antene.



Slika 14. Kontrolni segment ([www.gps.gov/systems/gps/control/](http://www.gps.gov/systems/gps/control/))

Na Slici 15. je prikazana globalna mreža kontrolnih stanica koje prate GPS satelite, nadziru njihove prijenose, izvode analize i šalju naredbe i podatke. Dati operativni kontrolni segment uključuje:

- glavnu kontrolnu stanicu (nalazi se u Coloradu, USA),
- zamjensku glavnu kontrolnu stanicu (nalazi se u Kaliforniji, USA),
- 11 komandnih i kontrolnih antena (strateški su raspoređene od Grenlanda do Guama),
- 16 stanica za praćenje (strateški su raspoređene od Aljaske do Novog Zelanda).

### 3.1.3 Korisnički segment

Korisnički segment su svi oni korisnici GPS sustava koji upotrebljavaju sustav i njihovi prijammnici koji ga koriste. Korisnički prijammnici obrađuje L-sigale koji se prenose sa satelita kako bi se odredila korisnička pozicija. Došlo je do značajne evolucije, gotovo revolucije, u tehnologiji GPS prijammnika, usporedo s tehnologijom elektroničke industrije općenito. U samim počecima razvoja tehnologije, GPS prijammnici su bili veliki i teški i vrlo komplicirani za korištenje zbog svoje robusnosti. Ulaskom u digitalno doba GPS prijammnici su postali sve manji i jednostavniji za korištenje.

## 3.2 Galileo sustav

Galileo globalni pozicijski sustav je civilni sustav Europske agencije (GSA) za globalne navigacijske satelitske sustave. Za sada se koriste tek 26 satelita koji će doprinijeti većoj preciznosti signala (Izvor: galileognss.eu). Galileo je, prije svega, veliki izazov koji predstavlja ne samo ekonomski, već i politički, znanstveni i tehnološki cilj koji će pokazati zajedništvo i snagu Europe kao jedinstvene cjeline. On je najbolji primjer za sve što Europa može postići, a i prvi je na listi uspjeha jer je povećao sigurnost za Europljane i pomogao da se Europa brže ujedini i proširi svoje granice (Romac i Vučica, 2003: 19-29). Dovršen će biti tijekom 2019. godine, a sastojat će se od ukupno 30 satelita, od toga nekoliko zamjenskih satelita u pripravnosti. S obzirom da se radi o novom navigacijskom sustavu, trebao bi biti daleko precizniji. Smatra se da će moći odrediti poziciju nekog uređaja u radijusu od jednog metra. Znatno povećana preciznost, osim ekonomskih utjecaja, imat će značajnu ulogu i kod spašavanja i traganja ljudi u nesrećama ili prirodnim katastrofama, reguliranju prometa te zaštiti državnih i europskih granica. Pojavom novog modernog sustava kao što je Galileo, postojala je određena zabrinutost da bi se takav sustav mogao koristiti protivno interesima određenih zemalja, no na kraju je postignut dogovor o suradnji i određenoj kompatibilnosti GPS-a i Galileo navigacijskog sustava. Važno je napomenuti da su sateliti postavljeni na udaljenosti od otprilike 23.222 km od površine Zemlje (Izvor: ESA). Galileo sateliti se nalaze na velikoj udaljenosti od tla kako bi postojala veća vjerojatnost da korisnik na Zemlji pronađe signal za razliku od američkog GPS sustava gdje se sateliti nalaze na otprilike 20.000 km u orbiti od Zemljine površine.

Može se reći kako je Europa prije bila ovisna o stranim tehnologijama, ponajprije o američkom navigacijskom sustavu (GPS), stoga je pojava Galileo sustava donijela značajan doprinos koji će, u konačnici, imati pozitivan utjecaj na ekonomiju europskih zemalja. Suradnja i kompatibilnost između GPS i Galileo sustava imat će još veći utjecaj u vidu mnogobrojnih tehničkih inovacija. Integracijom navedenih sustava razni navigacijski uređaji koji su danas ugrađeni u prijevoznim sredstvima, moći će točnije odrediti poziciju. Za razliku od američkog GPS sustava, Galileo u orbiti može doseći veću visinu što mu daje prednost na način da omogućuje šire vidno polje te time



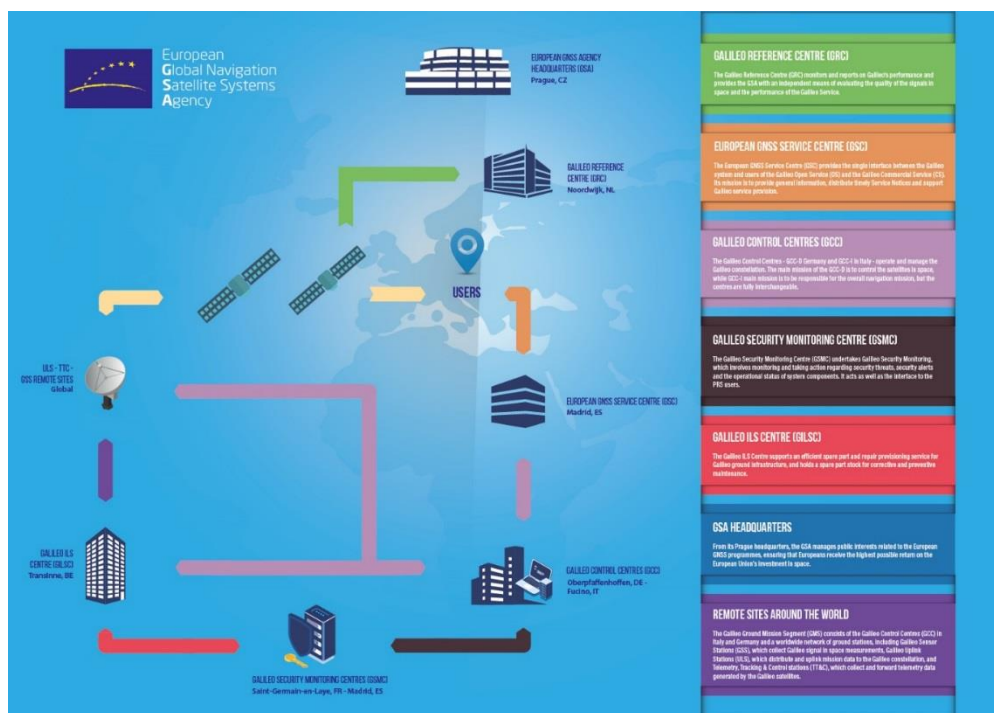
povećava šanse da se osoba nađe u dometu satelita. Najveća vrijednost Galilea, uz to što je napredniji i efikasniji sustav od svih drugih postojećih sustava, leži u činjenici da je on prvi navigacijski sustav kojim može upravljati civil, tj. osoba bez stručnog znanja. S obzirom da je EU vrlo uključena u tržište usluga praćenja i vremenskog određivanja te na činjenicu kako 8% njenog gospodarstva ovisi o dostupnosti globalnog navigacijskog sustava, nije čudno da je usmjerila svoje aktivnosti u smjeru razvitka sustava poput Galilea jer je zarada u tom polju golema te se u vidu toga procjenjuje da će do 2021. godine ukupna vrijednost tržišta navigacijskih usluga porasti na približno 260 milijardi eura. Praktične usluge koje Galileova poboljšana preciznost nudi su, na primjer, pomoć u kretanju ljudima s invaliditetom, mogućnost ostvarenja pametnih automobila bez vozača, sigurnije i učinkovitije upravljanje zračnim prometom te točnija navigacija i praćenje automobila (Izvor: GPS tracking).

Kontrolni segment (eng. GCC) Galileo sustava sastoji se od dvaju glavnih kontrolnih centara, oba se nalaze u Europi. Jedan se nalazi u Oberpfaffenhofenu, Njemačkoj, dok se drugi nalazi u Italiji, točnije u Fucinu. Svaki GCC dio raspolaže upravljačkim funkcijama koje podržava GCS ili zemaljski kontrolni segment i misijskim funkcijama koje podržavaju GMS ili zemaljski segment misije. GCS se brine za održavanje svemirskih letjelica i održavanje konstelacija pomoću mreže TT&Cs postaja koje se globalno distribuiraju dok navedene funkcije podrazumijevaju kontrolu i praćenje satelita i korisnog tereta, kao i funkcije planiranja i automatskih mogućnosti koje, pak, omogućuju sigurno i ispravno funkcioniranje i podršku operacija povezanih s korisnim teretom. GMS također određuje navigacijske i vremenske podatke kao dio navigacijskih poruka putem mreže GSS-ova te komunicira s Galileovim satelitima kroz mrežu Galileo Uplink stanica.

GMS i GCS povezuju satelite sa svjetskom mrežom zemaljskih postaja koje provode nadzorne i kontrolne funkcije GSS-a, ULS-a i TT&C-a. Galileo senzorske stanice (GSS) prikupljaju i prosljeđuju Galileo SIS mjerenja i podatke GCC-u u stvarnom vremenu. Uplink stanice (ULS) distribuiraju i povezuju podatke misije s konstelacijom Galileo i postaje za telemetriju, praćenje i kontrolu (TT&C) koje prikupljaju i prosljeđuju podatke o telemetriji koje generiraju Galileo sateliti te distribuiraju i nadopunjavaju kontrolne naredbe potrebne za održavanje Galileo satelita i konstelacija. Osnovnu

infrastrukturu Galilea nadopunjuju uslužni objekti koji podržavaju pružanje njegovih usluga (Izvor : EGSSA).

Jasno je kako je jedan takav navigacijski sustav i više nego složen te treba brojne funkcije kako bi mogao funkcionirati i raditi ono za što je namijenjen. Također, kao što je to prethodno navedeno, postoji niz objekata koji podržavaju pružanje usluga Galileo navigacijskog sustava.

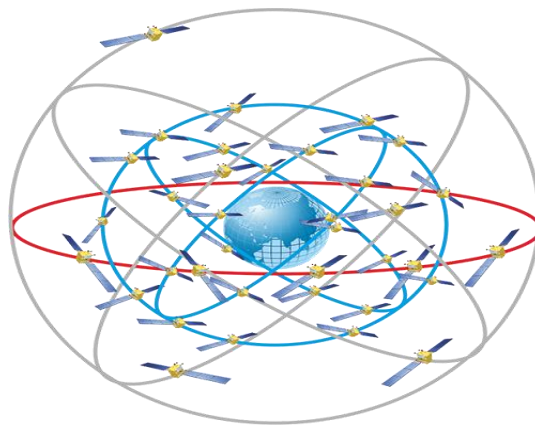


Slika 15. Dodatna infrastruktura za podršku Galileo navigacijskog sustava ([www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system](http://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system))

### 3.3 Compass (BeiDou)

Kineski navigacijski sustav, još poznat kao Compass ili BeiDou, pokriva Aziju te neke pacifičke zemlje. BeiDou navigacijski satelitski sustav trenutno se sastoji od 33 satelita u Zemljinoj orbiti, a planirano je da do kraja sljedeće godine ima 2 satelita više što bi mu na kraju trebalo omogućiti još veću preciznost od trenutno postojećih navigacijskih satelitskih sustava. BeiDou će se na kraju sastojati od 35 satelita u Zemljinoj orbiti raspoređenih na sljedeći način:

- 5 BeiDou-G satelita u geostacionarnoj orbiti (GEO) (58.75° E, 80° E, 110.5° E, 140° E and 160° E);
  - 27 BeiDou-M satelita u srednjoj Zemljinoj orbiti (MEO) (u tri ravnine s nominalnom visinom od 21.528 km i nominalnim vremenom od 12 sati i 53 minute s 55° relativnim nagibom u odnosu na ekvator);
  - 3 BeiDou-I satelita u nagibnim geosinkronim orbitama (IGSO) s nadmorskom visinom od 35.786 kilometara i nagibom od 55° prema ekvatorskoj ravnini.
- Podsatelitske trake se poklapaju, a geografska dužina točke presijecanja jest 118 °E (Izvor: glonass.ru –Beidou).



*Slika 16. Konstelacija BeiDou satelita (Izvor: [www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php](http://www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php))*

Geostacionarna orbita je kružna orbita koja se nalazi u ravnini ekvatora na točno određenoj visini od kojih 35 800 km iznad Zemlje. Ta je orbita jedinstvena po svojim karakteristikama koje posebno smještaju satelit za međunarodne komunikacije (Izvor: Geostacionarna orbita). Kao što kaže sama riječ, srednja Zemljina orbita ili (eng. Medium Earth Orbit) nalazi se između niske Zemljine orbite te gore navedene geostacionarne orbite koja počinje na 35.800 km od Zemljine površine.

### 3.4 Glonass sustav

Glonass je ruski navigacijski sustav koji je također razvila vojska u sovjetsko doba te je isto tako kasnije postao dostupan u civilne svrhe, posebno nakon uvida u njegovu ekonomsku korist. Zbog raspada Sovjetskog Saveza koji ga je i počeo razvijati, uz Rusiju pokriva i bivše zemlje Sovjetskog Saveza. Poznato je da sateliti odašilju signale na dvjema frekvencijama L1 i L2 koje se razlikuju upravo po kodiranju signala koji se šalje kontrolnim centrima. Postoje još neke vrste satelitskih frekvencija: L3, L4 i L5. Sve većom modernizacijom Glonass satelitskog navigacijskog sustava otvorena je mogućnost odašiljanja signala na novoj frekvenciji, kao i kod ostalih kao što su GPS, Galileo te BeiDou, po čemu je Glonass i bio različit. Ono po čemu se Glonass razlikovao od ostalih satelitskih sustava prije modernizacije je to što Glonass sateliti odašilju isti PRN kod, ali svaki satelit na različitoj frekvenciji. Tehnika koja se primjenjuje za razlikovanje emitiranih signala s različitih satelita naziva se tehnika višestrukog pristupa s frekvencijskom raspodjelom (Frequency Division Multiple Access – FDMA). Svi ostali GNSS-i (GPS, Galileo, BeiDou) primjenjuju kodnu tehniku CDMA (Code Division Multiple Access) kojom sateliti simultano odašilju signale na jednoj frekvenciji bez njihove međusobne interferencije (Zrinjski i dr., 2019: 50-51).

Kod već spomenute modernizacije i produživanja radnog vijeka satelita jedna od bitnih činjenica Glonass sustava je da su opremljeni drugim civilnim signalom L2OF koji je civilnim korisnicima omogućio eliminaciju ionosferskoga kašnjenja. Noviji sateliti Glonass-M, lansirani od 2014. godine, opremljeni su i CDMA signalom na L3 frekvenciji (1202,025 MHz) (Zrinjski i dr., 2019: 51).

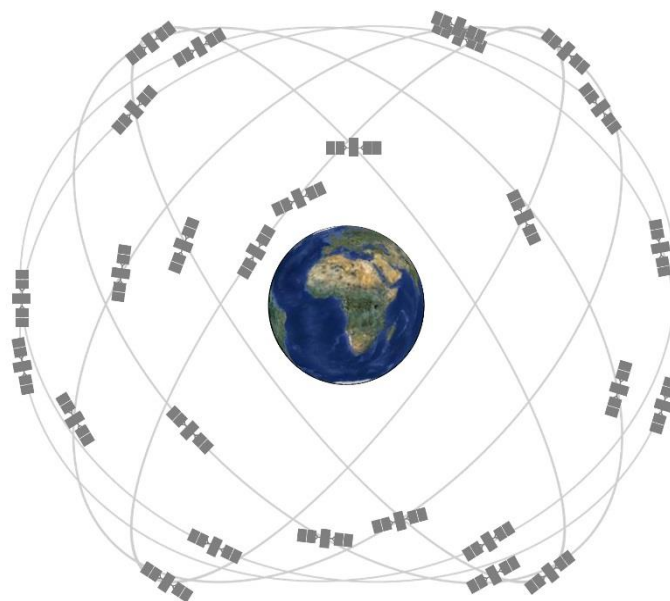
Daljnjom modernizacijom ovog sustava, kao i drugih sustava, te njihovom međusobnom kompatibilnošću otvoren je put k određivanju boljeg signala i prikupljanja točnijih informacija koje će, zasigurno, ostaviti još veći trag na svjetskoj ekonomiji, poglavito u prometu te onom najvažnijem spašavanju i traganju za ljudima.

### 3.5 Navstar (GPS)

Jedan od najpoznatijih globalnih satelitskih navigacijskih sustava čija se kratica (eng. GPS – Global Positioning System) općenito poistovjećuje za navigacijski sustav iako postoje i koriste se brojni drugi razvijeni navigacijski sustavi. Prvenstveno se u 20. stoljeću razvijao u vojne svrhe, kao i Glonass, no uvidom u mnogobrojne koristi postao je dostupan svima. Kako ne bi zaostajao u modernizaciji, nasuprot ostalim navigacijskim sustavima, donosene su odluke o:

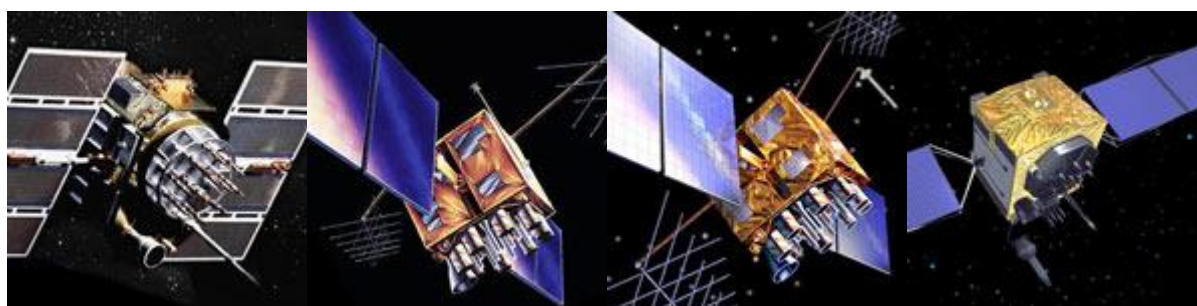
- Prvi i najvažniji korak u poboljšanju točnosti sustava bila je odluka američkog predsjednika Billa Clintona o ukidanju namjerne degradacije SA (Selective Availability) navigacijske točnosti civilnog signala L1 C/A koja je donesena 2. svibnja 2000. godine (Zrinjski i dr., 2019: 47).
- Sljedeći korak u modernizaciji bio je uvođenje novoga civilnog signala L2C na osam satelita Blok IIR-M i trećega civilnog signala L5 na 12 satelita Blok IIF. Najnovija generacija GPS satelita Blok IIIA i Blok IIF emitirat će i četvrti civilni signal L1C. Dana 23. prosinca 2018. godine uspješno je lansiran prvi satelit Blok IIIA te je u fazi testiranja i puštanja u rad, a planira se lansirati još 9 Blok IIIA i 22 Blok IIF satelita (*loc. cit.*, str. 47).

Gledajući u cjelini, prepoznata je sve važnija uloga ovakvih satelitskih navigacijskih sustava. Trenutno GPS sateliti lete u srednjoj Zemljinoj orbiti (MEO) na visini približno od 20.200 km. Svaki satelit obiđe Zemlju dva puta u jednome danu (Izvor: GPS Space Segment).



*Slika 17. Konstelacija 24 satelita u Zemljinoj orbiti (Izvor: [www.gps.gov/systems/gps/space/](http://www.gps.gov/systems/gps/space/))*

Konstelacija satelita (Slika 18.) proširena je 2011. godine za tri nova satelita, stoga je šest već postojećih satelita postavljeno na nove pozicije kako bi se napravilo prostora za tri nova satelita. Tijekom 2019. godine ukupan broj aktivnih satelita narastao je na brojku od 31 satelita u Zemljinoj orbiti, od toga 19 satelita su novi sateliti verzija BLOCK IIR\_M, BLOCK IIF nakon modernizacije te 12 satelita starijih verzija BLOCK IIA i BLOCK IIR. Ovom modernizacijom preko satelita verzije BLOCK IIF civilni korisnici dobili su mogućnost korištenja signala na novoj frekvenciji L5 koji imaju predviđeni životni vijek od 12 godina dok su sadržane frekvencije L1 i L2 preko satelita starijih verzija. BLOCK IIR-M podržava jači signal za vojne svrhe i pruža L2C (ibid, GPS Space Segment).



*Slika 18. Prikaz satelita BLOCK IIA, BLOCK IIR, BLOCK IIR-M i BLOCK IIF (Izvor: [www.gps.gov/systems/gps/space/](http://www.gps.gov/systems/gps/space/))*

L2C je načinjen isključivo za komercijalne potrebe kao drugi civilni GPS signal, a ime mu je dano po radiofrekvenciji 1227 MHz ili pak L2 koju njegov signal koristi i prirodi namjene (Izvor: GPS New Civil Signals). Signal za komercijalne svrhe mora biti pogodan za gusto naseljena područja što znači da mora biti dostupan unutar zgrada, podzemnih garaža i podzemnih željeznica. Također, uz brojne prednosti ima i veliku procijenjenu ekonomsku korist od uvođenja signala. Također, postoji još jedna verzija signala L1C. L1C signal namijenjen je u civilne i komercijalne svrhe kao L2C. No, za razliku od L2C signala, L1C je načinjen tako da omogućava interoperabilnost GPS-a i internacionalnih navigacijskih satelitskih sustava. L1 je dobio ime po frekvenciji koju koristi signal 1575 MHz ili L1 i svojoj civilnoj namjeni (ibid, GPS New Civil Signals). Uz sve gore navedeno o L1C signalu, treba još samo reći da će u gradu i dr. izazovnim okruženjima dizajn poboljšati prijem mobilnog GPS-a. L1C je primarno proizveden kao civilni signal za GPS i Galileo. Slične signale L1C sustavu polako počinju prihvaćati i koristiti Japanski Quasi-Zenith satelitski sustav (QZSS) i kineski BeiDou sustav (ibid, GPS New Civil Signals). No, još bolju pokrivenost i dostupnost signala možemo dobiti kombinacijom različitih satelitskih navigacijskih sustava.

Nastavljanjem prema daljnjoj modernizaciji 2018. godine lansiran je satelit koji sadrži sve vrste signala prethodnih satelita, uključujući i spomenuti L1C namijenjen u civilne te komercijalne svrhe. Sadrži poboljšanu preciznost signala, pouzdanost, integritet, dizajn te traje duplo više od svojih prethodnika, a to je 15 godina.



*Slika 19. GPS III/IIIF Satelit, lansiran 2018. godine (Izvor: [www.gps.gov/multimedia/images/launch-dec18.jpg](http://www.gps.gov/multimedia/images/launch-dec18.jpg))*

Kada se usporede L1C i L2C, zasigurno je L2C napredniji, a „ono što L2C čini naprednijim i vrijednijim od L1C/A, jest njegova sposobnost da ima veći raspon signala, kako u unutarnjem tako i u vanjskom okruženju. Procjena Odjela za trgovinu navodi kako bi L2C u sljedećih jedanaest godina mogao doseći zaradu od 5,8 milijardi američkih dolara opće ekonomske koristi (ibid, GPS New Civil Signals).

Uz L2C (drugi civilni signal) treba svakako spomenuti i treći civilni signal L5 koji je pretežito namijenjen i posebno osmišljen u svrhu ispunjenja naprednih zahtjeva za razne aplikacije visokog performansa. Razne su prednosti uvođenja nove frekvencije za bolju komunikaciju i samim time sigurnijeg komercijalnog djelovanja, kao što se L5 emitira u radijskom pojasu rezerviranom isključivo za zrakoplovne sigurnosne službe što posjeduje povećanu snagu, veći bandwidth i napredni dizajn signala. Noviji zrakoplovi trebali bi koristiti L5 zajedno s L1 C/A za poboljšanje preciznosti s pomoću ionsferske korekcije i robusnosti redundantnog signala (ibid, GPS New Civil Signals).

## 3.6 Regionalni navigacijski sustavi

### 3.6.1 IRNSS

IRNSS (eng. Indian Regional Navigation Satellite System) je indijski navigacijski sustav koji je razvila Indija. Dizajniran je za pružanje točnih informacija o poziciji korisnicima u Indiji i regiji do 1.500 km izvan područja za koje je prvobitno i namijenjen. IRNSS pruža dva tipa usluga, prvenstveno tzv. SPS (Standard Positioning Service) koji je dostupan svim korisnicima te tzv. RS (Restricted Service), kodiranu uslugu koja je dostupna ovlaštenim korisnicima (Izvor: Government of India). Prema navedenim informacijama, moguće su sljedeće primjene:

- u kopненоj, zračnoj i pomorskoj navigaciji,
- kod upravljanja u kriznim situacijama,
- kod praćenja vozila ili skupine vozila,
- kod integriranja tehnologije u mobilne uređaje,
- točnog određivanja vremena,
- povezivanja i pohrane geodetskih podataka,



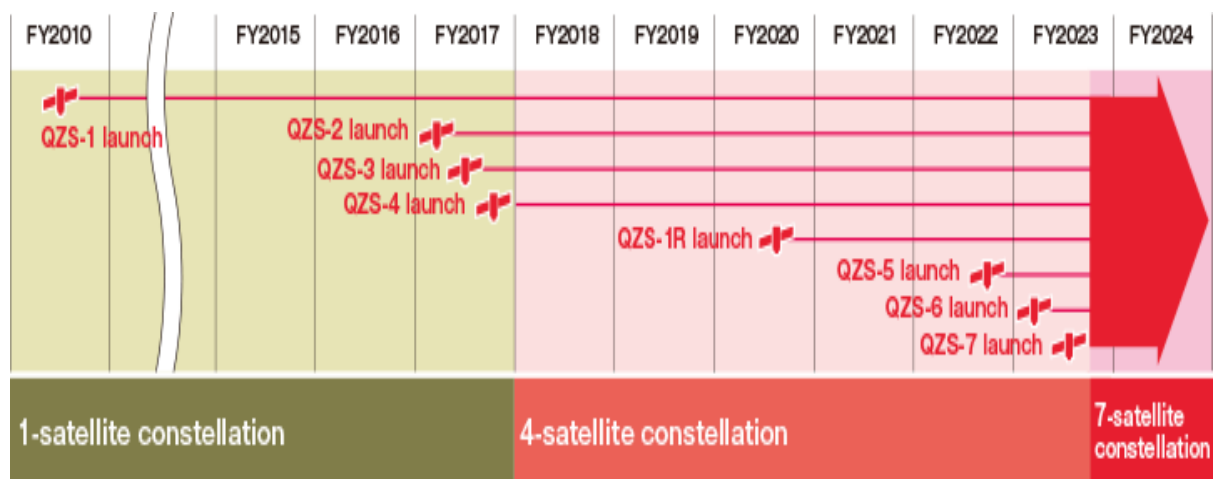
- pomoći kod navigacije u planinarenju,
- vizualne i glasovne navigacije u vozilima (ibid, Government of India).

Kao i kod ostalih navigacijskih sustava postoje svemirski, kontrolni te korisnički segment. Dok su korisnički i kontrolni segment uglavnom slični, najviše se razlika kod svakog navigacijskog sustava očituje u svemirskom segmentu. Tako se za IRNSS svemirski segment može reći: „da se svemirski dio sastoji od IRNSS konstelacije osam satelita, NavIC. Tri satelita smještena su u odgovarajućim orbitalnim prorezima u geostacionarnoj orbiti, četiri satelita nalaze se u geosinkronim orbitama s potrebnim nagibom i ekvatorijalnim križanjem u dvije različite ravnine, a tri satelita smještena su u odgovarajućim orbitalnim prorezima u geostacionarnoj orbiti (ibid, Government of India). Za SPS signal koji je dostupan svima može se reći da se SPS usluga odašilje u L5 (1164.45 – 1188.45 MHz) i S (2483.5 – 2500 MHz) opsezima (Indian Space Research Organization Bangalore, 2017.).

### 3.6.2 QZSS

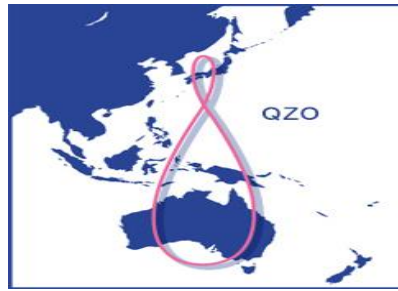
Odgovarajući na poteze vodećih svjetskih sila, koje su razvile svoje navigacijske sustave, nije se trebalo dugo čekati i na odgovor Japana koji je krajem 2018. godine razvio svoj satelitski navigacijski sustav po imenu QZSS (Quasi-Zenith Satellite System). Ovaj sustav primarno je razvijen da pokriva istočnu Aziju i Pacifik. Inače, to su područja u kojima Japan ima ekonomskih interesa. Ovaj navigacijski sustav čine četiri satelita imena Mickibiki što na japanskom znači vodstvo. QZSS ima barem jedan od trenutno četiriju satelita Mickibiki uvijek nad Japanom. Posebnim prijamnicima sateliti mogu smanjiti granice pogreške na 10 centimetara. QZSS se može koristiti zajedno s GPS-om, osiguravajući dovoljan broj satelita za stabilno, visoko precizno pozicioniranje. QZS je kompatibilan s GPS-om, a prijamnike se može nabaviti po niskoj cijeni tako da se očekuje da će se razvijati informacije o položaju koje koriste geografske i prostorne podatke (Izvor: QZSS).

Kombinacijom ovih dvaju satelitskih navigacijskih sustava osigurat će se veća preciznost zbog čega može imati i veću ekonomsku ulogu. Kao što je navedeno, trenutno postoje četiri satelita u orbiti, od toga su tri satelita vidljiva konstantno na području Azijsko-pacifičke regije. Sljedeća slika prikazuje plan i razvoj satelitsko-navigacijskog sustava QZSS:



Slika 20. Planirani razvoj QZSS sustava  
(Izvor: [qzss.go.jp/en/overview/services/sv01\\_what.html](http://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html))

Kontrolni segment QZSS-a sastoji se od dvaju glavnih kontrolnih centara, sedam satelitskih kontrolnih postaja postavljenih uglavnom na jugo-zapadu Japana te 30 stanica za nadzor širom svijeta. Neki od signala koji se odašilju na različitim frekvencijama uz kompatibilnost GPS-a su: L1C/A, L1SM, L1Sb, L2C, L5 I/Q, L5S, L6D i L6E na frekvencijama od 1575.42 MHz do 1278.75MHz (Masaharu, 2018). Kako se regija koju pokriva ovaj sustav nalazi na trusnom području gdje se sudaraju tektonske ploče, učestali su jači potresi koji znaju uzrokovati i tsunami. Upravo zbog pojave tzv. „*tsunamija*“, velikog plimnog vala, itekako je važno imati dobar sustav koji može brzo prenositi važne informacije. Područje na kojem je QZSS uglavnom dostupan je prikazano na sljedećoj slici:



Slika 21. Dostupnost signala QZSS satelita (Izvor: [qzss.go.jp/en/overview/services/sv02\\_why.html](http://qzss.go.jp/en/overview/services/sv02_why.html))

### 3.7 Dopune satelitskim navigacijskim sustavima

Kako bi se poboljšala preciznost satelitskih navigacijskih sustava kao što je Galileo, GPS, Glonass ili BeiDou koriste se tzv. SBAS sustavi (eng. „Satellite Based Augmentation System“) koji upravo nastoje korigirati podatke te povećati samu preciznost podataka pomoću zemaljskih referentnih stanica. Neki od takvih sustava su: EGNOS (eng. „European Geostationary Navigation Overlay Service“), zatim američki WAAS (eng. „Wide Area Augmentation System“), japanski MSAS, ruski SDCM, hrvatski Cropos itd.



Slika 22. Pokrivenost SBASS sustavima (Izvor: [www.sincron-sistemi.it/news/gnss-e-robotica](http://www.sincron-sistemi.it/news/gnss-e-robotica))

### 3.7.1 EGNOS

EGNOS je europski SBAS koji nastoji poboljšati karakteristike satelitskih navigacijskih sustava kao što je Galileo koji se nadopunjava američkim GPS-om. EGNOS se sastoji od nekoliko segmenata. Zemaljski segment (eng. „Ground segment“) se sastoji od 40 nadzornih stanica, zatim dvaju kontrolnih centara i šest prizemnih navigacijskih postaja (eng. „Navigation Land Earth Stations“) te EWAN-a (eng. „EGNOS Wide Area Network“) koja pruža i osigurava komunikaciju između svih komponenti na Zemlji. Glavna funkcija nadzornih stanica je prikupljanje podataka koje šalju GPS sateliti te odašiljanje tih neobrađenih podataka svake sekunde u središnji dio za obradu podataka (eng. „CPC – Central Processing Facilities“) svakog kontrolnog centra (MCC). Dva kontrolna centra koja zaprimaju podatke, obrađuju i povećavaju točnost tih podataka te ih uz pomoć šest prizemnih navigacijskih postaja odašilju GEO satelitima koji ih šalju korisnicima uz prethodnu sinkronizaciju tih signala (Izvor: EGNOS System).

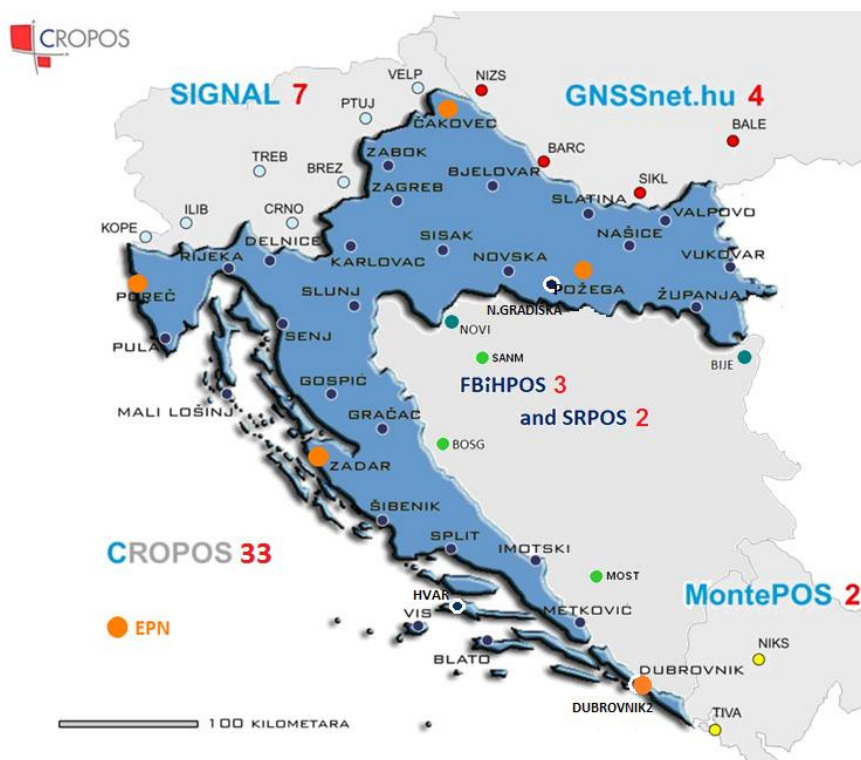


Slika 23. EGNOS kontrolni segment (Izvor: [www.gsa.europa.eu/european-gnss/egnos/egnos-system](http://www.gsa.europa.eu/european-gnss/egnos/egnos-system))

### 3.7.3 Cropos

Tijekom 2008. godine, Državna geodetska uprava uspostavila je CROPOS (CROatian POSitioning System) sustav. CROPOS – hrvatski pozicijski sustav je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske koji omogućava određivanje položaja u realnom vremenu, s točnošću od 2 cm u horizontalnom smislu te 4 cm u vertikalnom smislu. Na čitavom području države (Marjanović, 2010: 28).

Na sljedećoj slici prikazane su referentne stanice diljem Republike Hrvatske kojih ima sveukupno 33 te nazivi susjednih GNSS sustava s kojima je Cropos ostvario suradnju u vidu razmjene podataka prikupljenih s referentnih stanica u regiji kao što su slovenski SIGNAL, crnogorski MontePOS, mađarski GNSSnet.hu itd.:



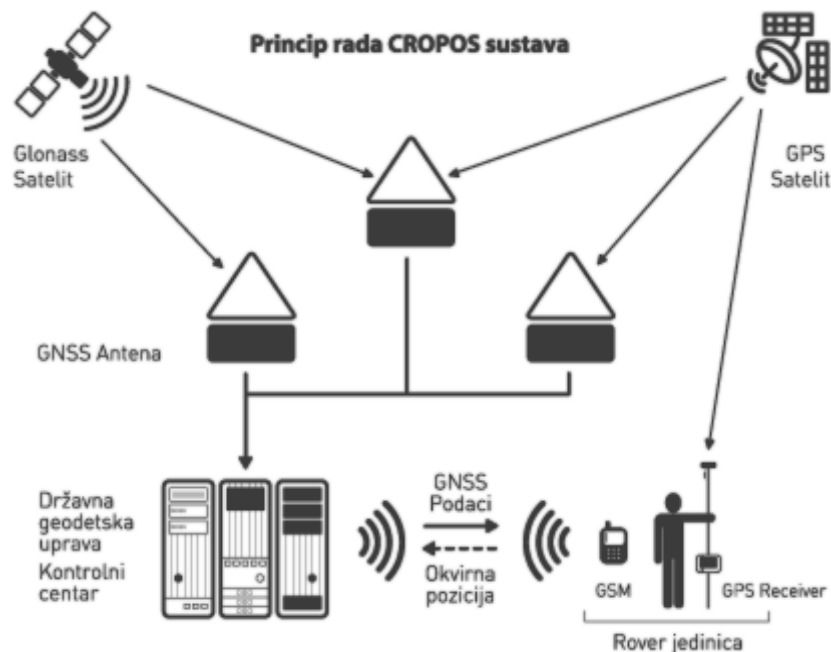
Slika 24. Prikaz referentnih stanica u RH (Izvor: [www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske](http://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske))

Neke od navedenih karakteristika Cropos sustava:

- prikupljanje podataka 33 referentne GNSS stanice,

- razmjena podataka mjerenja referentnih GNSS stanica sa susjednim zemljama u realnom vremenu,
- umrežavanje i računanje korekcijskih parametara u realnom vremenu,
- distribucija podataka mjerenja i korekcijskih parametara korisnicima u realnom vremenu,
- distribucija podataka mjerenja korisnicima za *postprocessing* obradu,
- praćenje rada sustava i podrška korisnicima
- dostupnost sustava 24 h / 7 dana (Izvor: CROPOS)

Na sljedećoj slici prikazan je rad Cropos sustava koji koristi mrežu od 33 referentne stanice kako bi navigacijski satelitski signal koji se nadopunjuje Croposom, nakon korigiranja poboljšao samu točnost i preciznost signala.



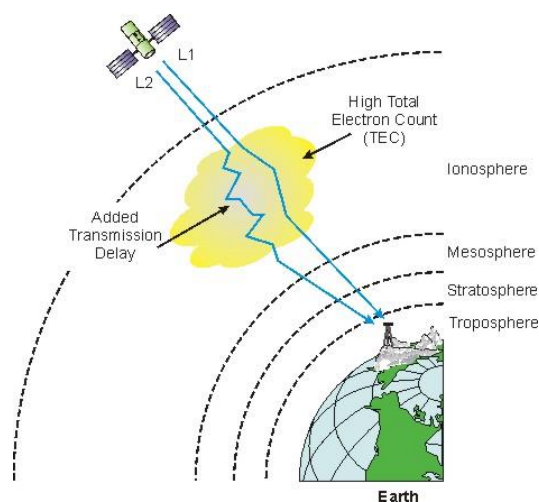
Slika 25. Princip rada Cropos sustava (Izvor: [www.cropos.hr/o-sustavu/koncept-umrezenih-referentnih-stanica](http://www.cropos.hr/o-sustavu/koncept-umrezenih-referentnih-stanica))

### 3.8 Greške kod prijema signala

Kod svakodnevne komunikacije korištenjem razne tehnologije moguće su pojave smetnji pa tako i kod slanja satelitskog signala prema zemaljskim kontrolnim centrima. Jedna je od ranije navedenih grešaka, vezana za slanje signala, i

ionosfersko kašnjenje. Sam pojam ionosfere definiran je kao električni vodljivi sloj Zemljine atmosfere na visini od 60 do 400 km (prema nekima ionosfera uvis nije ograničena) u kojem su plinovi ionizirani pod djelovanjem Sunčeva ultraljubičastoga zračenja i kozmičkoga zračenja. Položaj i svojstva ionosfere mijenjaju se ovisno o dobu dana, godišnjem dobu i Sunčevoj aktivnosti. Ionizacija atmosferskih plinova najjača je kada je najjače Sunčevo zračenje, u podne, a tijekom noći prevladava rekombinacija (spontano spajanje elektrona i pozitivnih iona u neutralne atome i molekule). Niži slojevi ionosfere, u kojima se zbog veće gustoće plinova rekombinacija odvija brže, potpuno iščezavaju (Izvor: Hrvatska enciklopedija – ionosfera).

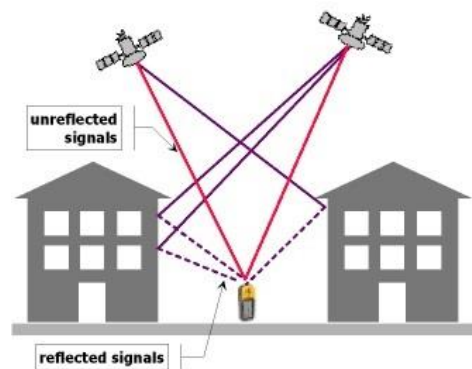
Osim ionosferskog kašnjenja, javljaju se greške i zbog tzv. šuma prijemnika, troposferskog kašnjenja, pogreške sata prijamnika itd. Nekoliko je načina ispravljanja ionosferske pogreške, a jedan od tih načina bio bi i korištenje dvofrekvencijskih prijamnika. Ionosfersko kašnjenje ovisno je o frekvenciji signala. Na tom principu temelji se uklanjanje ionosferske pogreške kod dvofrekvencijskih prijamnika, kod kojih se usporedbom kašnjenja signala na dvije frekvencije može odrediti iznos ionosferskog kašnjenja (Vuković, 2012). Prikazanim na sljedećoj slici također je vidljivo kako je ionosfersko kašnjenje ovisno i o frekvenciji koja se šalje prema Zemlji kroz ionosferu, a koja se nalazi na visini između 60 i 400 km od Zemljine površine.



Slika 26. Slanje signala kroz ionosferu (Izvor: [www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-Ionospheric-Delay-Definition.html](http://www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-Ionospheric-Delay-Definition.html))

Osim ionosferske pogreške, primjerice u gusto naseljenim područjima koja karakteriziraju visoki neboderi, moguća je pojava refleksije signala. Refleksija signala

izaziva kašnjenje signala s obzirom na originalni signal zbog čega su moguće greške u prijemu unutar nekoliko metara (Izvor: AboutCivil).

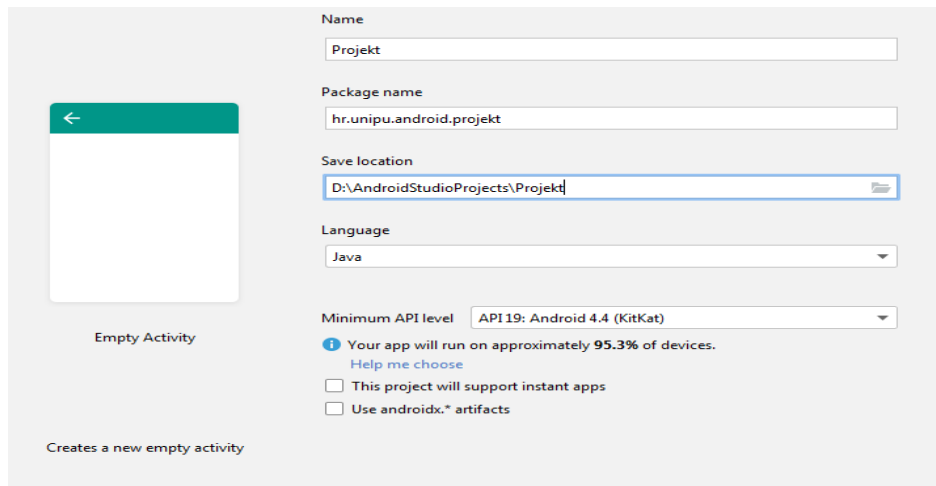


Slika 27. Refleksija signala (Izvor :[www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html](http://www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html))

## 4. GPS U PRIMJENI

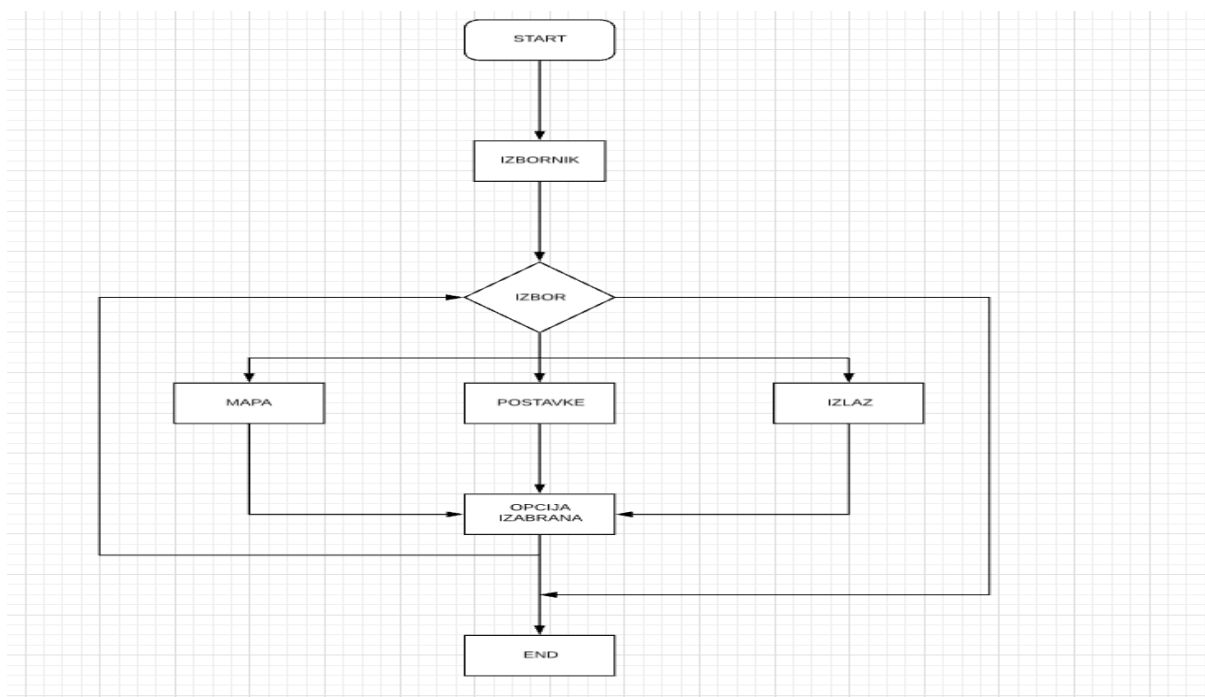
Danas se neke od mnogobrojnih primjena GPS-a ponajprije očituju u kopnenom prijevozu. Primjeri nekih aplikacija koje se danas koriste te su vrlo popularne temelje se i na korištenju GPS-a aplikacije: Uber koji nudi taxi usluge, Google Maps koji pruža lokacijske usluge i navigaciju. GPS se također koristi i za praćenje vozila kompanija, u potragama i spašavanjima itd. Cilj ovog projekta je prikazati prikupljanje i upotrebu GPS podataka kako bi se odredila lokacija na način koji to rade danas popularne aplikacije kao što je to već navedena aplikacija Uber za prijevoz putnika. Podatci koje prikupi aplikacija mogu se iskoristiti, na primjer, za prikaz nove biciklističke rute koju treba zapamtiti te poslije prikazati u jednom od programskih alata. Za izradu ove aplikacije korišten je objektno orijentirani programski jezik Java koji je pisan u alatu Android studio trenutno aktualne verzije 3.4.2. Potrebno je kreirati Google API ključ kako bi se dobio pristup lokacijskim uslugama te ga je potrebno kopirati u .xml datoteku. Kako bi se aplikacija mogla pokrenuti na što više uređaja prilikom kreiranja projekta izabran je API 19, tj. verzija 4.4 androida poznata pod nazivom „Kit Kat“. Dakle, prilikom kreiranja projekta izabrana je verzija android operacijskog sustava koji se može pokrenuti na otprilike 95.3% mobilnih uređaja što je vidljivo sa sljedeće slike.





Slika 28. Kreiranje projekta (Izvor: obrada autora)

#### 4.1 Struktura aplikacije



Slika 29. Dijagram glavnog izbornika aplikacije (Izvor: obrada autora)

Kroz glavni izbornik korisnik može otvoriti mapu s prikazom trenutne lokacije na kojoj se nalazi. Nakon odabira bilo koje od ponuđenih opcija, korisnik se može vratiti na početni ekran pritiskom na gumb natrag ili izaći iz aplikacije.



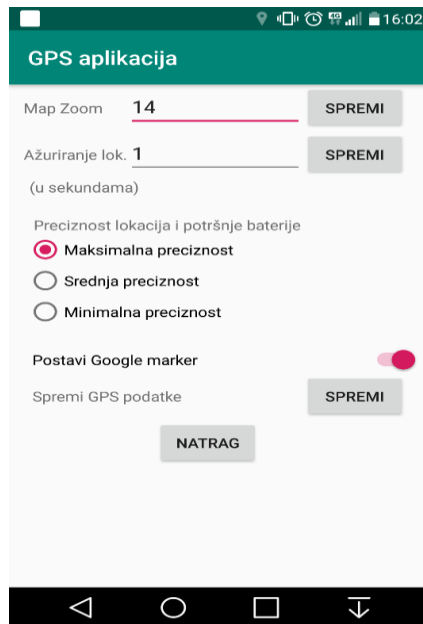
*Slika 30. Glavni izbornik aplikacije (Izvor: obrada autora)*

Nakon što korisnik odabere opciju „Mapa“, otvara se satelitski prikaz područja na kojem se korisnik nalazi s označenom točnom lokacijom korisnika. Također, u gornjem desnom kutu nalazi se gumb koji vraća fokus ekrana na točnu lokaciju korisnika. Sljedeća slika pokazuje lokaciju koja je označena markerom radi bolje uočljivosti lokacije.



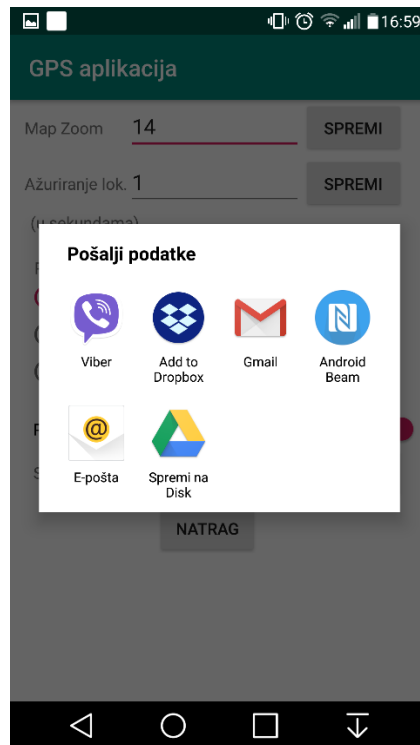
Slika 31. Prikaz lokacije korisnika

U opcijama postavki korisnik može odrediti kakav početni „zoom“ želi svaki put kada otvori mapu, nakon koliko sekundi započinje ažuriranje, tj. dohvaćanje trenutne lokacije. Korisnik može odrediti preciznost dohvaćanja vlastite lokacije te su mu ponuđene sljedeće opcije: maksimalna, srednja i minimalna preciznost. Maksimalna preciznost koristi sve moguće dostupne načine dohvaćanja lokacije, putem GPS signala, bežičnog interneta (eng. „wifi“), telekomunikacijske stanice. Srednja se preciznost oslanja uglavnom na GPS signal te bežični internet ako je dostupan dok se opcija minimalne preciznosti oslanja na telekomunikacijske stanice. Svaka od ponuđenih opcija utječe i na potrošnju baterije uređaja pa je logično da najbolja moguća preciznost troši i najviše baterije dok minimalna preciznost koja daje grubu lokaciju korisnika troši najmanje baterije. Korisnik također može zabilježiti svoje kretanje i pohraniti GPS koordinate otvaranjem izbornika s instaliranim aplikacijama na mobilnom uređaju.



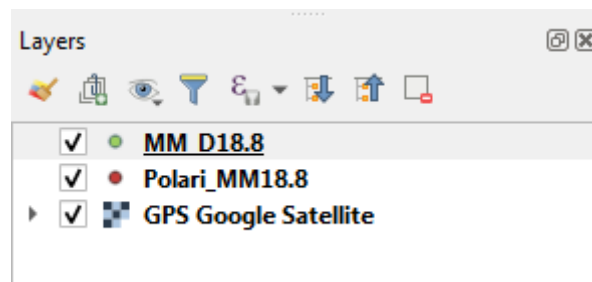
Slika 32. Prikaz ekrana s postavkama (Izvor: obrada autora)

Sve opcije koje korisnik odabere mogu se pohraniti kako ne bi bilo potrebno ponovno ih postavljati prilikom svakog pokretanja aplikacije. Kako bi se ovo moglo ostvariti, aplikacija koristi tzv. dijeljenje postavki, pri čemu se podatci pohranjuju u obliku ključ – vrijednost i gdje je ključ tipa podatka „string“ dok se vrijednost može prikazati u bilo kojem od postojećih primitivnih tipova podataka. Ako je korisnik odabrao mogućnost spremanja podataka, otvara se nova aktivnost te su korisniku ponuđene aplikacije koje ima instalirane na mobitelu i preko kojih može podijeliti ili spremiti podatke. Sljedeća slika prikazuje nekoliko ponuđenih aplikacija preko kojih je moguće izvesti podatke ili ih podijeliti, u ovom primjeru korišten je cloud servis dropbox.



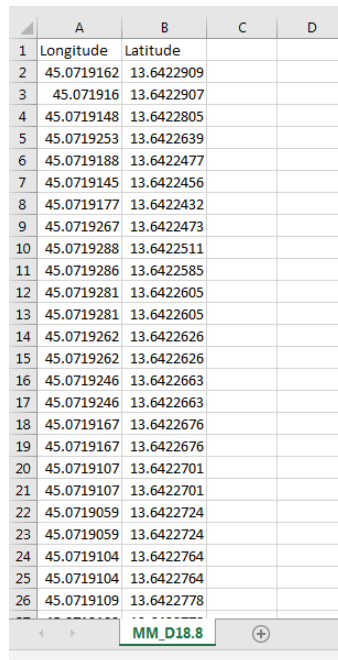
Slika 33. Slanje GPS podataka (Izvor: obrada autora)

Nakon što su podatci uspješno pohranjeni na cloud servis, isti su učitani u programski alat QGis verzije 3.4.1 Madeira kako bi se prikazala preciznost zabilježenog kretanja, kao i mogućnost grafičkog prikaza ukoliko je to potrebno, naprimjer, ucrtavanje biciklističke staze koju se želi zapamtiti. Podatci prikupljeni u obliku GPS podataka sastoje se od atributa širine i dužine te su zajedno sa slojem mape prikazani u WGS84 formatu.



Slika 34. Prikaz učitanih slojeva (Izvor: obrada autora)

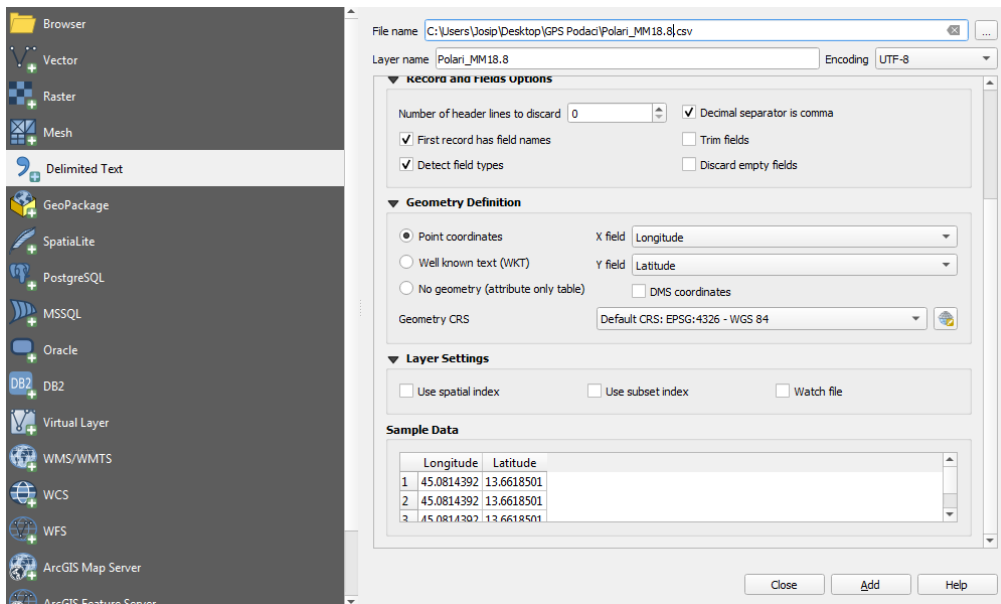
Prikupljeni podatci prikazani su u programskom alatu QGIS te označeni žutom bojom (Slika 37.). Podatci prikazani crvenom bojom (Slika 37.) spremljeni su u zasebnu CVS datoteku.



	A	B	C	D
1	Longitude	Latitude		
2	45.0719162	13.6422909		
3	45.071916	13.6422907		
4	45.0719148	13.6422805		
5	45.0719253	13.6422639		
6	45.0719188	13.6422477		
7	45.0719145	13.6422456		
8	45.0719177	13.6422432		
9	45.0719267	13.6422473		
10	45.0719288	13.6422511		
11	45.0719286	13.6422585		
12	45.0719281	13.6422605		
13	45.0719281	13.6422605		
14	45.0719262	13.6422626		
15	45.0719262	13.6422626		
16	45.0719246	13.6422663		
17	45.0719246	13.6422663		
18	45.0719167	13.6422676		
19	45.0719167	13.6422676		
20	45.0719107	13.6422701		
21	45.0719107	13.6422701		
22	45.0719059	13.6422724		
23	45.0719059	13.6422724		
24	45.0719104	13.6422764		
25	45.0719104	13.6422764		
26	45.0719109	13.6422778		

Slika 35. Prikupljeni GPS podatci

Prethodno, podatci su učitani iz excel datoteke u CVS formatu koja sadrži dva atributa – širinu i dužinu. Važno je pod odjeljkom „*File Format*“ odabrati opciju CVS za način učitavanja podataka te za X i Y koordinate unutar odjeljka „*Geometry Definition*“ pravilno dodijeliti stupce kako bi koordinate prikazale točne lokacije. Na samom dnu prozora u odjeljku „*Sample Data*“ mogu se vidjeti podatci koje se želi ubaciti. Pod opcijom „*Geometry CRS*“ može se odabrati format prikaza prikupljenih podataka.



*Slika 36. Učitavanje CVS datoteke (Izvor: obrada autora)*

Nakon što su podaci uspješno učitani, prikazani su u zasebnom sloju koji se nalazi nad slojem mape. Sljedeća slika prikazuje GPS podatke prikupljene opcijom maksimalne preciznosti koja se može odabrati u postavkama aplikacije.



*Slika 37. Prikaz GPS podataka aplikacije (Izvor: obrada autora)*

## 5. ZAKLJUČAK

Geografsko-informacijski sustavi imaju široku primjenu u različitim područjima, poput telekomunikacija, geodezije, prometa i brojnim drugima te kao takvi daju svoj doprinos tehnološkom razvoju današnjice. Isto tako, mogu se iskoristiti u znanstvenim istraživanjima, upravljanju resursima i planiranju razvoja te su nezaobilazni u prostornim analizama. Takav sustav počiva na prostornoj dimenziji, pri čemu se podatci smještaju na određenu lokaciju i tim dijelom ulazi u spregu i integraciju s GPS sustavom. GPS sustav se jednostavno nametnuo i promijenio je način na koji GIS korisnici prikupljaju i upravljaju prostornim podacima. GPS sustav daje ono što je potrebno GIS sustavima – informaciju koju daje o lokaciji na površini zemaljske kugle (koordinate). Dobivenim koordinatama dobivamo točnu i preciznu lokaciju. Ovdje svakako moramo naglasiti veliku preciznost koju pruža GPS sustav GIS sustavima i njihovim korisnicima koji razvijaju nove metode za poboljšanje kvalitete postojećih prostornih podataka u njihovim sustavima. Također, i GPS korisnici mogu bilježiti svoje lokacije u stvarnom vremenu na GIS poslužiteljima.

Koliko je bitna informacija o određenoj lokaciji i koliko je bitan globalni sustav pozicioniranja, dovoljno govori to što su sve ekonomski i politički jake zemlje razvile ili razvijaju svoj globalni sustav pozicioniranja kako, u nekom trenutku možebitnih zahlađenja političkih odnosa između zemalja, ne bi ostale bez informacija o preciznoj lokaciji. Tako danas u Zemljinoj orbiti imamo preko 120 satelita koji opslužuju korisnike bilo regionalno ili globalno, a vlasnici tih satelita su: SAD, Rusija, Europska unija, Kina, Indija i Japan.

U današnje vrijeme identifikacija objekata i davanje koordinata tim objektima na površini zemaljske kugle uz pomoć globalnih i regionalnih sustava pozicioniranja, može dati prednost u mnogim sferama života i ljudskih djelatnosti te u nekim određenim trenucima posjedovanje takve informacije može biti krucijalno onome tko njome raspolaže.

Tim informacijama o lokaciji pomoću GIS alata dodajemo jednu novu dimenziju gdje lokacija u prostoru dobiva atribute koji opisuju navedenu lokaciju. Prostorne informacije daju novu dimenziju određenoj lokaciji i mogu omogućiti neslućene mogućnosti. Na temelju tih prostornih informacija i njihovom usporedbom može se



doći do rezultata koji, na kraju, mogu donijeti, na primjer, bolje poslovne rezultate i prednost pred konkurencijom na tržištu, analizu tla koja je pogodna za gradnju, vojnu nadmoć u određenom trenutku i slično.

Jedno je sigurno, GIS alati bez globalnog sustava pozicioniranja ne bi bili ono što su danas te bi razvoj i napredak bili onemogućeni.

## 6. Popis literature

### Literatura

#### Knjige

1. Curtis, Gregory. *The Cave Painters: Probing the Mysteries of the World's First Artists*, NY, USA, 2007.
2. Heywood Ian, Cornelius Sarah, Carver Steve, *An Introduction to Geographical Information Systems*, Third Edition, Pearson Education Limited: England, 2006.

#### Dokumenti

1. ISRO SATELLITE CENTRE INDIAN SPACE RESEARCH ORGANIZATION BANGALORE, INDIAN REGIONAL NAVIGATION SYSTEM: SIGNAL IN SPACE ICD FOR STANDARD POSITIONING SERVICE VERSION 1.1, SATELLITE NAVIGATION PROGRAMME, AUGUST 2017, [www.isro.gov.in/sites/default/files/irnss\\_sps\\_icd\\_version1.1-2017.pdf](http://www.isro.gov.in/sites/default/files/irnss_sps_icd_version1.1-2017.pdf)
2. Masaharu Kugi, QZSS Update: ICG-13 Providers System and Service Updates on Nov. 5, 2018 @Xi'an, China, National SpacePolicySecretariatCabinet Office, Government of Japan, [www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2018/icg13/06.pdf](http://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2018/icg13/06.pdf)
3. Vuković, J., *Ispravljanje pogrešaka pri određivanju položaja prijarnika u globalnim sustavima za satelitsku navigaciju*, Fakultet elektrotehnike i računarstva: Zagreb, Rad za kvalifikacijski doktorski ispit, 2012.

#### Članci

1. *International Journal of Geographical Information Systems : Handling Geographic Information*. Report of the Committee of Enquiry Chaired by Lord Chorley, Department of the Environment. (London: HMSO, 1987), Volume 1, 1987 - Issue 2.

2. Glasinović, F., GIS u AutoCAD Map 3D-u, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Zagreb, Ekscentar, No. 14, 2011.
3. Marjanović, M., CROPOS – hrvatski pozicijski sustav Ekscentar, (2010), br. 12.
4. Romac, D., Vučica, P., Galileo, Ekscentar, No. 5, 2003, str. 19-29.
5. Kos, T., Grgić, M., Krile, S., Hiperbolni i satelitski sustavi za navigaciju, Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo, Vol. 51, No. 5-6, 2004.
6. Kos, T., Grgić, M., Krile, S., Poboljšanje sustava satelitske navigacije, Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo, Vol. 52, No. 1-2, 2005, str. 57-63.
7. Zrinjski, M. i dr.: Razvoj i modernizacija GNSS-a, Geod. list, 2019.

## WEB izvori

1. What is Gis, <https://nobelsystemsblog.com/an-overview-of-gis-history/>, pristupljeno 5. kolovoza 2019.
2. Geoškola, [http://www.geoskola.hr/~gsurina/uvod\\_Kartografija.pdf](http://www.geoskola.hr/~gsurina/uvod_Kartografija.pdf), pristupljeno 6. kolovoza 2019.
3. Računalo – Hardver, <https://racunalotj.weebly.com/hardver.html>, pristupljeno 7. kolovoza 2019.
4. Hrvatska enciklopedija: hardver, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=24394>, pristupljeno 26. kolovoza 2019.
5. What is ArcGIS, <https://developers.arcgis.com/labs/what-is-arcgis/>, pristupljeno 13. kolovoza 2019.
6. GIS Lounge, <https://www.gislounge.com/getting-started-with-qgis-open-source-gis/>, pristupljeno 5. kolovoza 2019.
7. glonass.ru, <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>, pristupljeno 14. kolovoza 2019.

8. galileognss.eu, <https://galileognss.eu/how-many-galileo-satellites-are-now-in-orbit/>, pristupljeno 21. kolovoza 2019.
9. Beidou, <https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/>, pristupljeno 23. kolovoza 2019.
10. GSA Europa, <https://www.gsa.europa.eu/galileo/services/initial-services>, pristupljeno 20. kolovoza 2019.
11. IRNSS, <https://www.isro.gov.in/irnss-programme>, pristupljeno 25. kolovoza 2019.
12. Quasi-Zenith Satellite System, [https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01\\_what.html](https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html), pristupljeno 25. kolovoza 2019.
13. AboutCivil, [www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html](http://www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html), pristupljeno 2. kolovoza 2019.
14. QZSS, [qzss.go.jp/en/overview/services/sv01\\_what.html](http://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html), pristupljeno 2. kolovoza 2019.
15. How GNSS works?, [www.geospatialworld.net/blogs/how-gnss-works/](http://www.geospatialworld.net/blogs/how-gnss-works/), pristupljeno 2. kolovoza 2019.
16. ESA, [www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/Galileo/Galileo\\_satellites](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/Galileo_satellites), pristupljeno 3. kolovoza 2019.
17. EGSSA, [www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system](http://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system), pristupljeno 3. kolovoza 2019.
18. EGNOS System, [www.gsa.europa.eu/european-gnss/egnos/egnos-system](http://www.gsa.europa.eu/european-gnss/egnos/egnos-system), pristupljeno 3. kolovoza 2019.
19. Government of India, [www.isro.gov.in/irnss-programme](http://www.isro.gov.in/irnss-programme), pristupljeno 3. kolovoza 2019.
20. GPS Space Segment, [www.gps.gov/systems/gps/space/](http://www.gps.gov/systems/gps/space/), pristupljeno 4. kolovoza 2019.
21. GPS.gov, New Civil Signals, [www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/#L2C](http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/#L2C), pristupljeno 4. kolovoza 2019.
22. Hrvatsko kartografsko društvo, [www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.html](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.html), pristupljeno 5. kolovoza 2019.

23. glonass.ru – Beidou, [www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php](http://www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php), pristupljeno 5. kolovoza 2019.
24. Hrvatska enciklopedija: ionosfera, [www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27756](http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27756), pristupljeno 8. kolovoza 2019.
25. Novatel, [www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-1-gnss-overview/section-1/](http://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-1-gnss-overview/section-1/), pristupljeno 9. kolovoza 2019.
26. CROPOS – Državna mreža referentnih stanica Republike Hrvatske, [www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske/](http://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske/), pristupljeno 11. kolovoza 2019.
27. GPS tracking, [www.rewiresecurity.co.uk/blog/gps-galileo-glonass-gnss-vehicle-tracking-devices](http://www.rewiresecurity.co.uk/blog/gps-galileo-glonass-gnss-vehicle-tracking-devices), pristupljeno 13. kolovoza 2019.
28. Geostacionarna orbita, [heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/zboprufaz35&div=54&id=&page=](http://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/zboprufaz35&div=54&id=&page=), pristupljeno 15. kolovoza 2019.

## Slike

Slika 1. Epidemija kolere u Parizu (Izvor: nobelsystemsblog.com/an-overview-of-gis-history/)	4
Slika 2. Komponente GIS-a (Izvor: www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined)	6
Slika 3. Prikaz sučelja i funkcija QGis softvera (Izvor: obrada autora)	9
Slika 4. AutoCAD Map 3D (Izvor: www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets/autocad-map-3d)	10
Slika 5. ArcGIS alat (Izvor: esri-es.github.io/awesome-arcgis/arcgis/products/arcgis-desktop/arcmap-arccatalog/)	11
Slika 6. Mapa Sljemena (Izvor: www.skijanje.hr/skijalista/hrvatska/clanak/sljeme?id=12375)	13
Slika 7. Podjela slojeva pogodna za spremanje (Izvor: obrada autora)	14
Slika 8. Prikaz slojeva Vektorskog i Rasterskog modela (Izvor: inyo-monowater.org/resources/giswhat/layers/)	16

Slika 9. Prikaz strukture relacijskog modela(Izvor: diranieh.com/Database/RelationalDatabaseModel.htm) .....	17
Slika 10. GNSS sustavi(Izvor: www.meinbergglobal.com/english/news/multi-gnss-support-for-ims-and-lantime-m-series-gps-galileo-glonass-and-beidou.htm) .....	19
Slika 11. Sateliti u Zemljinoj orbiti (Izvor: www.intelligent-aerospace.com/atc-atm/article/16539367/exelis-to-research-lowcost-gps-alternatives-under-afrl-contract) .....	20
Slika 12. Segmenti GPS sustava (Izvor: www.technicalpanels.com/projects/gps-location/).....	22
Slika 13. GPS segmenti (Izvor: what-when-how.com/gps/introduction-to-gps/) .....	23
Slika 14. Kontrolni segment (www.gps.gov/systems/gps/control/) .....	25
Slika 15. Dodatna infrastruktura za podršku Galileo navigacijskog sustava (www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system) .....	28
Slika 16. Konstelacija BeiDou satelita (Izvor: www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php) .....	29
Slika 17. Konstelacija 24 satelita u Zemljinoj orbiti (Izvor: www.gps.gov/systems/gps/space/) .....	32
Slika 18. Prikaz satelita BLOCK IIA, BLOCK IIR, BLOCK IIR-M I BLOCK IIF (Izvor:www.gps.gov/systems/gps/space/) .....	32
Slika 19. GPS III/IIIF Satelit, lansiran 2018. godine (Izvor: www.gps.gov/multimedia/images/launch-dec18.jpg).....	33
Slika 20. Planirani razvoj QZSS sustava (Izvor:qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html) .....	36
Slika 21. Dostupnost signala QZSS satelita (Izvor: qzss.go.jp/en/overview/services/sv02_why.html) .....	37
Slika 22. Pokrivenost SBASS sustavima (Izvor: www.sincron-sistemi.it/news/gnss-e-robotica) .....	37
Slika 23. EGNOS kontrolni segment (Izvor: www.gsa.europa.eu/european-gnss/egnos/egnos-system) .....	38
Slika 24. Prikaz referentnih stanica u RH (Izvor:www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske) .....	39
Slika 25. Princip rada Cropos sustava (Izvor: www.cropos.hr/o-sustavu/koncept-umrezenih-referentnih-stanica) .....	40

Slika 26. Slanje signala kroz ionosferu (Izvor: <a href="http://www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-Ionospheric-Delay-Definition.html">www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-Ionospheric-Delay-Definition.html</a> ) .....	41
Slika 27. Refleksija signala (Izvor : <a href="http://www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html">www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html</a> ) .....	42
Slika 28. Kreiranje projekta (Izvor: obrada autora) .....	43
Slika 29. Dijagram glavnog izbornika aplikacije (Izvor: obrada autora) .....	43
Slika 30. Glavni izbornik aplikacije (Izvor: obrada autora) .....	44
Slika 31. Prikaz lokacije korisnika .....	45
Slika 32. Prikaz ekrana s postavkama (Izvor: obrada autora) .....	46
Slika 33. Slanje GPS podataka (Izvor: obrada autora) .....	47
Slika 34. Prikaz učitanih slojeva (Izvor: obrada autora).....	47
Slika 35. Prikupljeni GPS podatci .....	48
Slika 36. Učitavanje CVS datoteke (Izvor: obrada autora) .....	49
Slika 37. Prikaz GPS podataka aplikacije (Izvor: obrada autora) .....	49

## 7. SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je objasniti što su to geoinformacijski sustavi te kako su se razvijali kroz povijest, od kojih komponenti se sastoje, gdje se primjenjuju te kakve vrste podataka možemo prikazivati i obrađivati te zorni prikaz dvaju najpoznatijih programa za obradu i prikaz podataka (ArcGIS i QGis). Nadalje, nakon objašnjenja geoinformacijskih sustava, dan je opis što su to globalni pozicijski sustavi, od koja se tri segmenta sastoje te koliko snažan utjecaj imaju na ekonomiju. Također, navedeni su i najbitniji GPS sustavi poput europskog Galileo sustava, američkog GPS-a, ruskog GLONASS-a, kineskog BeiDou sustava, japanskog i indijskog sustava kao i dopune takvim sustavima kao što je EGNOS, koji nastoji poboljšati karakteristike Galileo satelitskog navigacijskog sustava te CROPOS, hrvatski pozicijski sustav koji ima istu svrhu i sastoji se od niza referentnih stanica. Naposljetku, projektom mobilne aplikacije prikazano je prikupljanje GPS podataka s vrlo velikom preciznošću na temelju kojeg funkcioniraju slične poznate aplikacije, zatim su navedeni prikupljeni podatci prikazani u programu QGis.

**Ključne riječi:** geoinformacijski sustavi, GPS sustavi, pozicijski sustavi, projekt primjene GPS-a



## SUMMARY

The aim of this thesis was to elaborate what geoinformation systems are and how they developed through history, which components they consist of, where are they applied and what kinds of data can we display and process, as well as a dazzling view of the two most famous data processing and display programs (ArcGIS i QGis). Further more, after elaboration of geoinformation systems, a description of what global positioning systems are was given, the three segments they consist of and how powerful impact they have on the economy. Also, the most important GPS systems such as European Galileo system, American GPS, Russian GLONASS, Chinese BeiDou system, Japanese and Indian systems are mentioned, as well as supplements to such systems as EGNOS, which strives to improve characteristics of Galileo navigational system and those of CROPOS system, a Croatian positioning system which has the same purpose and is consisted of a series of reference stations. Finally, through the mobile application project, GPS data acquisition was shown with very high precision, based on which similar known applications operate, and then the collected data is displayed in QGis.

**Keywords:** geoinformation systems, GPS systems, positioning systems, GPS application project