

Primjena geografskih informacijskih sustava u javnom gradskom prijevozu

Čižmešija, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:623629>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-19**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Kristijan Čižmešija

PRIMJENA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U
JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**PRIMJENA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U
JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU**

**APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEMS IN PUBLIC TRANSPORT**

Mentor: dr. sc. Marko Slavulj

Student: Kristijan Čižmešija, 0135223752

Zagreb, rujan 2016

SAŽETAK

Geografski informacijski sustav (GIS, eng. geographic information systems) je sustav za upravljanje prostornim podacima i osobinama pridruženih njima. U najstrožem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. Pojavio se kada i ostali informacijski sustavi, tj. pojavom računala. Općenito, sustav je skup povezanih objekata i aktivnosti koji svojim međuodnosima služe zajedničkoj namjeni. U GIS-u zajednička namjena je donošenje odluka pri upravljanju nekim prostornim aktivnostima. Zbog brzog razvoja tehnologije, rasta gradova i stupnja motorizacije te samim time razvitka javnog gradskog prijevoza dolazi do raznih problema u planiranju prometnih procesa, a GIS je jedan od alata za rješavanje takvih problema. GIS možemo smatrati tehnologijom (hardver i softver) ili strategijom za obradu informacija, ovisno o kontekstu. Svrha GIS-a je unaprijediti donošenje odluka koje su na bilo koji način u vezi s prostorom.

KLJUČNE RIJEČI: geografski informacijski sustav; upravljanje podacima; tehnologija; javni gradski prijevoz

SUMMARY

Geographic information systems (GIS) is a system for managing spatial data and associated attributes. In the strictest sense, it is a computer system capable of integrating, storing, editing, analyzing and displaying geographic information. GIS was created along with other informatic systems when computers had been started to develop. Generally, this system is assemblage of linked objects and activities which interrelationships are serving to common purposes. In GIS common purpose of its objects is to make decisions in management of some space activities. Due to the rapid development of technology, the growth of cities and the degree of motorization and therefore the development of public transport leads to various problems in the planning of transport processes, and GIS is one of the tools to deal with such problems.. Depending in which context we use it, GIS can be considered as technology(hardware and software) or strategy for processing informations. The purpose of GIS is making decisions which are linked with space in any term.

Key words: geographical information system; data management; technology; public city transport

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Osnovno o geografskom informacijskom sustavu	2
3. Hardver i softver podrška za geografski informacijski sustav	5
3.1. Hardver podrška	6
3.2. Softver podrška.....	11
4. Tehnike korištene u geografskom informacijskom sustavu	14
5. Primjena geografskog informacijskog sustava u gradskom prometu.....	20
6. Uporaba geografskog informacijskog sustava u javnom gradskom prijevozu	26
6.1. TransCAD	26
6.2. PTV Visum	28
6.3. QGIS.....	30
6.4. Google maps.....	32
6.5. Analiza rute javnog gradskog prijevoza	35
7. Zaključak	42
Literatura	43
Popis kratica.....	45
Popis slika	46
Popis tablica	47
Popis grafikona	47

1. Uvod

GIS predstavlja značajnu ulogu u gradskom prometu, a njegova posebnost je u tome što omogućuje povezivanje aktivnosti koje su prostorno povezane. Uz to, integrira prostorne i druge vrste informacija unutar jednog sustava, pa na taj način nudi konzistentni okvir za analizu prostora. GIS je danas objedinjavanje računalne tehnologije s tehnikama prostornih analiza i digitalnih prostornih podataka. Ključ za uspostavljanje tehnologije za potrebe donošenja odluka je integracija podataka, tehnologije i strategija donošenja odluka. Dakle, predmet ovog rada je geografski informacijski sustav, a bazirat će se na javnom gradskom prijevozu.

Svrha ovog završnog rada je prikazati prednosti koje pruža geografski informacijski sustav, tj. na koje nam sve načine olakšava svakodnevnicu. Na osnovu prikupljenih podataka i informacija, te njihove analize, cilj rada je predstaviti funkcioniranje GIS-a, na koji način se prikupljaju podaci, kako se GIS koristi i koje nam informacije pruža.

Geografski informacijski sustav je u ovom radu obuhvaćen kroz sedam poglavlja, počevši od uvoda gdje se govori o njegovoj važnosti za gradski promet te tehnologijama i tehnikama za analizu prostornih podataka. Drugo poglavlje odnosi se na osnovne definicije GIS-a te njegov razvitak kroz povijest. Treće poglavlje govori o hardware i software podršci te od kojih se to komponenata sastoji GIS. U četvrtom poglavlju navedene su tehnike koje se koriste u obradi podataka te su opisani rasterski i vektorski prikazi podataka. Peto poglavlje govori o važnosti primjene GIS-a u gradskom prometu i razlozima uvođenja takve vrste alata u proces prometnog planiranja. U šestom poglavlju navedeni su konkretni primjeri uporabe GIS-a u javnom gradskom prometu te njihov način rada. Posebna pozornost posvetit će se tehnikama koje se koriste u navedenom sustavu te razlozima primjene takvoga sustava u razvoju gradskog prometa i koje se to vrste GIS-a danas koriste u gradskom prometu kako bi što lakše shvatili ulogu i važnost GIS-a u jednom tako velikom sustavu kao što je promet.

2. Osnovno o geografskom informacijskom sustavu

Što se tiče same definicije GIS-a mišljenja su podijeljena, ali svi se slažu u jednome, a to je da se ističe posebnost prostornih podataka zbog njihove povezanosti sa kartom. Navest će se neke od definicija kojima se želi reći što je zapravo GIS:

- računalni sustav koji se sastoji od hardvera, softvera i podataka te načina njihove primjene. Pomoću GIS-a se mogu digitalni podaci obraditi i urediti, pohranjivati i reorganizirati, modelirati i analizirati kao i prikazati u tekstualnom (alfanumeričkom) i grafičkom obliku. [1]
- posebna vrsta informacijskog sustava koja ne samo da bilježi događaje, djelatnosti i objekte već i gdje se oni odvijaju ili postoje
- automatizirani sustav za prikupljanje, čuvanje, pretraživanje, analizu i prikaz prostornih podataka. [3]
- GIS je posebna vrsta informacijskog sustava u kojem kompjutorska baza podataka obuhvaća točno definirane odnose između prostorno distribuiranih objekata, djelatnosti i događaja, koji su u prostoru definirani kao točke, linije i površine (poligoni). U GIS-u su podaci vezani uz te točke, linije i poligone i tako su pohranjeni za istraživanja i analize.

Kada bi ove definicije povezali, proširena definicija bi mogla glasiti:

- GIS je računalni podržan sustav za analizu prostornih podataka. U najstrožem smislu to je računalni sustav za integriranje, analiziranje, prikazivanje, spremanje i uređivanje geografskih informacija, a u općenitijem smislu je oruđe "pametne karte" koje dopušta korisnicima stvaranje interaktivnih upitnika, uređivanje podataka i analiziranje prostornih podataka. [2] GIS danas predstavlja jedno od najsloženijih i najdinamičnijih područja primjene računala zbog svoje složenosti, koja pokriva tehničke i znanstvene discipline kao geodeziju, operacijska istraživanja, ekologiju i drugo. Prostorni podaci koje obrađuje GIS su informacije povezane s prostornim položajem, što znači da omogućuje povezivanje aktivnosti koje su prostorno povezane. On za razliku od tipičnih karata ili crteža koji samo prikazuju prostorne podatke kao što su ceste, granice zemlje i gradovi, povezuje svojstva podataka kao što su statistika stanovništva sa prostornim podacima. [3]

Nakon što se definirao GIS, obradit će se i sam razvoj i povijest. Povijest GIS-a doseže čak u 18.st. kada su se provele suvremene geodetske tehnike za topografsko kartiranje uz ranije verzije tematskog kartiranja za znanstvene podatke ili popise stanovništva. U ranom 20.st. razvile su se "fotografske litografije" gdje su karte bile odvojene u slojeve.

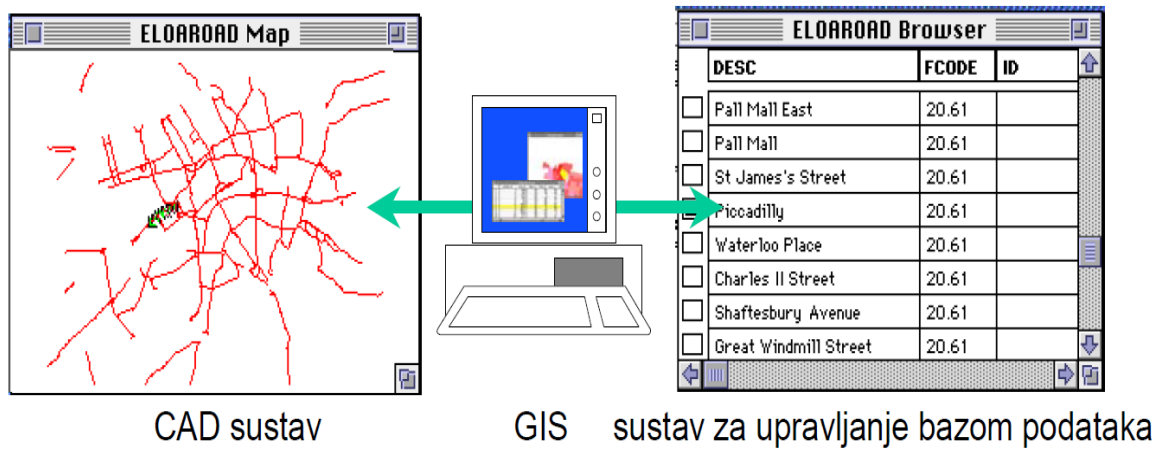
Od sredine sedamdesetih razvijeni su specijalizirani računalni sustavi za obradu geoinformacija na različite načine koji uključuju:

- tehnike za unos geoinformacija i konverziju podataka u digitalni oblik,
- tehnike spremanja takvih podataka u kompaktnom formatu na računala, CD ili neki drugi oblik,
- metode za automatsku analizu geoinformacija,
- metode za predviđanje različitih izlaznih opcija (npr. utjecaj promjene klime na vegetaciju),
- tehnike prikaza podataka u obliku planova i karata
- mogućnost prikaza rezultata u obliku brojeva i tablica

Već 1967. godine, razvoj prvog pravog svjetskog operacijskog GIS-a u Ottawi potaknulo je federalno Ministarstvo energije, rudarstva i resursa. Nazvan je "Kanadskim GIS-om", a koristio se za analiziranje, spremanje i rukovanje podacima prikupljenima za Kanadski zemljišni inventar. Njegov osnivač, geograf Roger Tomlinson postao je poznat kao "otac GIS-a". Kanadski GIS trajao je do 1990-ih i izradio je najveću digitalnu bazu podataka o zemljišnim resursima u Kanadi, ali nikad nije bio dostupan u komercijalnom obliku. Razvoj mikroračunalnog hardvera proširili su prodavači poput ESRI-a, MapInfo-a i CARIS-a kako bi uspješno unijeli mnoga obilježja Kanadskog GIS-a. Rast industrije tijekom 1980-ih i 1990-ih ubrzan je rastućom uporabom GIS-a na UNIX-ovim radnim stanicama i osobnom računalima.[3]

Tehnologija GIS-a razvila se iz dva neovisna područja, a to su digitalne kartografije i CAD (Computer Aided Design), te sustava za upravljanje bazama podataka (Data Base Management Systems). Važan doprinos GIS-u dala je tvrtka Intergraph SAD i njezin osnivač Jim Meadlock, koja je osnovana 1969.godine, i naročito je razvijala rješenja u kompjuterskoj grafici za gospodarske grane,

infrastrukturne sustave i svugdje gdje je potreban kartografski proizvod ili crtež dobiven crtalom. [5]



Slika 1. Digitalna kartografija i Data Base Management Systems

Izvor: [5]

3. Hardver i softver podrška za geografski informacijski sustav

Kao i svaki drugi sustav GIS također koristi hardver i softver podršku za svoj neometani rad. GIS čine sljedeće komponente (segmenti) [4]:

- organizirani i obučeni kadrovi (korisnici, ljudstvo – engl. lifeware)
- tehnička (računalna) oprema (hardver, računalna podrška – engl. hardware)
- programska podrška (softver, programski paketi, aplikacije – engl. software)
- podaci (engl. data)
- metode (engl. methods, IT izraz - engines)

Nešto će se ukratko reći o kadrovima, podacima te metodama dok će se na hardver i softver podršku obratiti posebna pozornost.

Kadrovi - ni najbolja računala i najsavršeniji softver ne vrijede puno bez kvalificiranih korisnika koji će upravljati sustavom. Raspon GIS korisnika kreće se od GIS specijalista koji razvijaju i održavaju sustav, korisnika koji samo pregledavaju podatke, korisnika koji samo unose podatke, naprednijih korisnika koji rabe sve mogućnosti GIS softvera i drugo. [4]

Podaci - najvažniji dio GIS-a su podaci. Podaci o prostoru (kartografski i tablični) mogu se dobiti konverzijom klasične papirnate dokumentacije u odgovarajuće GIS kompatibilne formate ili kupnjom već postojećih GIS podataka koji postoje na tržištu.

Metode - GIS kao sustav i tehnologija funkcionira kroz 6 osnovnih ugrađenih mogućnosti/metoda [4] :

- prikupljanje podataka
- pohranjivanje podataka
- upravljanje podacima
- dohvat podataka
- analiza podataka
- prikaz podataka

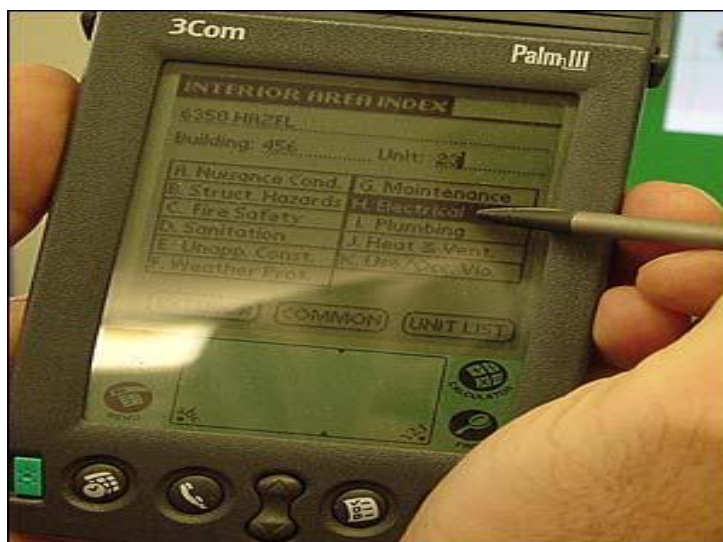
Nakon što su navedene tri komponente bez kojih GIS kao veliki sustav ne može funkcionirati prebacujemo se na hardver i softver podršku koja će se detaljnije i stručnije objasniti kako bi ustvari konstatirali od kojih se to fizičkih dijelova GIS sastoji te preko kojih alata i funkcija daje konačne odgovore korisniku.

3.1. Hardver podrška

Hardver podršku čine predmeti koji su opipljivi, kao što su diskovi, monitori, pisači, tipkovnice itd. Svi navedeni predmeti se mogu pokvariti, može se nešto proliti po njima, mogu se razbiti i slično. Hardver se može podijeliti na računala i ostale uređaje. Računala se nadalje mogu podijeliti na ručna, terenska, prijenosna, osobna računala, radne stanice i velika računala. Ostali uređaji su skeneri i digitalizatori, ploteri i pisači, mrežni uređaji. O svakome će se reći nešto osnovno te na taj način dobiti na uvid zapravo na koji princip radi GIS.

Prva podjela se odnosi na računala a ona se dalje dijele na:

a) ručna računala (palm pilot) - ručna računala novijeg su vijeka. Oblikovana su tako da budu što manjih dimenzija. Nemaju tipkovnicu, već se unos podataka obavlja posebnom olovkom i rukopisom. Za njih su posebno razvijeni operacijski sustavi (Palm OS). Namjena im je uglavnom za organizaciju posla, elektroničku poštu, zapisnike i sl.



Slika 2. Ručno računalo (palm pilot)

Izvor: [5]

b) terenska računala - terenska računala posebno su oblikovana za prikupljanje podataka na terenu. Rade na standardnim operacijskim sustavima (WindowsCE). Kao dodatak omogućuju radio i mobilnu komunikaciju. Često imaju posebno razvijeni softver i ekran osjetljiv na dodir



Slika 3. Terensko računalo

Izvor: [6]

c) prijenosna računala - prijenosna računala posebno su oblikovana kako bi bila pogodna za nošenje na put. Najčešće su istih ili boljih mogućnosti kao osobna računala. Cijena jednog takvog računala često je veća nego osobnog računala istih mogućnosti. Kućište klasičnog prijenosnog računala izvedeno je u obliku rasklopivog kovčežića čija je jedna polovina zaslon računala a druga polovina tipkovnica ispod koje je matična ploča i ostale komponente računala. Od pojave bežičnih računalnih mreža prijenosna računala redovito sadrže i sklopove za povezivanje na neku od takvih mreža. Na prijenosnim računalima s tipkovnicom pokazivački uređaj najčešće je izveden kao dodirna podloga (engl. touch pad) ili pokazivački štapić (engl. pointing stick) koji su pridodani tipkovnici, što omogućuje da se pokazivač na zaslonu pomiče bez uporabe miša ili drugog dodatnog uređaja. Prije pojave dodirnih podloga neka prijenosna računala koristila su kuglu za praćenje



Slika 4. Prijenosno računalo

Izvor: [8]

d) osobna računala - najraširenija vrsta računala. Namijenjena za svakodnevni rad kod kuće i u uredu. U zadnjih 10-tak godina doživjela su nagli razvoj.



Slika 5. Osobno računalo

Izvor: [9]

e) radne stanice - radne stanice svojim izgledom su slične osobnim računalima, ali ih brzinom rada, memorijskim prostorom i kvalitetom monitora višestruko nadmašuju. Grafičke radne stanice su posebno pogodne za primjenu u GIS-u.



Slika 6. Radna stanica

Izvor: [10]

f) velika računala (mainframe) - velika računala su višeprosorska računala koja služe kao serveri. Velikih su brzina rada i imaju veliki memorijski prostor. Pogodna su za institucije gdje puno ljudi radi nad jednim skupom podataka istovremeno. Neophodna su za GIS koji obuhvaća velike količine podataka.



Slika 7. Velika računala (mainframe)

Izvor: [11]

Uz navedena računala postoje i hardveri za prikupljanje podataka o terenu a u njega spadaju:

- GPS prijamnik
- Totalna stanica (uređaj za izmjeru terena geodetskim metodama)
- Sateliti
- Digitalna fotogrametrijska kamera
- Digitalni fotoaparati

Važno da se napomene hardver za digitalizaciju pod koje pripadaju:

- Stolni skeneri
- Skeneri velikih formata
- Rotirajući skeneri
- Ručni digitalizatori

Za spremanje podataka koriste se sljedeći hardver dijelovi:

- Tvrđi disk
- CD-ROM
- DVD
- Magnetska vrpca
- Sustavi za spremanje podataka (backup)

Nasuprot spremanju, imamo hardvere za ispis i prikaz podataka:

- Monitori
- Pisači
- Projektori
- Mrežni uređaji

Najbitniji dijelovi u računalu, od kojih zavisi brzina i performanse istog, su brzina procesora, količina, tip i brzina unutarnje memorije, vrsta čipseta, brzina hard diska i procesora grafičke kartice. Snaga grafičkog čipa je bitna samo za aplikacije gdje je potrebno prilično brzo iscrtavanje slika kao kod 3D računarskih igara, CAD softvera i drugo.

3.2. Softver podrška

Softver podrška osigurava funkcije i alate neophodne za prikupljanje, analizu i prikazivanje podataka o prostoru. Ključne komponente su:

- alati za unos i obradu prostornih informacija,
- sustavi za upravljanje bazama podataka (DBMS),
- alati za podršku prostornim upitima, analizama i vizualizaciji
- grafičko korisničko sučelje za jednostavno korištenje alata

Također možemo spomenuti još jednu ključnu podjelu a ona se odnosi na to da softver za GIS možemo podijeliti na dvije osnovne kategorije:

a) operacijski sustavi – DOS, Windows, Unix, Linux

b) aplikacijski sustavi (namjenski programi) – obrada teksta i slike, stolno nakladništvo, obrada baze podataka i zvuka te tablično računanje.

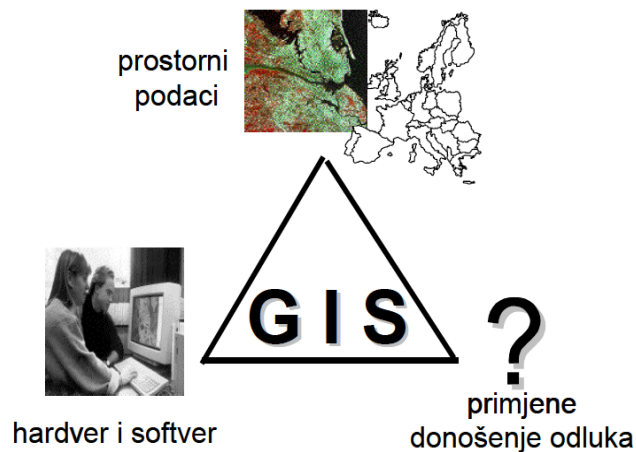
Što se tiče samoga odabira koji softver odabrati treba postaviti određena pitanja te na njih imati već spremne odgovore, te uz najmanje troškove vremena i novaca dobiti što je više mogućnosti. Bitna pitanja su [3]:

1. Koje su potrebe za hardware-om? Jeli to odgovara politici organizacije? Je li već postoji osposobljeno osoblje?
2. Koje modele podataka sustav koristi? Je li postoje potrebni analitički alati?
3. Hoće li se postojeći podaci koristiti ili transformirati? Je li GIS podržava postojeće sustave za upravljanje bazama podataka?
4. Koliko je lagano unositi podatke? Može li sustav učitati kupljene gotove digitalne podatke?
5. Koliko je lako prilagoditi sustav? Je li je moguće dizajnirati vlastito grafičko sučelje i dodati nove mogućnosti?
6. Koji nivo tehničke podrške je dostupan? Je li postoji ekipa za tehničku podršku? Da li ona garantira vremena odaziva?
7. Tko su postojeći korisnici sustava? Može li se razgovarati sa sličnom organizacijom koja već koristi to rješenje?

8. Koliko lako može sustav biti uklopljen u postojeći informacijski sustav? Može li se on postaviti u mrežu? Je li učitava standardne formate tekst procesora, tabličnih kalkulatora itd.?

9. Kakvom dokumentacijom je software opskrbljen? Koliko je sustav naklonjen korisniku? Ima li tečajeva za obuku i koja im je cijena?

10. Je li se naplaćuje održavanje? GIS može biti predmet godišnjeg ugovora o održavanju koji pokriva podršku, izlazak na teren, vrijeme odaziva, itd.

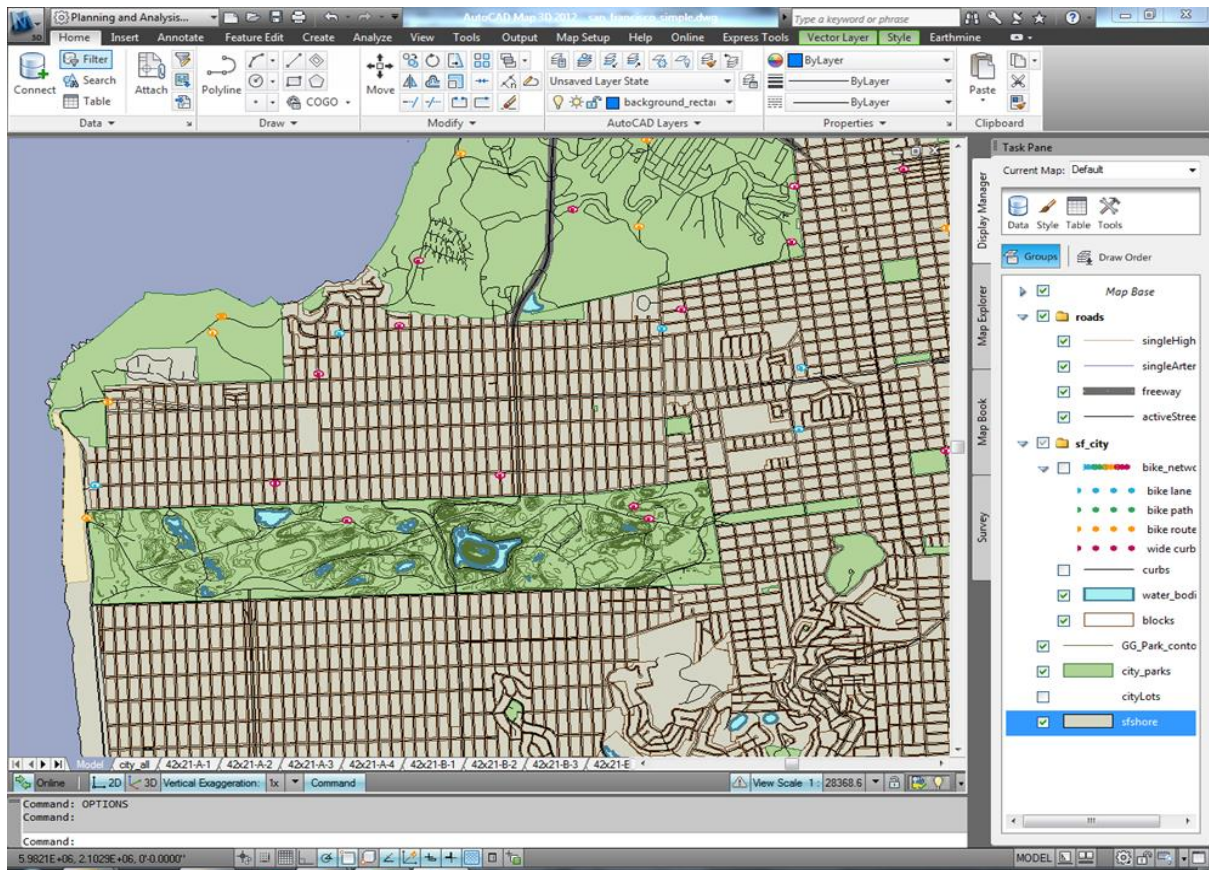


Slika 8. Komponente GIS-a

Izvor: [5]

Na kraju ovoga poglavlja još će se samo napomenuti koji se to softveri za GIS danas koriste. Izdvojiti će se samo određeni jer ih ima jako mnogo a to su:

- AutoCAD Map
- Microstation MGE
- Arc/View
- Arc/Info
- MapInfo
- IDRISI
- GeoMedia
- GRASS



Slika 9. AutoCAD map

Izvor: [12]

Na slici se može vidjeti jednostavno korisničko sučelje koje pruža AutoCAD koje se može mijenjati i prilagođavati svakom korisniku zasebno. Jedno od važnijih svojstava koje pruža rad u ovakvoj vrsti alata su layeri koji omogućuju crtanje i prikazivanje slojeva. Svakom layeru se može dodati ime, boja te se mogu isključiti i uključiti po potrebi. Unos naredbi se vrši sa mišem preko zadanih naredba koje se nalaze u gornjem dijelu na alatnoj traci ili preko tipkovnice.

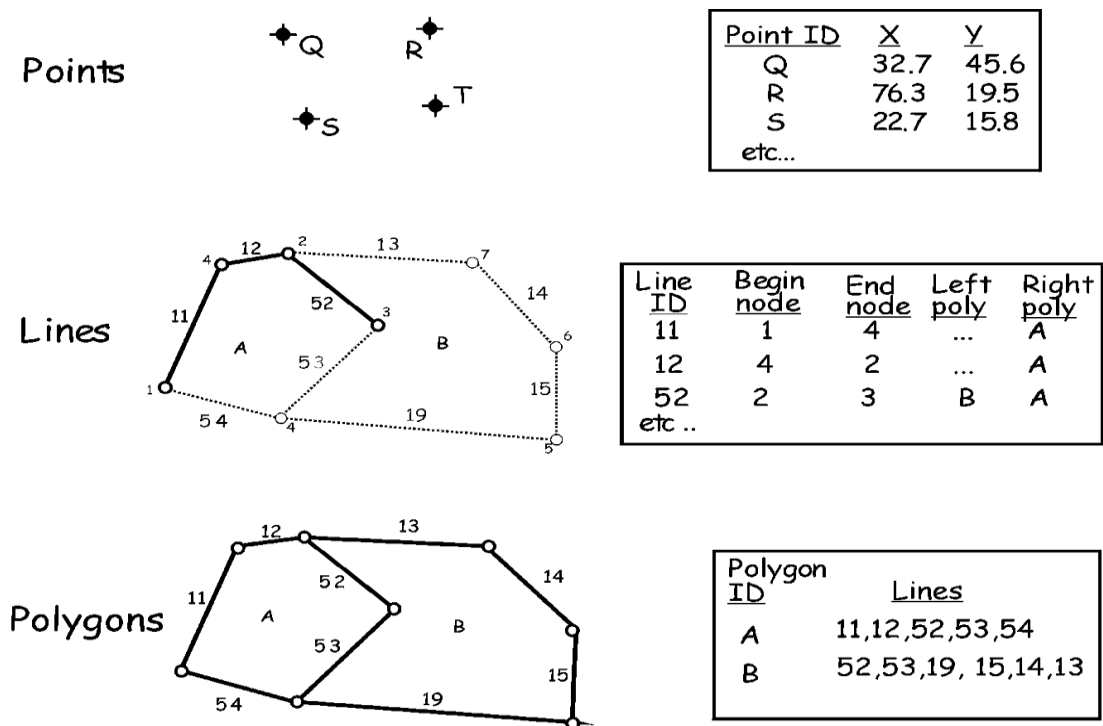
4. Tehnike korištene u geografskom informacijskom sustavu

Svaki veliki sustav koristi određene tehnike kako bi mogao nesmetano funkcionirati. Kada se kaže tehnika mislimo na sve operacije koje sustav koristi u svome procesu za postizanje svoje namjene. GIS, kao jedan takav veliki sustav koristi veći broj tehnika putem kojih ostvaruje svoj proces. Konkretno GIS je sustav koji koristi informacije iz različitih izvora u različitim oblicima. Primarni zahtjev za izvorne podatke sastoji se od poznavanja položaja za varijable. Položaj se može označiti x, y i z koordinatama zemljopisne dužine, širine i nadmorske visine ili drugim geokodnim sustavima poput ZIP Codea ili cestovnim miljozanim. Svaka varijabla koja se može prostorno smjestiti može se pohraniti u GIS-u. Nekoliko računalnih baza podataka koje se izravno mogu unijeti u GIS trenutno stvaraju vladine agencije i nevladine organizacije. Različite se vrste podataka u obliku karte mogu unijeti u GIS.

GIS također može pretvarati postojeće digitalne informacije, koje možda još nisu u obliku karte, u oblike koje može prepoznati i koristiti. Na primjer, digitalne satelitske slike stvorene daljinskim snimanjem mogu se analizirati kako bi stvorile karti sličan sloj digitalnih informacija o vegetacijskom pokrivaču. Jednako se tako podaci o popisu stanovništva ili hidrološki tablični podaci mogu pretvoriti u oblik karte, služeći kao slojevi tematskih informacija u GIS-u. Jedna od važnijih tehnika za GIS je **prikaz podataka** a on može biti:

a) tip rasterskih podataka - sastoji se od redova i stupaca ćelija gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost. Vrlo često su rasterski podaci slike (rasterske slike), ali uz samu boju, vrijednost zapisana za svaku ćeliju može biti zasebna vrijednost, poput zemljišne upotrebe, neprekinuta vrijednost, poput oborina, ili nikakva vrijednost ako nije dostupan nijedan podatak. Dok rasterska ćelija sprema pojedinačnu vrijednost, ona se može proširiti upotrebom rasterskih pruga za prikaz RGB (zelene, crvene i plave) boja, obojenih karata (kartiranje između tematskog koda i RGB vrijednosti) ili proširene atributne tablice s jednim redom za svaku jedinstvenu vrijednost ćelije. Razlučivost rasterskog skupa podataka je njegova širina ćelije u zemljišnim jedinicama. Na primjer, jedna ćelija rasterske slike predstavlja jedan metar na zemlji. Obično ćelije predstavljaju kvadratna područja zemlje, ali se mogu koristiti i ostali oblici. [3]

b) tip vektorskih podataka - koristi geometriju poput točaka, linija (serije točkastih koordinata) ili poligona, također zvanih područjima (oblici omeđeni linijama). Primjeri uključuju granice posjeda za stambenu podjelu prikazane poligonima i položaje izvora prikazane točkama. Vektorska se obilježja mogu napraviti kako bi poštivala prostorni integritet kroz primjenu topoloških pravila poput onoga da se 'poligoni ne smiju preklapati'. Vektorski se podaci mogu također koristiti za prikaz neprekinuto varirajućih pojava. Izolinije i triangulirane nepravilne mreže (TNM; eng. triangulated irregular networks ili TIN) koriste se za prikazivanje visine ili drugih neprestano promjenjivih vrijednosti. TNM-ove zapisane vrijednosti na točkastim položajima, koje su povezane pravcima kako bi oblikovale nepravilnu mrežu trokuta. Lice trokutova prikazuju površinu terena. [3]

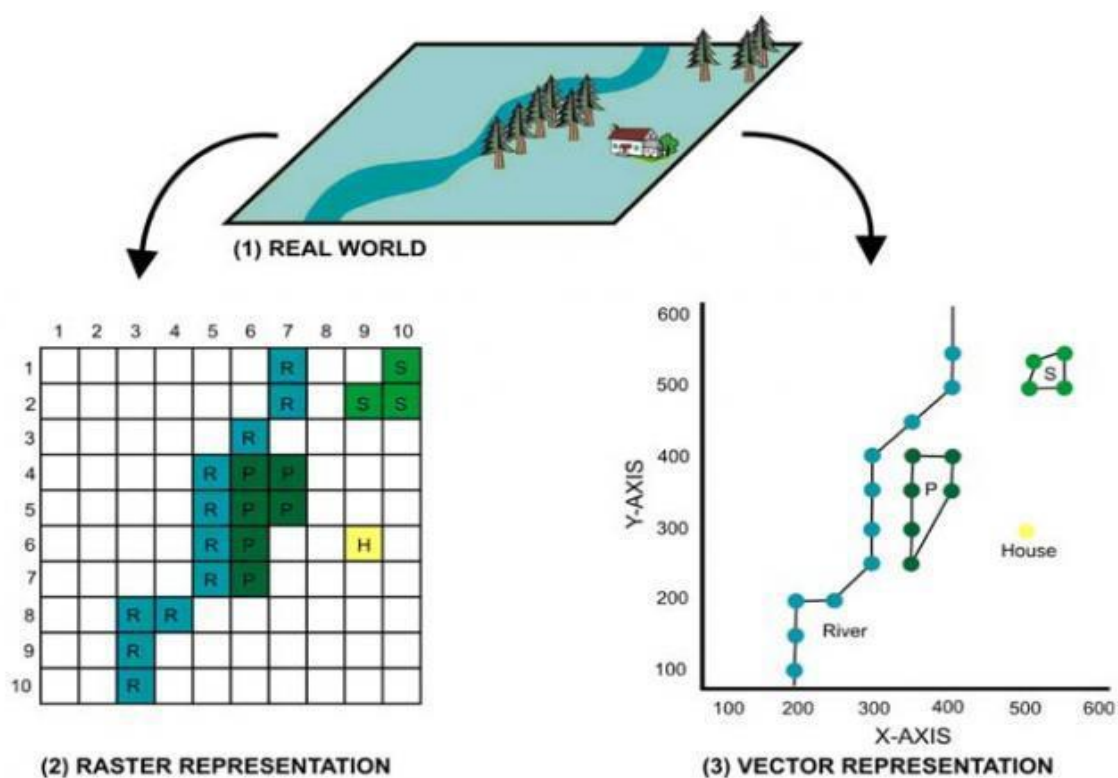


Slika 10. Primjer složenog vektorskog prikaza elemenata u GIS-u

Izvor: [13]

Postoje prednosti i nedostaci upotrebe rasterskih ili vektorskih podatkovnih modela za prikazivanje stvarnosti. Rasterski podatkovni skupovi zapisuju vrijednost svih točaka na pokrivenom području koje može zahtijevati više mjesta za spremanje podataka nego što prikazuje podatke u vektorskom obliku koji može spremiti podatke samo ondje gdje je potrebno. Rasterski podaci također dopuštaju lako provođenje preklapajućih operacija, koje su mnogo teže s vektorskim podacima. Vektorski se

podaci mogu prikazati kao vektorska grafika korištena na tradicionalnim kartama za razliku od rasterskih podataka koji će se pojaviti kao slika koja bi mogla imati blokirajući izgled za granice objekata. Dodatni se neprostorni podaci također mogu pohraniti osim prostornih podataka predstavljenih koordinatama vektorske geometrije ili položajem rasterske ćelije. U vektorskim podacima dodatni su podaci obilježja objekta. Na primjer, poligon šumskog inventara može imati i identifikujuću vrijednost i informacije o vrstama stabala. U rasterskim podacima vrijednost ćelije može pohraniti atributnu informaciju, ali se može koristiti i kao identifikator koji se može povezati sa zapisima u drugoj tablici.



Slika 11. Prikaz odnosa između realnog svijeta i njegovog prikaza u rasterskom i vektorskom obliku u GIS-u

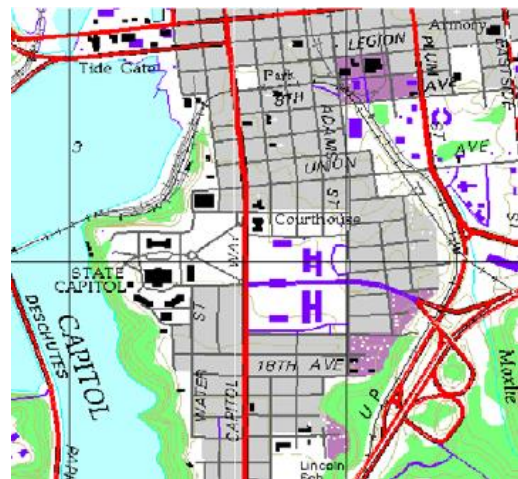
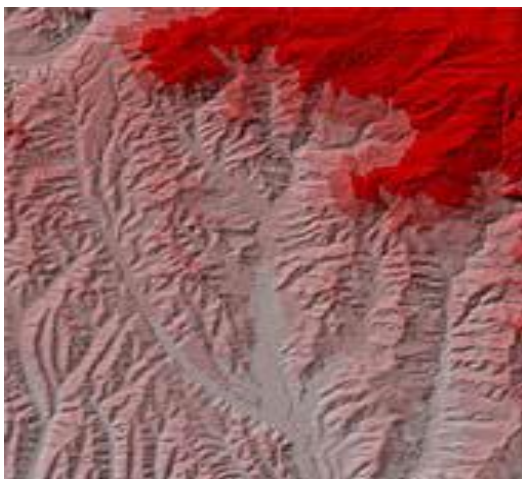
Izvor: [13]

Ovisno o namjeni GIS sustava mora se odlučiti koji model podataka je najbolje koristiti (raster, vektor ili njihova kombinacija). Koji god model se odabere, podaci se moraju transformirati u oblik koji GIS može koristiti. Transformiranje podataka u digitalni format je posao koji zahtjeva intenzivan rad, a može iznositi i do 80% cijene ukupnog sustava. Osnova u planu unosa podataka je potpuni unutarnji pregled (revizija), jer pomaže u određivanju veličine, područja i cijene zadatka unaprijed. Malo

organizacija može prepustiti osoblju da provodi unos podataka, a one koje to ne mogu, imaju mogućnosti zaposliti, obučiti i opremiti ekipu koja će se obavljati taj posao, ili ugovoriti posao sa vanjskim izvođačem.

Nakon prikaza podataka bitno je da i napomenemo **snimanje podataka**. Postoje dvije vrste podataka a to su prostorni i neprostorni. U prostorne spadaju karte, fotografije, videografije, adrese itd. U neprostorne ulaze dijagrami, slike, filmovi, financijski podaci itd. [5] Sa druge strane kada govorimo o modelu podataka tada imamo:

- Kontinuirane objekte
- Diskretne objekte



Slika 12. Kontinuirani i diskretni model podataka

Izvor: [5]

Snimanje podataka je zapravo unos informacija u sustav. Oduzima velik dio vremena GIS tehničarima. Stoga postoje različite vrste metoda koje se koriste za unošenje podataka u GIS u kojemu se spremaju u digitalnom obliku. Postojeći podaci otisnuti na papiru ili mylar kartama mogu se digitalizirati ili skenirati radi proizvodnje digitalnih podataka. Digitalizator proizvodi vektorske podatke dok operator bilježi točke, linije i poligonske granice s karte. Skeniranje karte rezultira u rasterskim podacima koji se dalje mogu obrađivati za stvaranje vektorskih podataka. Geodetski podaci mogu se izravno unijeti u GIS iz sustava prikupljanja digitalnih podataka na geodetskim instrumentima. Položaje s globalnog pozicijskog sustava (GPS), drugog geodetskog alata, također se mogu izravno unijeti u GIS. Daljinsko snimljeni podaci

igraju važnu ulogu u prikupljanju podataka, a sastoje se od senzora pričvršćenih na platformi. Senzori uključuju kamere, digitalne skenere i LIDAR (optički mjerni instrument koji odašilje laserske zrake koje se odbijaju od vrlo sitnih čestica raspršenih u Zemljinoj atmosferi i potom registriraju u optičkom prijarniku) dok se platforme obično sastoje od letjelica i satelita.

Satelitsko daljinsko snimanje omogućuje drugi važni izvor prostornih podataka. Ovdje sateliti koriste različite senzorne pakete da pasivno izmjere refleksiju iz dijelova elektromagnetskog spektra ili radio valova koji su poslani s aktivnog senzora kao što je radar. Daljinsko snimanje prikuplja rasterske podatke koji se dalje mogu obrađivati radi identificiranja objekata i razreda zanimanja, poput zemljišnog pokrivača. Kada se podaci snime, korisnik bi trebao uzeti u obzir da li bi se podaci trebali snimiti ili s relativnom ili s apsolutnom pouzdanosti, pošto to ne utječe samo na način interpretacije informacija već i na cijenu snimanja podataka. Pored prikupljanja i unošenja prostornih podataka, atributni se podaci također unose u GIS. Za vektorske podatke to uključuje dodatne informacije o objektima prikazanima u sustavu. Nakon unošenja podataka u GIS on obično zahtijeva uređivanje, radi uklanjanja pogrešaka, ili daljnje obrađivanje. Za vektorske se podatke GIS mora napraviti "topološki ispravnim" prije nego što se koristi u naprednoj analizi. U cestovnoj se mreži, primjerice, linije moraju povezati s čvorištima na raskrižju. Pogreške poput prelaženja ispod ili iznad također se moraju ukloniti. Za skenirane se karte greške na izvornoj karti možda moraju ukloniti od rezultirajućeg rastera. Tako na primjer mrlja nečistoće može povezati dvije linije koje ne bi trebale biti povezane.

Uz sve navedeno do sada jedna tehnika se ipak izdvaja od ostalih. **Prostorno – vremenska povezanost i analiza** temeljna je tehnika GIS-a te njen uspjeh ovisi o tome koliko će dobro na kraju sustav funkcionirati. Prostorno – vremenska povezanost se pojavljuje u svakom tehničkom procesu pa tako i u prometu. Treba se pitati čemu služi takva vrsta povezanosti? Kako bi što lakše shvatili o čemu se radi i kako to funkcionira uzet će se jedan jednostavan primjer. U svakom procesu cilj je smanjiti troškove na minimum a dobit povećati. Nakon što definiramo djelatnost s kojom ćemo se baviti tada moramo prije svega analizirati prostor i vrijeme u kojem ćemo tu djelatnost obavljati. Analiza se radi tako da se prvo prikupe svi podaci koji su nam potrebni te se nakon toga unesu u sustav koji putem različitih programa rade analize, te donose zaključke i usporedbe kako bi vidjeli koji nam se tip poslovanja više isplati.

Ista stvar je i sa GIS sustavom. Ako želimo analizirati određeni prostor i riješiti problem bitno je da dobro odredimo prostorno – vremensku povezanost i analizu koja će nam uštedjeti novac i vrijeme. Ova vrsta tehnike zahtijeva tim stručnjaka te dosta uloženog vremena na prikupljanje i obradu podataka zbog toga što je danas jako puno vrsta podataka koje treba povezati i vremenski uskladiti kako bi korisnik dobio korisnu informaciju u što kraćem vremenu.

5. Primjena geografskog informacijskog sustava u gradskom prometu

GIS je neophodan alat u svim oblastima projektiranja, planiranja, upravljanja i analiziranja. Širom svijeta ga koriste inženjeri, arhitekta, bankari i ekonomisti, novinari, učitelji, geodetski inženjeri, ekolozi, političari, kriminolozi, urbanisti, zdravstveni radnici i drugi. Poslovni ljudi vide svijet kao skup informacija o prodaji, potrošačima, skladištima, demografskim profilima i još mnogo toga. Osnova za sve ove informacije je adresa, regija prodaje, ili transportni putevi isporuke što sve može biti prikazano i interaktivno upravljano na karti.

Profili i CAD crteži koje rade inženjeri elektrotehnike, strojarstva, građevine ili arhitekture formiraju osnovu GIS baza podataka kojima upravljaju njihovi klijenti. Planerski i inženjerski zadaci koji se mogu jednostavnije rješavati sa GIS software-om su [7]:

- Analiza lokacija
- Nadzor i praćenje
- Automatsko kartiranje
- Analiza kvaliteta vode
- Modeliranje terena
- Geo bibliografija
- Pedološke analize
- Inventura i kontrola zaliha

Transportni sustavi, uključujući cestu i željeznicu, mostove i tunele, zračne i morske luke su danas uglavnom planirani i nadgledani pomoću GIS-a. Javni i privatni prijevoz širom svijeta postaje efikasniji zahvaljujući primjeni GIS-a. I putnici i teret stižu točnije po rasporedu, ali i sigurnije. Aviokompanije i kontrole leta koriste GIS da optimiziraju puteve i kapacitete, da isplaniraju preusmjeravanja uslijed vremenskih prilika ili drugih hitnih slučajeva. GIS pruža odličan sistem vizualizacije putanja letova, kapaciteta ili izometrijskog prikaza buke. Putna infrastruktura predstavlja jednu od najvećih i najvažnijih investicija za jednu državu, na bilo kojem stupnju razvoja. Prijevoz ljudi i dobara bilo u domaćem bilo u međunarodnom prometu je od vitalnog ekonomskog značaja. GIS pomaže u uočavanju povezanosti putne mreže, što je

ključni faktor za projektiranje i održavanje [7]. Što se tiče masovnog putničkog prijevoza GIS se uspješno koristi za:

- Planiranje i analizu putnih relacija
- Dispečing autobusa i reagiranje u slučaju nužde
- Automatsko lociranje i praćenje vozila
- Kreiranje rasporeda
- Nadgledanje autobusnih stajališta i drugih elemenata transporta
- Praćenje, napajanje, komunikacija i signalizacija
- Izvještavanje i analiza nesretnih slučajeva
- Demografske analize za proširivanje kapaciteta
- Planiranje i modeliranje transporta

Također, važno je napomenuti da se GIS koristi i za sljedeće funkcije koje su neophodne za kvalitetno funkcioniranje gradskog prometa [7]:

- Lakše kretanje u prometu te opušteniju vožnju
- Manje vremena provedeno na cesti
- Povećana osobna sigurnost
- Efektivno planiranje prijevoza putnika

GIS kao takav sustav omogućuje nam kvalitetno **upravljanje infrastrukturom** te **nadziranje sigurnosti prometa**. Kada kažemo upravljanje infrastrukturom tada se zapravo misli na održavanje objekata, investiranje i održavanje komunikacije s ekipama na terenu. Pod nadziranje sigurnosti prometa spadaju nezgode, prijevoz opasnog tereta, osvjetljenost prometnica te prometna signalizacija. **Planiranje i upravljanje prometom** omogućuje nam praćenje vozila, prometnica te usmjeravanja, investicije i signalizacije. **Korisničke informacije** nam govore o planiranju putovanja i interaktivnim web kartama. **Ekologija** nam daje uvid u analizu ispušnih plinova, buka i drugo. [7]

Zbog velikog razvoja gradskoga prometa i stanovništva koji je uvjetovan sve većim stupnjem tehnologije i tehnike vrlo je bitno trenutne probleme riješiti i planirati za budućnost. Svjedoci smo sve većeg broja motornih vozila na našim cestama što za sobom uvjetuje veći broj vozača a što znači veći rizik od nastajanja prometnih nesreća. Da bi se takve situacije izbjegle danas se koriste razni GIS alati koji nama kao

korisniku omogućuju lakše snalaženje u vremenu i prostoru a stručnjacima omogućuju lakše planiranje i optimiziranje kompletnoga gradskoga sustava. Grad moramo promatrati kao jedan veliki sustav sa svojim manjim podsustavima jer svako loše planiranje ili pogrešan korak u procesu vezanom za gradski promet donosi velike gubitke vremena, novaca i na kraju samoga strpljenja korisnika gradskog prometa. Mogućnosti primjene GIS-a u gradskom prometu su jako velike i mogu pokriti veliki prostor u kratkom vremenu te omogućiti brzu interakciju informacija korisnicima gradskog prometa.

Mogućnosti primjene GIS-a su velike i one se ostvaruju u sljedećim djelatnostima:

- cestovna i druga javna poduzeća
- državni i lokalni katastra
- urbanističko planiranje
- elektroenergetika
- pošta i telekomunikacija
- sustavi vodovoda i kanalizacije
- zrakoplovne i druge prometne kompanije
- drugi velikih poslovni sustavi

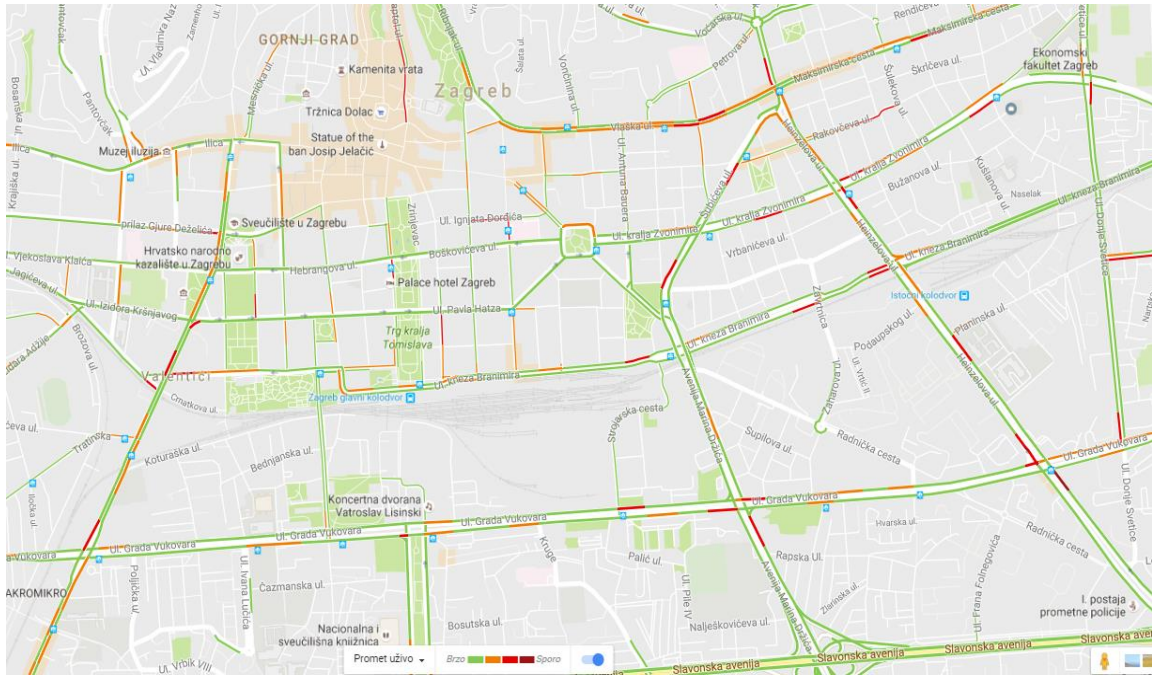
GIS omogućava geodetskim inženjerima da kreiraju inteligentne zemljišne karte pomoću alata za prikupljanje i preuzimanje podataka, kao i geodetskih analiza. GIS integrira neophodne CAD alate za izvođenje zadataka kao što su:

- Dimenzioniranje mreže parcela
- Uređivanje geometrije
- Druge mogućnosti uređivanja i analize

Pomoću mobilnih GIS paketa geodete mogu prikupljati podatke i analizirati ih na terenu, što u većini situacija povećava efikasnost.

Dakle, iz svega navedenoga može se zaključiti da je primjena GIS-a velika i prisutna u svim velikim kompanijama te je neizostavna komponenta svakog velikog procesa. Ako se konkretno bazira na javni gradski prijevoz, u ovom slučaju grad Zagreb, kao najbliža destinacija i naš glavni grad, tada tema ovog rada dobiva još veći značaj. Putnika je sve više, zahtjevi su veći a naša infrastruktura na pojedinim dijelovima grada ne odgovara trenutnim potražnjama za što mirniji i udobniji prijevoz putnika. Zagrebački holding, odnosno njihova podružnica ZET (Zagrebački električni tramvaj) jedina je gradska firma koja obavlja javni gradski prijevoz putnika u gradu Zagrebu. Mreža linija na kojoj prometuju njihova prijevozna sredstva te poprilično moderniziran i noviji vozni park pružaju visoku razinu usluge, međutim infrastruktura prometnica nije još izgrađena na kvalitetan način. Prometna zagušenja koja se pojavljuju u vršnim satima te loše organizirani prometni tokovi samo su jedni od problema s kojima se nosi grad Zagreb kako u cestovnom prijevozu tako i u javnom gradskom prijevozu putnika. U takvim situacijama upotreba GIS-a kao alata uvelike pomaže kod rješavanja takvih problema.

Prometna zagušenja nastaju zbog velikog priljeva vozila iz različitih prometnih tokova a kapacitet prometnica na kojima se odvija promet je preopterećen. Vrijeme vršnoga sata ili obilaska pojedinih dionica zbog radova na njima također pridonose stvaranju velikih kolona, velikom vremenu čekanja i duljini repa čekanja što za sobom smanjuje razinu usluge promatrane prometnice. Zbog takvih situacija većina korisnika vlastitog automobila bira druge alternativne pravce kako bi izbjegli gužve i do svoga cilja dolazi sporednim pravcima, a upravo u tome nam može pomoći jedan od GIS alata kao na primjer **Google maps** koji je danas sve više popularan u prometu. Jedna od mogućnosti koju pruža Google Maps je **Live traffic**, koju su proširili na 50 novih gradova, a jedan od njih je i grad Zagreb. Ulice u kojima je promet zakrčen označene su crnom bojom, brzo prohodne zelenom, dok je žuta boja namijenjena ulicama gdje je promet malo usporen. Crvena je, naravno, za one u kojima promet teče otežano, ali nije potpuni zastoj. Google tu uslugu ionako temelji na podacima GPS-ova mobilnih telefona spojenih na internet. Google analizira signale mobilnih telefona s uključenim lokacijskim postavkama i na temelju podataka o brzini vožnje izračunavaju stanje u prometu. Većina turista kada dođe u nepoznati grad jednostavno se izgubi do svoga odredišta i stvara nepotrebne zastoje i gužve koji za sobom povlače lošu kulturu u vožnji i bijesne reakcije ostalih sudionika prometa.



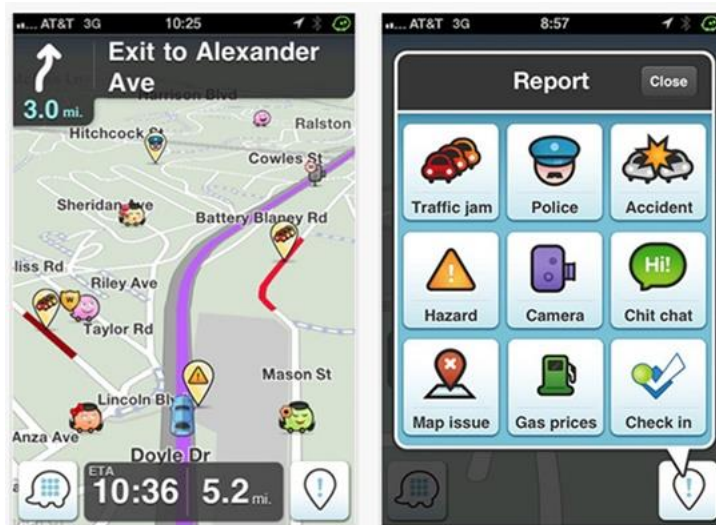
Slika 13. Prikaz sloja prometa u stvarnom vremenu

Izvor: [13]

Uz prometna zagušenja i loše organizirane prometne tokove, grad Zagreb se suočava sa još jednim velikim problemom a to su parkirališna mjesta. Stupanj motorizacije raste iz godine u godinu a površine za izgradnju novih su ograničene. Jedan od primjera korištenja GIS alata je upravo u javnim garažama gdje se dolaskom do navedene garaže može vidjeti da li postoji slobodno mjesto za parkiranje te konkretan broj slobodnih mjesta. Takav način obavijesti prema vozačima uvelike smanjuje stres i vrijeme vožnje a samim time pospješuje kompletan promet.

Uz aplikaciju **Live traffic**, postoji i **waze** aplikacija. Zasnovana je na principima "opće dobrobiti" što se tiče prometa. Povezivanjem vozača kreiraju se lokalne zajednice koje zajedno rade na poboljšanju kvalitete prometa na svakodnevnim rutama. Takvim pristupom dolazi se do izbjegavanja frustracija zbog gužvi, upozorava se na policijske zasljeđe te se skraćuje vrijeme putovanja između doma i posla otkrivanjem potpuno novih ruta. Nakon zadavanja odredišne adrese, korisnici voze s aktivnom aplikacijom i time pasivno pridonose informacijama o prometu i stanju na cestama. Također, mogu i aktivno doprinosti dijeljenjem prijava o nesrećama, policijskim zasjedama, ili opasnostima, pružajući tako obližnjim korisnicima uvid u ono što ih očekuje na putu.

Osim lokalne zajednice vozača koji koriste aplikaciju, **Waze** je također alat aktivnoj zajednici uređivača karata koji se brinu da podaci u njihovim područjima budu što je moguće bolje ažurirani. [14]



Slika 14. Prikaz waze aplikacije

Izvor: izradio autor

Dakle, na slici se može vidjeti prikaz waze aplikacije, to jest na koji način funkcionira. Zahvaljujući ovakvoj vrsti GIS alata dostupne su nam informacije poput:

- trenutne lokacije i udaljenosti do odredišta
- prometnih zagušenja i mjesta prometnih nesreća
- mjesta policijskih zaseda i postavljenih kamera za kontrolu brzine
- lokacija benzinskih postaja te aktualnih cijena goriva

Razlozi za primjenu GIS alata u gradskom prometu su veliki a ono što je najvažnije da su sa stajališta nas kao korisnika i stručnjaka koji rade na njihovom razvitku u potpunosti opravdani. Mogućnost primjene također je velika iz razloga što je stupanj tehnologije i tehnike danas na visokom nivou, jedini problem ostaju financije i uloga države koja odlučuje u kojoj će mjeri ulagati u razvitak svog prometa.

6. Uporaba geografskog informacijskog sustava u javnom gradskom prijevozu

Uporaba GIS-a u javnom gradskom prometu je velika i ima značajnu ulogu u njegovom funkcioniranju. Tema ovog rada se bazira na javnom gradskom prometu pa će se navesti samo oni alati koji su vezani uz ovakvu vrstu prijevoza ili srodni sa njime. Javni gradski prijevoz putnika moramo promatrati kao jedan od podsustava svakog grada kako bi mogli zapravo shvatiti bit njegovog postojanja. Prvi i najvažniji je prikaz velikog broja podataka u grafičkom i kartografskom prikazu gdje se na vrlo jednostavan način mogu pokazati rezultati. Također, može se sa velikom točnošću pratiti broj vozila te pružati putnicima točne informacije o dolasku vozila na određeno stajalište. Operateri javnog gradskog prijevoza najčešće su korisnici takvih sustava i tehnologija. Izrada voznih redova u prošlosti je bio mukotrpan posao ali razvojem GIS sustava vrlo lako se mogu izrađivati kompleksni vozni redovi te integracija voznih redova više podsustava javnog gradskog prijevoza predstavlja malen ili gotovo nikakav problem. Omogućen je prikaz svih tarifnih sustava unutar sustava javnog gradskog prijevoza bez obzira na njihovu kompleksnost. Moguće je utvrditi indikatore koji utječu na kvalitetu sustava JGP-a te prati njihove učinke i rezultate [13]. Konkretno opisat će se i analizirati par GIS alata a to su:

- TransCAD
- PTV Visum
- QGIS
- Google maps
- Analiza rute javnog gradskog prijevoza

6.1. TransCAD

TransCAD predstavlja najpoznatije programsko rješenje za primjenu GIS-a u planiranju prijevoznog procesa. Kombinira GIS i mogućnosti prometnog modeliranja u jednu integriranu platformu, pružajući mogućnosti koje su neusporedive s bilo kojim drugim programskim paketom. TransCAD može se koristiti za sve oblike prijevoza, u bilo kojem geografskom koordinatnom sustavu ili razini detalja. Neke od mogućnosti koje pruža su[15]:

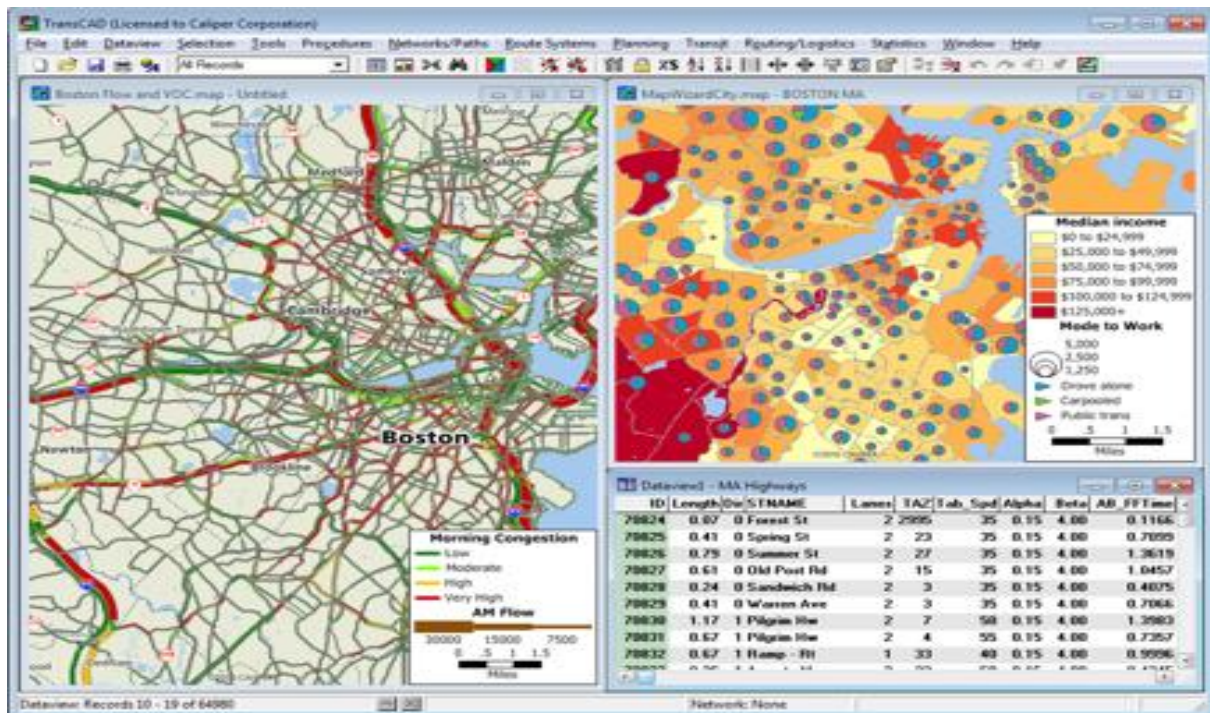
- GIS platformu s posebno razvijenim modulima za prijevoz
- alate za kartografiju, vizualizaciju, i analizu, dizajnirane za primjenu u planiranju prijevoza
- posjeduje module za predviđanje prometne potražnje, planiranje javnog prijevoza, rutiranje i upravljanje lokacijama

TransCAD je aplikacija za sve vrste prijevoznih podataka za sve oblike prijevoza, te je idealan za izgradnju prijevoznih informacijskih sustava i sustava za podršku odlučivanju. Jedan je od programski paketa koji u potpunosti integrira sa GIS-om po pitanju modeliranja potražnje i logistike funkcionalnosti. To ga čini mogućim za sve modele pa je stoga puno točniji i učinkovitiji. Na primjer, mrežne udaljenosti i vremena putovanja temelje se na stvarnom stanju cestovne mreže i pravilnoj zastupljenosti čvorišta autoceste. Također, s mreže, možete odrediti složenost ceste, odnosno attribute poput kamionskih isključenja, kašnjenja na raskrižjima, jednosmjerne ulice i građevinske zone[15]. Nadalje, priprema podataka uvelike je olakšana te baza podataka i mogućnosti vizualizacije mogu uočiti pogreške prije nego što uzrokuje probleme.

TransCAD dolazi u dvije verzije, Standard (ili puni TransCAD) i baze TransCAD. Baza TransCAD je izgrađena od istog programa kao standard TransCAD. Baza TransCAD ima većinu GIS mogućnosti TransCAD-a, ali mnogo manje procedura za transportno planiranje i analizu. Postupci uključeni s obje verzije TransCAD-a uključuju mrežno stvaranje, izračune najkraćih puteva, mreža participiranja, kao i stvaranje mreže bendova (Izokroni). Postupci koji nisu uključeni u osnovnom TransCAD-u su prognoze potražnje putovanja i usmjeravanja logističkih postupaka.[15]

Ova vrsta aplikacije posjeduje matrice koje sadržavaju podatke kao što su udaljenost, vremena putovanja, i izvor-odredište tokova koji su neophodni za mnoge transportne aplikacije. TransCAD pruža funkcije za kreiranje i manipulaciju matrice i alate za prostorne analize i naprednu vizualizaciju podataka matriksa. Ova kombinacija omogućuje da se vide i razumiju tokovi transporta i karakteristike mreže na različite načine. Rute pokazuju puteve kamiona, željeznice, automobila, autobusa, ili pojedinaca koji putuju od mjesta do mjesta. TransCAD uključuje alate za stvaranje, prikaz, uređivanje i manipulaciju rute i jedinstven prikaz tehnologije za mapiranje

pravaca na jasan i uvjerljiv način. Možete organizirati skup srodnih pravaca u jedan sloj ruta sustava, a uključuju atribute rute, zaustavnih lokacija i raspored vozila.[15]



Slika 15. Primjer uporabe transCAD-a u SAD-u (grad Boston)

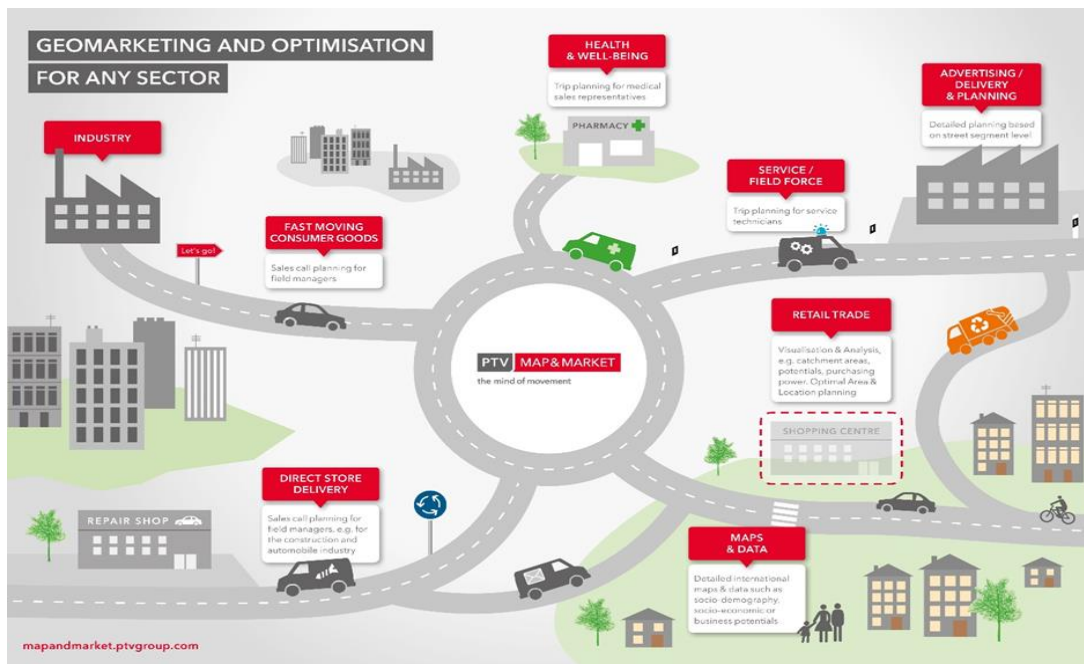
Izvor: [16]

6.2. PTV Visum

PTV Visum je vodeći svjetski software za prometne analize, predviđanja i GIS bazirano upravljanje podacima. Sadrži modele za sve sudionike u prometu i njihove interakcije. Ovakva vrsta aplikacije danas je priznata norma u prometnom planiranju. PTV Visum koriste stručnjaci u prijevozu putnika za modele transportnih mreža i putovanja, prometnu potražnju, analizu očekivanog prometa, planiranje usluge javnog prijevoza te razvijanje naprednih prometnih strategija i rješenja.[17] PTV Visum sadrži sljedeće inačice koje se odnose na javni prijevoz:

- PTV Visum Safety
- PTV Vissim
- PTV Visswalk
- PTV Vistro

- PTV Optima
- PTV Balance
- PTV Epics
- PTV Vistad
- PTV Visum Data Analytics



Slika 16. Optimalno planiranje i funkcioniranje sustava pomoću PTV Visum-a

Izvor: [19]

Također, navest ćemo 10 razloga zašto bi trebalo koristiti PTV Visum za planiranje javnog gradskog prijevoza putnika [18]:

- 1) **Brz unos i ispis potrebnih podataka** – prilično lagan i brz unos svih potrebnih podataka u promatranom procesu te njihov ispis na ekranu
- 2) **Namjenski model podataka** – model podataka koji nam daje temeljne informacije o javnom prijevozu putnika
- 3) **Fleksibilna interakcija uređivanja linijskih ruta** – automatsko vođenje kraćim rutama do zadanog cilja
- 4) **Vremensko – grafički prikaz** – jednostavan i namjenski alat za stvaranje, uređivanje i prikaz podatak preko grafikona i vremenskih raspodjela

5) Bogata baza algoritama – set algoritama koji omogućuje simulacije kretanja putnika te njihovih potreba uključujući i autoceste

6) Sheme linijskih dijagrama – sheme koje omogućuje lakšu vizualizaciju i planiranje u daljnjem procesu

7) Linije blokiranja te raspored vozila – algoritmi koji mogu rasporediti vozila po kategorijama s mogućnošću određivanja kapaciteta putnika

8) Cijena vožnje – smanjivanje cijene vožnje zbog odabira kvalitetnijih ruta do odredišta

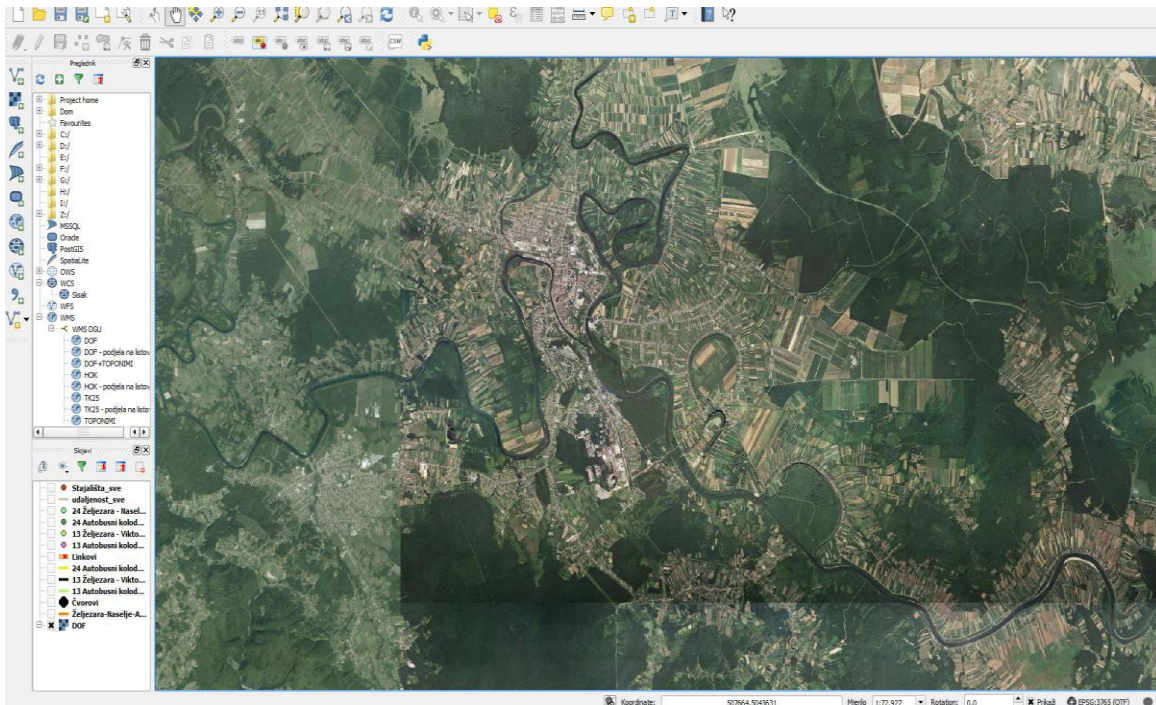
9) Indikatori uvjeta – set indikatora koji analiziraju volumen putnika, određuju strukturu prometa, određuju poštenu cijenu usluge, pružaju optimalnu povezanost, te pružaju informaciju o troškovima navedene usluge

10) Analiza prihoda i troškova – prikaz prihoda i troškova , prikaz uspješnosti poslovanja te kvaliteta razine usluge koja se pruža

6.3. QGIS

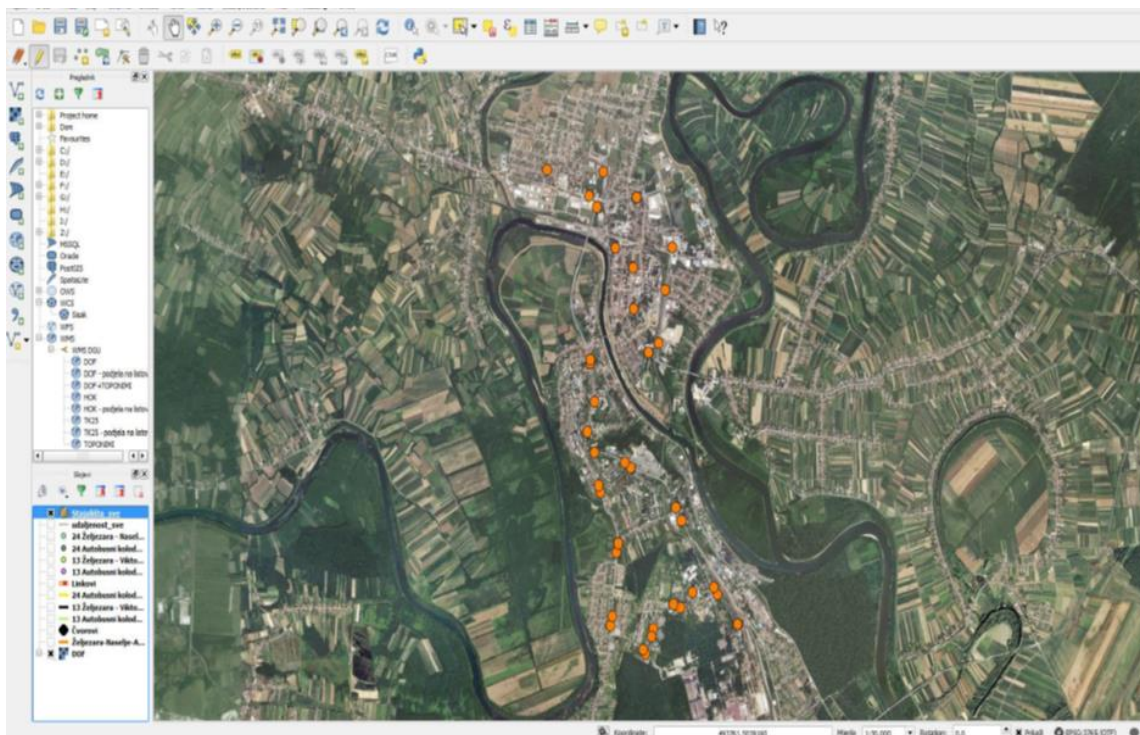
QGIS (ranije poznat i kao "Quantum GIS") je računalna GIS aplikacija otvorenog koda koja omogućuje vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje geopodataka. Slično ostalim GIS aplikacijama, QGIS korisnicima omogućuje stvaranje karata s većim brojem slojeva koji koriste različite projekcije karata. Karte mogu biti sastavljene u različitim formatima i za različite namjene. QGIS omogućuje stvaranje karata koje se sastoje od rasterskih ili vektorskih slojeva. Vektorski podaci mogu biti pohranjeni kao točke, linije ili poligoni, a podržane su različite vrste rasterskih slika. Program podržava i georeferenciranje. QGIS pruža integraciju s drugim GIS paketima otvorenog koda, uključujući PostGIS, GRASS GIS i MapServer koji korisniku omogućuju dodatnu funkcionalnost. Dodatne mogućnosti pružaju i priključci pisani u Pythonu ili C++.

Na primjeru grada Siska pokazat će se kako je ustvari QGIS koristan alat za javni gradski prijevoz i kako se preko njega može planirati proces za prijevoz putnika.



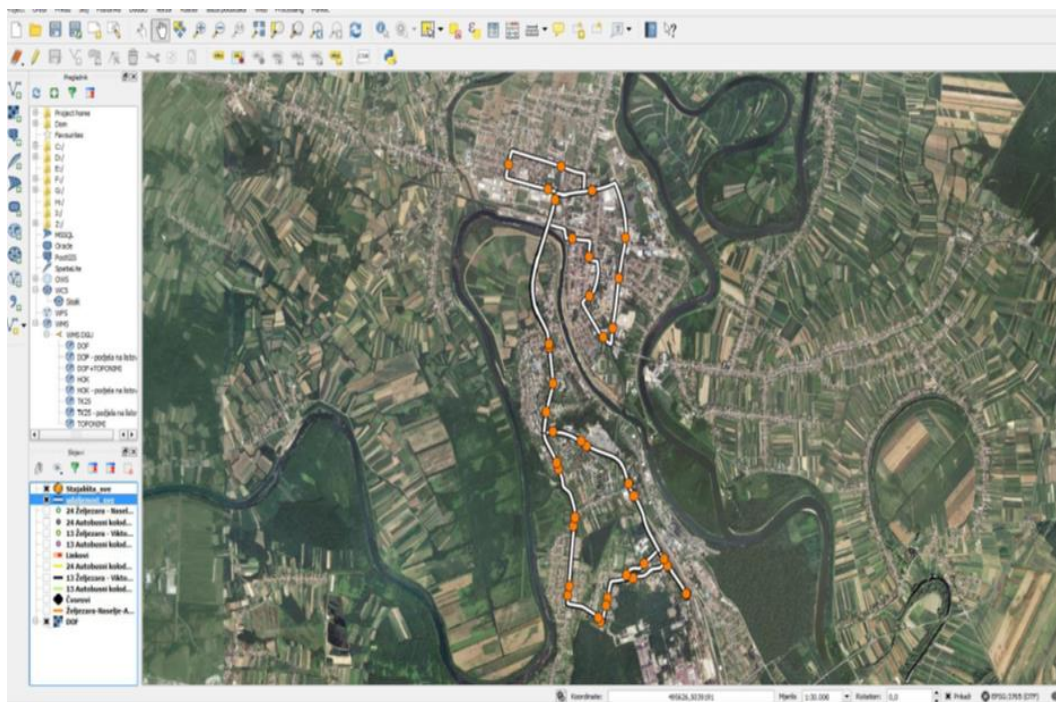
Slika 17. Prikaz grada Siska u QGIS-u

Izvor: [13]



Slika 18. Prikaz stajališta JGP-a u gradu Sisku u QGIS-u

Izvor: [13]



Slika 19. Prikaz stajališta sa ucrtanim linijama JGP-a u Sisku u QGIS-u

Izvor: [13]

Kao slobodni softver pod GNU GPL licencijom, QGIS se može slobodno modificirati za izvođenje raznih specijaliziranih zadataka, a proširenje njegove osnovne funkcionalnosti moguće je i kroz korištenje brojnih priključaka. QGIS omogućava upotrebu različitih vrsta datoteka (dxf, shapefile, itd.) kao i personalizirane geobaze podataka. QGIS podržava MapInfo, PostGIS i druge različite formate kao i mrežne servise koji omogućuju korištenje vanjskih izvora podataka.

6.4. Google maps

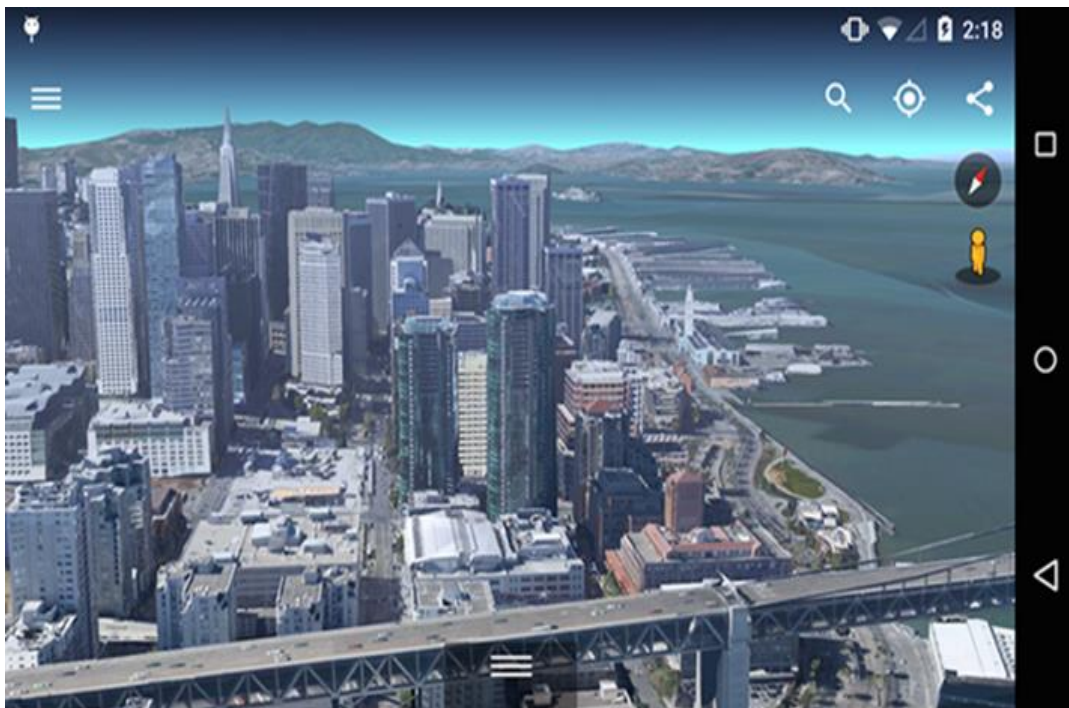
Google Maps je tehnologija besplatnih digitalnih mrežnih karata, koje čine osnovu mnogih servisa i usluga, od pregledavanja satelitskih snimaka, planiranja trase putovanja (plana kretanja), lokatora traženih mjesta, itd. Posjeduje jednostavnu implementaciju na različite web stranice, kombiniranje sa drugim aplikacijama, razvoj dodatka i prilagođavanje specifičnim potrebama. Zasnovana na istoj tehnologiji postoji i kao zasebna aplikacija namijenjena instaliranju i korištenju na pojedinim osobnim računalima sa vezom na internet, Google Earth, virtualni globus.

Osnova sustava temelji se na digitalnim kartama koje su zapravo vektorske slike, dok su satelitske snimke rasterskog tipa, a podržane su uglavnom u visokoj razlučivosti za sva područja velike naseljenosti i važne zemljopisne lokacije. Fotografije se polako prikupljaju kako nastaju, nakon odabira se implementiraju u sustav, te je tako većina fotografija starija od godinu dana, a neke potječu čak iz 2001. godine. Treba napomenuti da su neke fotografije najvećih rezolucija ustvari "zračne" snimke iz zrakoplova, a ne satelitske. Zbog takve koncepcije, sustav je podložan greškama kao i svaki drugi, tako da ponekad slika koju pruža Google Maps nije realna i ne odgovara trenutnoj situaciji zbog promjena koje su nastale nakon što je fotografija nastala. Zbog te lake dostupnosti poprilično preciznih fotografija naseljenih područja Zemlje, postoje primjedbe jer bi se sustav mogao koristiti za planiranje terorističkih napada, te su zbog toga neki dijelovi fotografija cenzurirani, pretežito državne lokacije i objekti u Sjedinjenim Američkim Državama.

Najkorisnija mogućnost koju pruža Google Maps je skup podataka o cestama i prometnicama sa pripadajućim svojstvima i oznakama, turističkim lokacijama (poput restorana, hotela, parkova), prirodnim i umjetničkim znamenitostima, društvenim lokacijama, geopolitičkim određenjima, itd. Pomoću tih podataka, koji čine digitalno stvoreni sustav karata, može se planirati zamalo bilo što vezano uz putovanje ili transport, od određivanja plana vožnje cestama uz upute o pravcima vožnje, traženja smještaja, određivanja mjesta koja će se posjetiti, najisplativijih pravaca za transport ili pak onih koji pružaju najviše zadovoljstva pri putovanju, itd. Te digitalne karte čine zaseban sloj za prikazivanje koji se može kombinirati sa satelitskim kartama za još informativniji prikaz određenog dijela zemljine površine.

Tehničku i izvedbenu bazu sustava čine JavaScript (skriptni jezik) i XML (jezik za označavanje podataka), te je Google Maps, kao i mnogi drugi softverski proizvodi bio podvrgnut obrnutom inženjeringu (reverse engineering) zbog razvoja dodatnih skripti i raznih neslužbenih dodataka koji proširuju postojeće ili dodaju nove mogućnosti sučelju, uz službene nadogradnje i evoluciju softvera. Neki poznatiji dodaci su prikaz nekretnina za iznajmljivanje, karte raširenosti zločina, a postoje i razne klijentske skripte za prilagođavanje podataka koje Google Maps prikazuje. Sve je popularnije kombiniranje sa Flickr službom/zajednicom za razmjenu vlastitih fotografija. Dio razvoja Google Maps-a uključuje i Google Maps API (Application Programming Interface), sučelje za programiranje primarno namijenjeno integraciji u

web stranice i prilagodbi vlastitim potrebama. Google Earth kao samostojeći program implementira i neke dodatne mogućnosti, poput trodimenzionalnih modela građevina dodanih na karte i izometrijske poglede na iste, poveznice na Wikipedia članke lokacija i objekata koji se promatraju, Panoramio uslugu poveznica na razne korisničke fotografije istih objekata i lokacija, ESA (European Space Agency) satelitske nekartografske fotografije površine planeta danju/noću i slično.



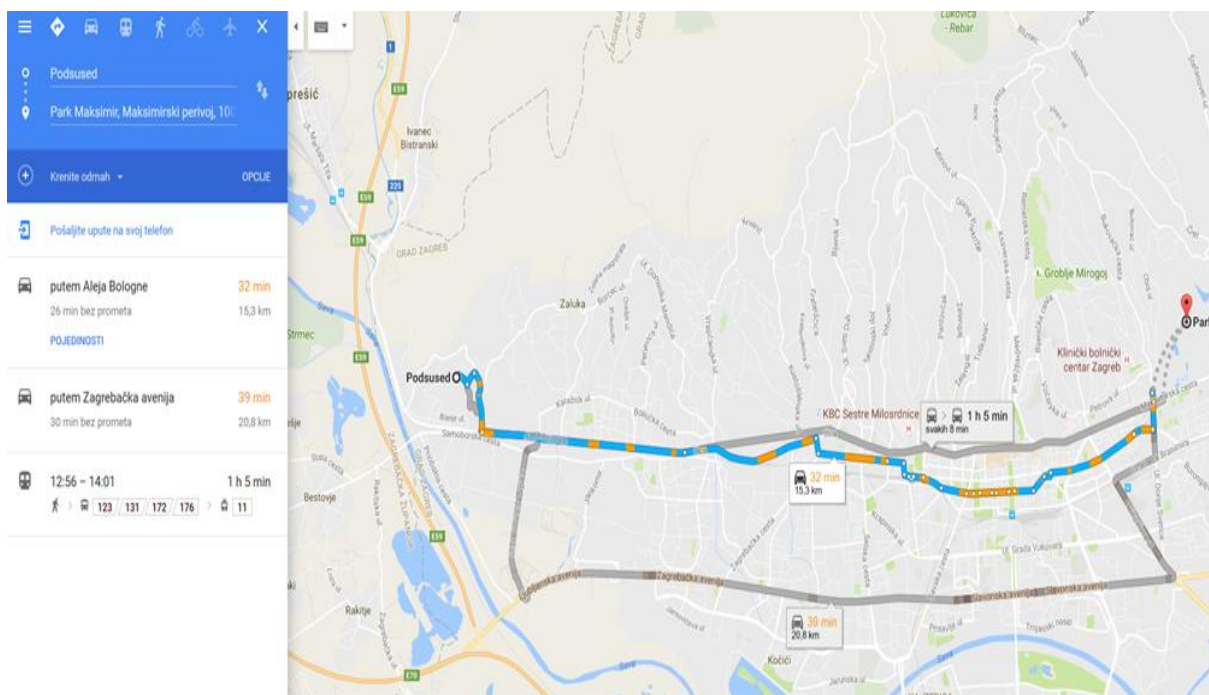
Slika 20. Prikaz 3D modela u Google Earthu

Izvor: izradio autor

Korisničko sučelje je jednostavno za navigaciju, povlačenje mišem premješta pogled na druge lokacije, mogući su skokovi na određene koordinate i potraga za lokacijama, podržano je zumiranje do različitih nivoa virtualnog pogleda na Zemlju putem stvarnih satelitskih snimaka i stvorenih digitalnih karata različite kvalitete, ovisno o važnosti promatranog područja, razne načine prikaza karata, od umjetno pridodanih geopolitičkih oznaka, prometnica, puteva, noćnih snimaka, prikaza važnih lokacija, turističkih odredišta, kulturnih znamenitosti, itd. Uz sve navedeno možemo primjetiti da ovakva vrsta alata uvelike može doprinosti razvoju gradskoga prometa. Zahvaljujući Google Mapsu možemo vidjeti kompletnu situaciju površina u gradu Zagrebu te koje su mogućnosti izgradnja novih prometnica ili nekih drugih zahvata čime bi se poboljšala dinamika osobnog ali i javnog prijevoza.

6.5. Analiza rute javnog gradskog prijevoza

Na primjeru analize rute pokušat će se zapravo objasniti svrha i uloga GIS alata u javnom gradskom prijevozu. Za analizu rute odabrat će se Podsused kao zapadni dio grada te Maksimir kao istočni dio grada Zagreba u vremenskom razdoblju od 13 do 14 sati. Analiza će uključivati osobni automobil, pješačenje, javni gradski prijevoz i željeznicu. Pomoću Google maps-a obaviti će se analiza na način da se prvo upiše jedna od dvije navedene destinacije. Nakon što se odabere destinacija, Google maps će prikazati lokaciju naše destinacije sa kratkim opisom upisanog mjesta. Nakon toga odaberemo drugu destinaciju.



Slika 21. Prikaz rute Podsused – Maksimir

Izvor: izradio autor

Ono što se može primjetiti da je korisničko sučelje vrlo jednostavno za koristiti na način da pruža sve potrebne informacije na jednom mjestu. Izbornik se nalazi na lijevoj strani sa gornjim dijelom u plavoj boji dok je donji dio u kombinaciji bijele pozadine sa crnim slovima. Pod izbornikom opcije nude se mogućnosti opcije rute na način da možemo birati da li će se putovati autobusom, podzemnom željeznicom, vlakom ili tramvajem/gradskom željeznicom. Isto tako može se birati između najbolje

rute, rute sa manje presjedanja i rute sa kraćim pješaćenjem. Ispod toga nalaze se pojedinosti o putovanju kao što su:

- Vrijeme putovanja
- Vrijeme polaska i dolaska
- Način putovanja
- Brojevi linija autobusa koji prevoze na navedenoj ruti
- Brojevi linija tramvaja koji prevoze na navedenoj ruti
- Intervale polazaka JGP-a
- Detaljan opis navigacijskog vođenja
- Preglednik vozni redova

Na izbor su ponuđene tri vrste dolaska na odredište, dvije sa osobnim automobilom i jedna putem javnog gradskog prijevoza. Prva ruta se odvija putem Aleje Bologne u trajanju od 32 minute u dužini od 15.3 kilometara. Druga ruta nas usmjerava kroz Zagrebačku aveniju u trajanju od 39 minuta u dužini od 20.8 kilometara. Treća ruta se odnosi na javni gradski prijevoz te kombinira pješaćenje, autobus i tramvaj u trajanju od 65 minuta. Ako se u opcijama odabere za prijevozno sredstvo osobni automobil na izbor nam se nude tri mogućnosti koje uključuju prve dvije spomenute i dodatnu treću koja se kreće putem Jadranske avenije u trajanju od 41 minute sa dužinom od 25.7 kilometara. Kada se odaberu vozila javnog gradskog prijevoza u izborniku su ponuđena četiri alternativna pravca:

- 1) pješaćenje, autobus broj 131 te tramvaj broj 11 u trajanju od 65 minute
- 2) pješaćenje, autobus broj 172 ili 176 te tramvaj broj 11 u trajanju od 75 minuta
- 3) pješaćenje, autobus broj 123 te tramvaj broj 11 u trajanju od 74 minuta
- 4) pješaćenje, autobus broj 131 te tramvaj broj 6 ili 12 u trajanju od 72 minuta

Ako se odabere opcija pješaćenje, tada putovanje traje 180 minuta duž 14.4 kilometara dugu dionicu i odvija se putem Aleje Bologne i Ilice. Da se vide neke razlike, te prednosti i nedostaci pojedinih vidova prijevoza napraviti će se analiza svakog posebno te usporedba između njih.

Tablica 1. Tri alternativna pravca rute Podsused - Maksimir

Vrsta prijevoza	Duljina (km)	Trajanje (min)
Osobni automobil – varijanta 1	15.3	32
Osobni automobil – varijanta 2	20.8	39
Javni gradski prijevoz	/	65

Tablica 2. Alternativni pravci za javni gradski prijevoz

Javni gradski prijevoz	Trajanje (min)
Varijanta 1	65
Varijanta 2	75
Varijanta 3	74
Varijanta 4	72

Iz prve tablice vidljiva je velika prednost osobnog automobila nasuprot javnom gradskom prijevozu pa će se stoga većina ljudi odlučiti za korištenje osobnog automobila. U drugoj tablici koja se odnosi na javni gradski prijevoz može se vidjeti da varijanta 1 ima najkraće vrijeme putovanja, stoga ona postaje prvi izbor za odabir najbolje rute. Također bitno je napomenuti da kod varijante 2 imamo dvije linije autobusa (172/176), kao i kod varijante 4 dvije linije tramvaja (6/12).

Vozila javnog gradskog prijevoza također mogu konkurirati između sebe pa će se stoga na primjerima analizirati vremena putovanja između autobusa, vlaka i tramvaja. Nakon što se u izborniku odaberu vozila za javni gradski prijevoz u opcijama rute može se odabrati da li će se prednost naglasiti na autobus, vlak ili tramvaj. Analizirati će se svaki posebno na temelju duljine i vremena putovanja.

Za autobus dobivaju se četiri alternativna pravca:

- 1) pješaćenje, autobus broj 131>134>107>216 u trajanju od 103 minute
- 2) pješaćenje, autobus broj 131>109>222>217 u trajanju od 117 minuta

- 3) pješaćenje, autobus broj 131>134>107>236 u trajanju od 100 minuta
- 4) pješaćenje, autobus broj 176>134>107>237 u trajanju od 94 minute

Dakle, može se vidjeti da varijanta 4 ima najkraće vrijeme putovanja stoga ona postaje prvi odabir.

Za vlak će se odabrati kao polazni kolodvor **Podsused stajalište**, a za dolazni kolodvor **Maksimir**. Ovisno o voznim redovima, najkraće vrijeme putovanja iznosi 23 minute, a najduže 32 minute. Za primjer uzet će se prosječno vrijeme i ono će iznositi oko 25 minuta.

HZnet				
Prikaz rasporeda vlakova				
Relacija: PODSUSED STAJALIŠTE - MAKSIMIR				
SAMO IZRAVNI VLAKOVI				
Datum polaska: 06.09.16.				
14:19*	8053	14:45	00:26	MAKSIMIR 14:45
15:02*	8057	15:31	00:29	MAKSIMIR 15:31
15:18	8059	15:46	00:28	MAKSIMIR 15:46
15:38	8061	16:06	00:28	MAKSIMIR 16:06
16:01	8063	16:27	00:26	MAKSIMIR 16:27
16:17	2105	16:49	00:32	MAKSIMIR 16:49
16:41	8067	17:09	00:28	MAKSIMIR 17:09
17:32	8071	17:55	00:23	MAKSIMIR 17:55
17:50	8073	18:14	00:24	MAKSIMIR 18:14
18:57	8079	19:22	00:25	MAKSIMIR 19:22
19:28	8081	19:52	00:24	MAKSIMIR 19:52
19:51	8083	20:18	00:27	MAKSIMIR 20:18
20:26	8085	20:55	00:29	MAKSIMIR 20:55
20:54	8087	21:21	00:27	MAKSIMIR 21:21
21:30	8091	21:53	00:23	MAKSIMIR 21:53
23:00	8095	23:24	00:24	MAKSIMIR 23:24

Slika 22. Prikaz voznih redova za vlak

Izvor: izradio autor

Ako se u opcijama postavi prednost za tramvaj tada se dobivaju sljedeći pravci:

- 1) pješaćenje, autobus broj 123/131/176 te tramvaj 11 u trajanju od 66 minuta
- 2) pješaćenje, autobus broj 123/131/172/176/177 te tramvaj 2/6>4 u trajanju od 82 minute
- 3) pješaćenje, autobus broj 123/131/172/176/177 te tramvaj 2/6>5 u trajanju od 85 minuta
- 4) pješaćenje, autobus broj 123/131/176 te tramvaj 6>12 u trajanju od 74 minute

Dakle, varijanta 1 ima najkraće vrijeme putovanja stoga ona postaje prvi izbor kod odabira najbolje rute. Jedna od bitnih stvari koje treba napomenuti kod autobusa i tramvaja su **preglednici voznih redova** koji su dostupni na samom dnu izbornika za

svaku vrstu vozila posebno. Oni omogućuju korisnicima javnog gradskog prijevoza lakše snalaženje u prostoru i vremenu te na jednostavan način prikazuju na vremenskoj crti intervale dolazaka vozila javnog gradskog prijevoza.



Slika 23. Prikaz preglednika voznog reda za autobus i tramvaj

Izvor: izradio autor

Tablica 3. Usporedba vremena putovanja između autobusa i tramvaja

Autobus	Trajanje (min) za autobus	Tramvaj	Trajanje (min) za tramvaj
Varijanta 1	103	Varijanta 1	66
Varijanta 2	117	Varijanta 2	82
Varijanta 3	100	Varijanta 3	85
Varijanta 4	94	Varijanta 4	74

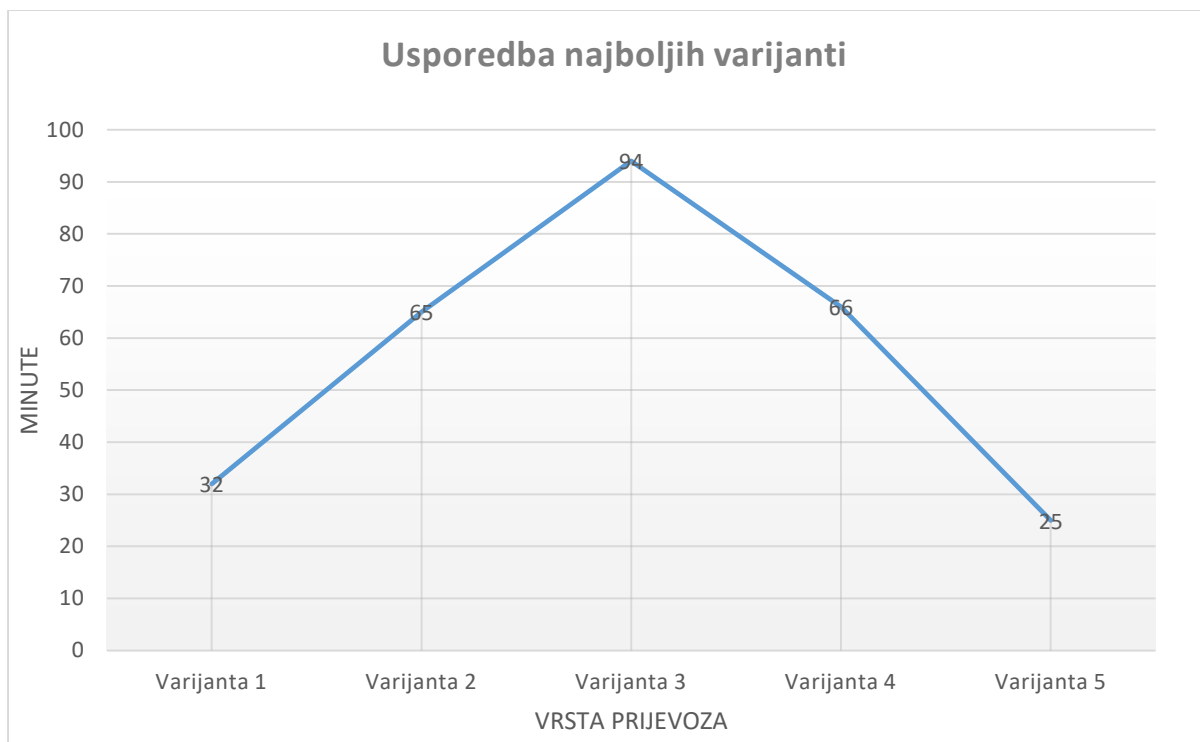
Iz tablice je vidljivo da je prednost na strani tramvaja koji u kombinaciji sa autobusom obavlja uslugu prijevoza na relaciji Podsused – Maksimir. Na nekim dijelovima grada Zagreba tramvajski promet je izdvojen a autobusni je u koliziji sa

ostalima i zbog toga dolazi do razlike u vremenima putovanja. Također broj presjedanja je isto bitan faktor za vrijeme putovanja a može se vidjeti da je kod autobusa taj broj daleko veći nego kod tramvaja. Od svega navedenoga imamo pet opcija kako doći do odredišta a to su:

- osobni automobil
- javni gradski prijevoz (uključeni autobus i tramvaj)
- javni gradski prijevoz s naglaskom na autobus
- javni gradski prijevoz s naglaskom na tramvaj u kombinaciji sa autobusom
- vlak

Od svakoga uzet će se najbolja ruta s najkraćim vremenom putovanja i dobit će se sljedeći rezultati:

- 1) osobni automobil – ruta u trajanju od 32 minute (Tablica 1.)
- 2) javni gradski prijevoz – ruta u trajanju od 65 minuta (Tablica 1.)
- 3) javni gradski prijevoz s naglaskom na autobus – ruta u trajanju od 94 minute (Tablica 3.)
- 4) javni gradski prijevoz s naglaskom na tramvaj u kombinaciji sa autobusom – ruta u trajanju od 66 minuta (Tablica 3.)
- 5) vlak – uzeo se za primjer prosjek vremena oko 25 minuta



Grafikon 1. Usporedba najboljih varijanti

Izvor: izradio autor

Varijanta 1 označava kao što se gore prethodno navelo najbolju rutu za osobni automobil. Varijanta 2 se odnosi na javni gradski prijevoz. Ista stvar vrijedi za varijante 3, 4 i 5. Iz grafikona se može zaključiti da je najbolja varijanta putovati vlakom koji ima najkraće vrijeme putovanja od svega 25 minuta i više se isplati nego recimo osobni automobil ili bilo koja vrsta javnog gradskog prijevoza. Iznos novaca koji će se dati za kartu za vlak u konačnici izađe manje nego troškovi goriva i amortizacije za osobni automobil.

7. Zaključak

Uporabom GIS programskih alata i njihovim razvojem rješavanje problema koji su prije bili praktički nerješivi mogu se riješiti vrlo lagano i točno. Na kartama bilo kojeg formata može se prikazati vrlo velika količina podataka bez obzira na njihovu kompleksnost. Sama obrada podataka i njihova analiza omogućili su simulacije u naprednim GIS programskim alatima koji su omogućili vrlo precizan i detaljan prikaz realnih rezultata kroz određeni model.

Putem GIS alata kao što je Google Maps planiranje putovanja danas je jednostavno i pruža dovoljno informacija za odabir najoptimalnije rute. TransCad i PTV Visum su najzastupljeniji alati za organizaciju i planiranje javnog gradskog prijevoza. Ovakve vrste simulacija omogućuju jednostavan prikaz prometnih tokova, preglednika voznih redova te upozoravaju korisnika na moguće prepreke u prometu.

Na odabranom primjeru analize putem GIS alata Google maps, došlo se do zaključka kako je odabir najoptimalnije rute zapravo kompleksan proces koji ovisi o vremensko-prostornim mogućnostima i raznim indikatorima u prometu.

Zahvaljujući ovakvoj vrsti alata vrijeme putovanja se može smanjiti, a planiranje korisnicima JGP-a je olakšano i pojednostavljeno. Također, omogućeno je lakše planiranje prometne infrastrukture i organizacije prometnih tokova putnika i robe u određenom urbanom okruženju, moguća je izrada transportnih master planova te simulacija u prometu. Ostvaruje se import mreže gradskih prometnica ili linija JGP-a iz određenih izvora, kreira se vlastita mreža putovanja sa određenim atributima koji se prilagođavaju ovisno o potrebama i željama samih putnika. Na temelju ovakvih analiza može se ocijeniti usluga javnog prijevoza te njegova učinkovitost. Dobivaju se podaci o prevezenim putnicima te o ponuđenom operativnom kapacitetu itd.

Također, uz sve navedeno, treba optimizirati troškove svih sustava i smanjiti ih na najmanju moguću mjeru i novčana sredstva usmjeriti na prave puteve. Ulaganja u razvitak javnog prijevoza za svaki grad mogu imati samo pozitivnu povratnu informaciju sa ispunjenjem svih potreba putnika

Literatura

- [1] Štefančić, G.: Tehnologija gradskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, p. 1-313, Zagreb, 2010.
- [2] Mihotić Irena: Geografski informacijski sustav, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [3] Slosar Morena: GIS (Geografski informacijski sustav) u cestovnom prometu, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2013.
- [4] Perković Dario: Faze razvoja GIS-a, Rudarsko-geološki-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2010.
- [5] Tutić Dražen, Vučetić Nada, Lapaine Miljenko: Uvod u GIS, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.
- [6] http://croatia.gdi.net/wp-content/uploads/2011/06/05_Nomad.jpg (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [7] Garafolić Nikola, Milek Neven: GIS i transport
- [8] <http://static3.ekupi.eu/ekupih/4884843.jpeg> (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [9] http://www.poslovnipuls.com/wp-content/uploads/2013/10/pc_v.jpg (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [10] http://www.promotehna.hr/adminmax/images/photo/BID-one_open%20V.jpg (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [11] <https://media.licdn.com/mpr/mpr/p/3/005/099/265/2096925.jpg> (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [12] <http://www.autodesk.com/blogs>. (pristupljeno: kolovoz 2016)
- [13] Slavulj Marko: GIS prezentacija, bilješke sa predavanja Tehnologije gradskog prometa 2, 2016
- [14] <https://www.waze.com/hr> (pristupljeno: kolovoz 2016)

[15] <http://www.caliper.com/tcovu.htm> (pristupljeno: kolovoz 2016)

[16] [http://www.caliper.com/Graphics/TransCAD Transportation Software Screen.png](http://www.caliper.com/Graphics/TransCAD_Transportation_Software_Screen.png) (pristupljeno: kolovoz 2016)

[17] <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/home/> (pristupljeno: kolovoz 2016)

[18] <http://www.slideshare.net/PTVGroup/10-reasons-you> (pristupljeno: kolovoz 2016)

[19] http://compass.ptvgroup.com/wp-content/uploads/2015/06/2015-06-18_MapAndMarket_Branches_EN_300dpi.jpg (pristupljeno: kolovoz 2016)

Popis kratica

GIS – Geografski informacijski sustav

CAD – Computer Aided Design

DBMS – Data Base Managment Systems

RGB – Red (crvena), green (zelena), blue (plava)

TNM – Triangulated irregular networks

GPS – Globalni navigacijski sustav

ZET – Zagrebački električni tramvaj

JGP – Javni gradski prijevoz

Popis slika

Slika 1. Digitalna kartografija i Data Base Management Systems.....	4
Slika 2. Ručno računalo (palm pilot).....	6
Slika 3. Terensko računalo.....	7
Slika 4. Prijenosno računalo.....	8
Slika 5. Osobno računalo.....	8
Slika 6. Radna stanica.....	9
Slika 7. Velika računala.....	9
Slika 8. Komponente GIS-a.....	12
Slika 9. AutoCAD map	13
Slika 10. Primjer složenog vektorskog prikaza elemenata u GIS-u	15
Slika 11. Prikaz odnosa između realnog svijeta i njegovog prikaza u rasterskom i vektorskom obliku u GIS-u	16
Slika 12. Kontinuirani i diskretni model podataka.....	17
Slika 13. Prikaz sloja prometa u stvarnom vremenu.....	24
Slika 14. Prikaz waze aplikacije.....	25
Slika 15. Primjer uporabe transCAD-a u SAD-u (grad Boston).....	28
Slika 16. Optimalno planiranje i funkcioniranje sustava pomoću PTV Visum-a.....	29
Slika 17. Prikaz grada Siska u QGIS-u	31
Slika 18. Prikaz stajališta JGP-a u gradu Sisku u QGIS-u.....	31
Slika 19. Prikaz stajališta sa ucrtanim linijama JGP-a u Sisku u QGIS-u.....	32
Slika 20. Prikaz 3D modela u Google Earthu.....	34
Slika 21. Prikaz rute Podsused – Maksimir.....	35

Slika 22. Prikaz voznih redova za vlak.....38

Slika 23. Prikaz preglednika voznog reda za autobus i tramvaj.....39

Popis tablica

Tablica 1. Tri alternativna pravca rute Podsused – Maksimir.....37

Tablica 2. Alternativni pravci za javni gradski prijevoz.....37

Tablica 3. Usporedba vremena putovanja između autobusa i tramvaja.....39

Popis grafikona

Grafikon 1. Usporedba najboljih varijanti.....41

