Zemljopisni informacijski sustavi

Mržljak, Ines

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:195:759452

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište u Rijeci
Fakultet informatike
i digitalnih tehnologija

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Informatics and Digital Technologies - INFORI Repository

zir.nsk.hr

DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

Sveučilište u Rijeci – Odjel za informatiku

Preddiplomski studij jednopredmetne Informatike

Ines Mržljak

Zemljopisni informacijski sustavi

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić

Rijeka, rujan 2020.

ODJEL ZA INFORMATIKU
SVEUČILIŠTE U RIJECI

Rijeka, 01.06.2020.

Zadatak za završni rad

Pristupnik: Ines Mržljak

Naziv završnog rada: Zemljopisni informacijski sustavi

Naziv završnog rada na eng. jeziku: Geographic information systems

Sadržaj zadatka:

U završnom radu potrebno je opisati zemljopisne informacijske sustave (definicija i područje zemljopisnih informacijskih sustava (ZIS), povijesni pregled i trendovi razvoja ZIS-a, osnovni elementi zemljopisnih informacijskih sustava, i tako dalje).

Mentor

Doc. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić

Martina Ašenbrener Katić

Voditelj za završne radove

Doc. dr. sc. Miran Pobar

Zadatak preuzet: 10.06.2020.

Ines Mržljak

(Ines Mržljak)

Sadržaj

1. Sažetak 4
2. Uvod 5
   2.1. Definicije zemljopisnog informacijskog sustava 6
3. Kartografija i geodezija 7
4. Povijest 9
   4.1. Začetak modernog zemljopisnog informacijskog sustava 10
5. Komponente zemljopisnog informacijskog sustava 11
   5.1. Hardver u zemljopisnom informacijskom sustavu 11
   5.2. Softver u zemljopisnom informacijskom sustavu 12
      5.2.1. Desktop zemljopisni informacijski sustav 13
      5.2.2. Web zemljopisni informacijski sustav 14
   5.3. Podaci 16
      5.3.1. Prostorni podaci 16
      5.3.2. Atributni podaci 19
   5.4. Metode u zemljopisnom informacijskom sustavu 20
      5.4.1. Primarno prikupljanje podataka 21
      5.4.2. Sekundarno prikupljanje podataka 22
      5.4.3. Prikaz podataka na karti 22
   5.5. Korisnici u zemljopisnom informacijskom sustavu 24
6. Prostorne baze podataka 24
7. Primjena zemljopisnog informacijskog sustava 28
8. Prednosti i nedostaci 29
9. Budućnost zemljopisnog informacijskog sustava 30
10. Zaključak 32
11. Literatura 33
12. Popis slika 37

1. Sažetak

Zemljopisni informacijski sustav (u nastavku ZIS) postaje sve važniji dio svakodnevice, a u ovom radu je opisan kroz osam poglavlja. Rad je nastao na temelju proučavanja brojne literature navedene na kraju, a koja je omogučila formiranje vlastitog mišljenja i interpretacije pojmova.

Uvodnim poglavljem dane su definicije i objašnjenja zemljopisnog informacijskog sustava i osnovnih postupaka uz povezane struke i znanosti. Iduće poglavlje nudi osvrt na kartografiju i geodeziju, njihovu povijest, važnost i usporedbu sa zemljopisnim informacijskim sustavom. Slijedi sama povijest ideje zemljopisnog informacijskog sustava, razlog upotrebe, prvi začeci modernog zemljopisnog informacijskog sustava i njegov razvoj kroz vrijeme.

Najopširnije poglavlje odnosi se na komponete zemljopisnog informacijskog sustava s obzirom da bez njih ne može funkcionirati. Pritom su opisani potreban hardver i softver, njihove podjele i uvjeti koje moraju zadovoljavati. Centar zemljopisnog informacijskog sustava čine podaci koji se dijele na prostorne i atributne, a oni se prikupljaju raznim primarnim i sekundarnim metodama opisanim u poglavlju „Metode u ZIS-u“. Objašnjen je njihov prikaz na karti, vrste karata te prednosti digitalnih karata i njihova važnost za zemljopisni informacijski sustav.

Iduća komponenta su korisnici koji su razvili zemljopisni informacijski sustav i zbog kojih je takav sustav razvijen. Prikazana je njihova gruba podjela prema načinu i ulozi. Nadalje su opisane baze podataka i prostorne baze podataka, njihova svrha i funkcije koje nude, kao i sustav za njihovo upravljanje kojim korisnik manipulira podacima iz baze. Dane su podjele po modelu, a detaljnije je objašnjen relacijski model zbog najveće važnosti u zemljopisnom informacijskom sustavu.

Poglavlje o primjenama ujedinjava razne poslovne sustave i ZIS te ukazuje na načine na koji su ti sustavi poboljšani upotrebom ZIS tehnologija. Prikazane su prednosti koje opravdavaju korištenje zemljopisnog informacijskog sustava, ali i neki nedostaci. Poslijednje poglavlje najavljuje da je ZIS tek u početnoj fazi i da nas u budućnosti čeka bolji i dostupniji sustav, a svoju karijeru u zemljopisnom informacijskom sustavu bit će moguće graditi i online.

Ključne riječi: zemljopisni informacijski sustav, ZIS, kartografija, hardver, softver, prostorni podaci, prostorne baze podataka

2. Uvod

Zemljopisni informacijski sustav (ZIS) je sustav korišten za zapis, upravljanje i prezentaciju zemljopisnih podataka (Peruško, 2019.). Kao računalni sustav, uključuje hardver, softver i prikupljene podatke za analizu stanja i događaja u prostoru. Razvojem ZIS-a postiže se mogućnost poznavanja zemljopisnog položaja pojedine pojave, uspostavljanje odnosa između tih pojava i ostalih elemenata u prostoru, prepoznavanje prostornih uzoraka i slično. ZIS ne nudi samo prikaz karte, ulica i naziva, već nudi i informacije o npr. potencijalnim poplavama, gradskoj buci, prostornim međama privatnog ili javnog vlasništva, trenutnim natječajima, nestabilnim padinama i slično. Kontinuirano „holističko" prikupljanje zemljopisnih podataka i analiza područja, omogućuje saznanja koja mogu utjecati na stvaranje i upotrebu budućeg zemljopisnog znanja. Osim zemljopisa, ZIS objedinjuje područja znanosti poput meteorologije, geologije, epidemiologije i mnogih drugih. Iako se često povezuje s prikazom na karti, ZIS je puno više od karte. Područje prikaza karte je ograničeno dimenzijama papira koji je ujedno i medij za pohranu i prikaz podataka, dok ZIS nudi neograničen prikaz neovisan o gustoći i vrsti sadržaja, a prikaz i pohranu podataka na papiru su zamijenili razni računalni mediji. Osnovni postupci u ZIS-u (ali i u svakom informacijskom sustavu) su (Tutić, 2006.):

- Unos podataka – nakon prikupljanja, podaci se moraju digitalizirati, unose se prostorni i atributni podaci
- Pohrana podataka – pohranjuju se u rasterskom ili vektorskom obliku čime se određuju njihove moguće primjene
- Upravljanje podacima – koriste se razni sustavi za upravljanje podacima, bitan je izbor hardvera i softvera
- Analiza podataka – odgovara se na pitanja o interakciji prostornih odnosa između podataka
    - analiza blizine: mjerenje udaljenosti između osnovnih objekata (točka, poligon, linija) korištenjem *bufferinga*
    - prekrivanje (eng. *overlay*): kombiniranje više slojeva radi utvrđivanja njihovih odnosa čime nastaje novi složeni sloj
    - analiza mreže: razumijevanje protoka medija kroz mrežu (koncept grafa) kao što je pronalazak najbrže rute, predviđanje troškova povezivanja i sl.
- Ispis rezultata – prikaz rezultata analize u raznim formatima (karte, grafovi, izvješća)

2.1. Definicije zemljopisnog informacijskog sustava

U literaturi se, pri definiranju zemljopisnog informacijskog sustava, kao sinonim češće koriste nazivi geografski informacijski sustav ili geoinformacijski sustav (GIS), stoga je potrebno razumijevanje pojma geoinformacije. „Geoinformacije ili georeferencirane (geoprostorne) informacije su informacije koje su neraskidivo vezane uz lokaciju na Zemljinoj površini te iznad ili ispod nje.“ (Perković, 2010.).

Neke od poznatih definicija ZIS-a su:

- „Znanost o sadržaju i funkcijama geoinformacija odnosno o pretvorbi geografskih podataka u geoinformaciju primjenom geografskih informacijskih sustava.“ (Bartelme, 2005.).
- „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.“ (Bill, 1999.).
- „Disciplina koja se bavi teorijom strukturiranja, pohrane, upravljanja i obrade geografskih podataka kao i razvojem odgovarajućih metoda koje uključuju primjenu informacijsko-komunikacijskih tehnologija.“ (Hake, 2002.).
- „Geografski informacijski sustav je sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno vezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi.“ (Tutić, 2006.).

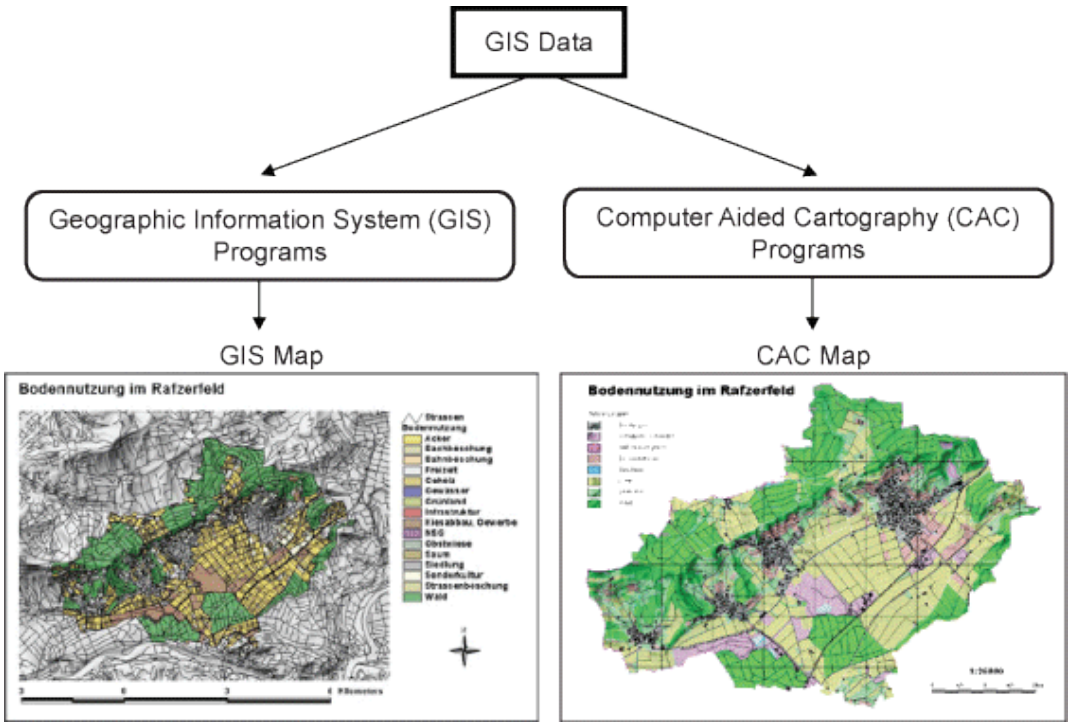
3. Kartografija i geodezija

Kartografija je disciplina koja se bavi prikupljanjem i upravljanjem prostornih informacija te njihovom vizualizacijom na karti. Prve poznate karte pronađene su na zidovima spilja Lascaux još 16500. pr. Kr., a prikazivale su noćno nebo uključujući zvijezde. Kartografija se razvijala u sklopu geografije, a kasnije je pomoću matematike obuhvatila analitičke metode i matematičke osnove za topografsku izmjeru. Izmjera i kartiranje Zemljine površine postala je predmet znanosti geodezije čime je razvijena metoda izmjera za izradu detaljnih topografskih karata. Kartografija i geodezija se razlikuju po objektu istraživanja. Kartografija se ponajviše bavi pretvorbom prostornih objekata u grafički prikaz, a kasnije se definira kao grana geodezije (Geodetski ured Slaven Lambaša, 2018.).

Ubrzanim tehnološkim napretkom, razvija se znanost geoinformatike kao integracije geodezije s fotogrametrijom, kartografijom, zemljopisnim informacijskim sustavima i daljinskim istraživanjima. Razvojem prostornih, informacijskih i računalnih znanosti, geodezija se mijenja iz analogne u digitalnu, ali i iz statičke u dinamičku. Lokalni pristup postaje globalni, a geodet zbog korištenja današnje tehnologije postaje geoinformatičar (Perković, 2010.).

Na temelju poznavanja predmeta rada geodezije, zemljopisni informacijski sustavi razlikuju se u tome što upravljaju prostornim podacima sa znanjem o njihovoj prostornoj dimenziji, a zbog temelja na topologiji, korisnicima su omogućeni upiti nad interaktivnim „pametnim“ kartama. Zadaci koji su se mogli rješavati isključivo na zemljopisnim kartama, danas se pomoću ZIS-a rješavaju izravno pomoću baza podataka. Geodezija sa kartografijom ima veliku važnost u stvaranju prostornih baza podataka ZIS-a, a karta je jedan od oblika prezentacije tih podataka.

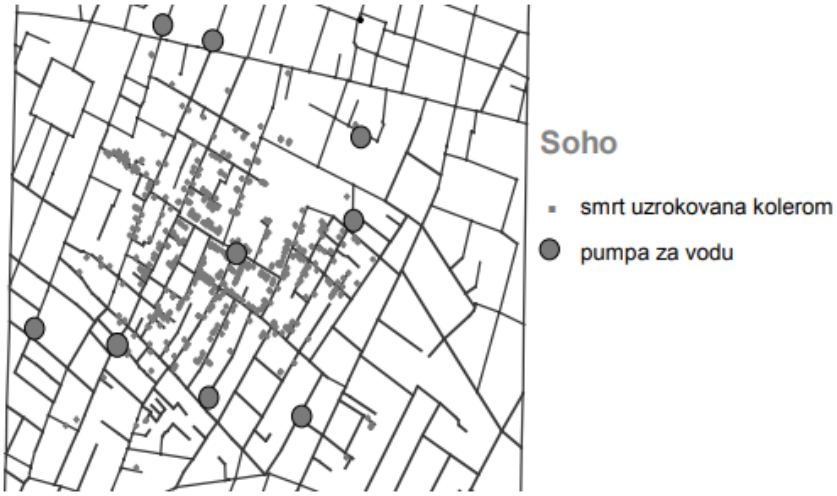
Slika 1. je studentski rad koji prikazuje jednake prostorne podatke pomoću softvera GIS map i CAC Map (Computer Aided Cartography) za potrebe kartografije. Iako je naizgled vizualizacija tih podataka jednaka, CAC za prikaz podataka koristi simbole i nije omogućena manipulacija podacima, slojevi nisu strogo definirani i funkcionira na principu WYSIWYG (what you see is what you get). Izraz WYSIWYG se odnosi na alate za uređivanje koji korisniku prikažu vizualizaciju krajnjeg rezultata (simbola) prilikom samog uređivanja. Korisnik odlučuje o uporabi između ZIS i CAC softvera na temelju rezultata koji želi postići.



Slika 1 Odnos kartografije i ZIS-a
Izvor: http://www.gitta.info/InstDigiCart/en/html/index.html

4. Povijest

Prva primjena osnovnih koncepta ZIS-a bila je 1832. godine kada je Charles Picquet stvorio kartu koja je predstavljala epidemiju kolere u Parizu. Inspiriran Picquetovim načinom rada, John Snow je 1854. pomoću prostorne analize uspio utvrditi izvor epidemije kolere u Londonu. Utvrdio je da su žarišta kolere povezana s pumpama za vodu (Slika 2), čime je ubrzano djelovanje na epidemiju. Ta karta bila je jedinstvena zbog korištenja kartografskih metoda za analizu klastera zemljopisnih pojava (Tate, 2018.).



Slika 2 Odnos žarišta epidemije kolere i pumpa za vodu (John Snow)
Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/518206.diplomski_rad_dsubat.pdf

Početkom 20. stoljeća uvedena je tehnika tiskanja zvana fotocinkografija[1] što je omogućilo odvajanje karte na slojeve (npr. sloj vegetacije, sloj vode…), ali to nije predstavljalo potpuni ZIS jer nije bilo moguće analizirati preslikane podatke.

[1] Fotocinkografija - tehnika prenošenja fotografije na cinčanu ploču

4.1. Začetak modernog zemljopisnog informacijskog sustava

Koncept modernog ZIS-a prvi je put uveden početkom 1960-ih, a kasnije se počeo razvijati kao nova disciplina. Začetnikom se smatra Roger Tomlinson, koji je, radeći za kanadsku vladu, razvio "*Canadian Geographic Information System*". Time je omogućena pohrana, analiza i obrada podataka za utvrđivanje ruralne sposobnosti područja Kanade kartiranjem informacija o tlu, šumarstvu, fauni, poljoprivredi, rekreaciji i namjeni zemlje. Kao prvi zemljopisni informacijski sustav, omogućavao je preklapanje slojeva, mjerenje, izumljen je rotacijski skener za digitalizaciju, a lokacijske informacije i osobine su spremane u odvojene datoteke (Tate, 2018.).

Na razvoj ZIS-a utjecao je i Howard Fisher koji je 1963. stvorio jedan od prvih softverskih programa za računalno mapiranje poznat kao SYMAP. Osnovao je „Harvard Laboratory for Computer Graphics" koji je ujedno postao istraživački centar za vizualizaciju i prostornu analizu. Iste godine je uspostavljena organizacija koja koristi ZIS tehnologije za rješavanje problema u urbanim i regionalnim sustavima, planiranju i dr. zvana URISA (Urban and Regional Information Systems Association) (Bajrić, 2018.).

Obradom prostornih podataka stvorene su i prostorne baze podataka GBF (Geographic Base Files) i TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing), od kojih je GBF bila topološki strukturirana baza sa prikazom cestovnih mreža gradskih područja. Time je započeta digitalizacija svih linijskih objekata zemljovida SAD-a, pohranjenih u DLG (Digital Line Graph) bazi, kao jednom od najvećih civilnih ZIS projekata (Perković, 2010.).

Daljnji razvoj potaknut je uglavnom vojnim potrebama, a već 80-ih, razvojem i padom cijena osobnih računala, postaju dostupni komercijalni GIS softveri (ESRI, Intergraph, ERDAS itd.) koji nude svoja grafička rješenja za gospodarske grane i infrastrukturne sustave.

5. Komponente zemljopisnog informacijskog sustava

Temeljne komponente ZIS-a su:

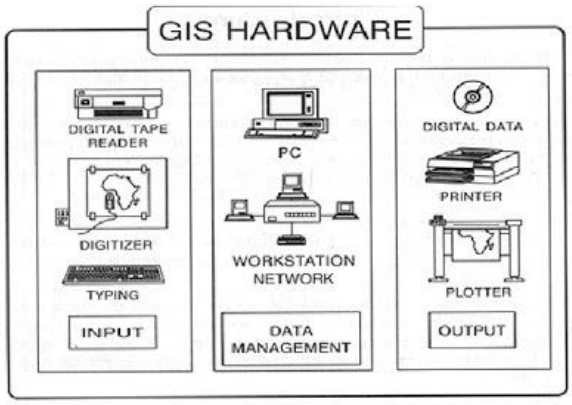
- Hardver
- Softver
- Podaci (prostorni i atributni)
- Metode
- Korisnici

U nastavku će ukratko biti opisana svaka od njih.

5.1. Hardver u zemljopisnom informacijskom sustavu

Hardver korišten u ZIS-u je računalo koje sadrži opremu potrebnu za podršku aktivnostima za geoprostorne analize - od prikupljanja do analize podataka. Danas ZIS rade na širokom rasponu hardverskih tipova, od centraliziranih računalnih poslužitelja do stolnih računala koja se koriste u samostalnim ili umreženim konfiguracijama. Neka od računala su (Tutić, 2006.):

- **Osobna** ili **prijenosna računala** koja su veličinom i cijenom najdostupnija svakodnevnim korisnicima
- **Ručna računala** (eng. *palm pilot*) malih dimenzija na kojima se podaci unose posebnom olovkom te koriste posebno razvijeni operacijski sustav tzv. Palm OS
- **Terenska računala** posebnog oblika za prikupljanje podataka na terenu, dodatno omogućuju mobilnu i radio komunikaciju, a mogu imati i vlastiti softver
- **Radne stanice**, iako slične osobnim računalima, zbog više memorijskog prostora, većom brzinom rada i boljom grafikom pogodnije su za rad ZIS-a
- **Mainframe** višeprocesorska računala neophodna su za rad ZIS-a zbog mogućnosti brze obrade velikog broja podataka, a uglavnom su korištena u državnim institucijama



Slika 3 Hardver u ZIS-u
Izvor: http://rtmnuittrends.blogspot.com/2010/11/gisgeographical-information-system.html

Slika 3 simbolično prikazuje vrste hardvera korištene u ZIS-u. Analogno osnovnim postupcima u ZIS-u, prikazana je podjela na hardver za prikupljanje i unos podataka, hardver za obradu i analizu podataka te hardver korišten za ispis rezultata.

5.2. Softver u zemljopisnom informacijskom sustavu

ZIS softver nudi alate i funkcije nužne za prikupljanje, analizu i prikaz podataka o prostoru. Temeljne komponente takvog softvera su (Perković, 2010.):

- „alati za unos i obradu prostornih informacija,
- sustavi za upravljanje bazama podataka (SUBP),
- alati za podršku prostornim upitima, analizama i vizualizacijama
- grafičko korisničko sučelje za jednostavan pristup alatima“

Postoji više tipova ZIS softvera koji se mogu ugrubo podijeliti u softvere za desktop i web softvere. Slika 4 prikazuje uporabu ZIS softvera na raznim uređajima.



Slika 4 ZIS softveri
Izvor: https://favpng.com/png_view/geographic-data-and-information-arcgis-esri-map-geographic-information-system-computer-software-png/U2eHHRMq

5.2.1. Desktop zemljopisni informacijski sustav

Desktop ZIS je softver instaliran na osobnom računalu, a koji zadovoljava funkcionalnosti za unos i ispis podataka, vizualizaciju, uređivanje, analizu i dizajniranje karte.

Za **unos i ispis podataka** većina desktop ZIS-a koristi karakteristične biblioteke (za čitanje i pisanje podataka) što omogućava lakše međusobno dijeljenje podataka i poboljšava povezanost, a također mora biti omogućeno spajanje na bazu (Olaya, 2018.).

Vizualizacija podataka je bitna kod kartografije, ali i analize i uređivanja podataka, a sastoji se od hijerarhijskog prikaza slojeva i grafičkog prikaza podataka koji se u potpunosti prilagođava korisnikovim interesima (2D, 3D i sl.) (Olaya, 2018.).

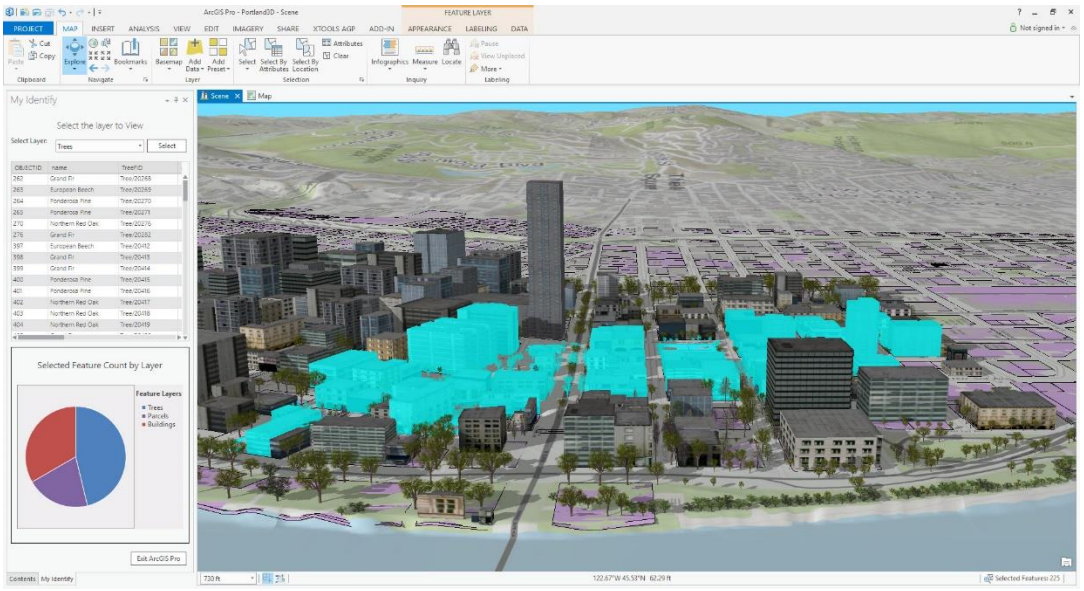
Analiza pomaže razumijevanju interakcija prostornih odnosa među podacima. Rezultat analize može biti potpuno novi sloj, a analitička funkcionalnost ima pristup skriptnim jezicima čime se omogućuje definiranje složenijih modela i protoka podataka (Olaya, 2018.). Zemljopisni podaci nisu statični i zbog toga mora postojati mogućnost **uređivanja**, npr. za stvaranje novih slojeva ili ažuriranje postojećih.

Dizajniranjem karte korisnik može sastaviti kartu i prilagoditi njene elemente (naslov, legenda, izvedeni slojevi, …) vlastitim potrebama.

Desktop ZIS su uglavnom namijenjeni profesionalnim ZIS korisnicima s adekvatnim znanjem. Neki od vodećih desktop ZIS softvera su ArcGIS, Atlas GIS*, Autodesk World, GeoMedia, MapInfo i Maptitude. Od navedenih softvera ukratko ćemo opisati ArcGIS.

ArcGIS je softverski paket tvrtke ESRI koji je 1999. godine nastao uparivanjem nekoliko ZIS desktop proizvoda, a uključuje ArcView, ArcReader, ArcEditor, ArcInfo i druge. Namijenjen je za osobna računala s Windows operacijskim sustavom, a pisan je u jeziku C++. U prosjeku svakih godinu dana izlaze nove verzije komponenata. ArcReader je komponenta namijenjena za prosječnog korisnika kao preglednik karata i prostornih podataka. Omogućava osnovne funkcije poput ispisa karata, alata za pregled i izvršavanje upita. Za prikaz karata i analize poput presjeka, usporedbi međuodnosa objekata i računanja udaljenosti pogodan je ArcView. Ipak, ArcView omogućava operacije samo nad podacima pohranjenim u datotekama ili relacijskim bazama. Nastavno na ArcView, stvoren je ArcEditor za naprednije operacije nad prostornim

podacima. Pored osnovnih, uključuje mogućnosti uređivanja baze podataka, koordinatnu geometriju, a pogodan je i za istodobnu višekorisničku uporabu zbog prikaza promjena ostalih korisnika i uređivanja prostornih podataka (vektorskih ili rasterskih). ArcInfo kao najnaprednija od navedenih sadrži kompletan paket alata za geoprocesiranje, prostornu analizu i upravljanje podacima (Risek, 2017.). Najnovija inačica je ArcGIS Pro razvijena kao dodatak ArcGIS softverskom paketu. Nudi suvremeni dizajn s 3D vizualizacijom (Slika 5) i uključuje umjetnu inteligenciju, a zadnja verzija izdana u srpnju 2020. godine će s vremenom zamijeniti ArcGIS. Tvrtka ESRI je, uz desktop softvere, izbacila i web tehnologije poput ArcGIS Enterprise i ArcGIS Online.



Slika 5 ArcGIS Pro 3D
Izvor: https://geospatialmedia.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2019/07/ArcGIS-Pro-3D.jpg

5.2.2. Web zemljopisni informacijski sustav

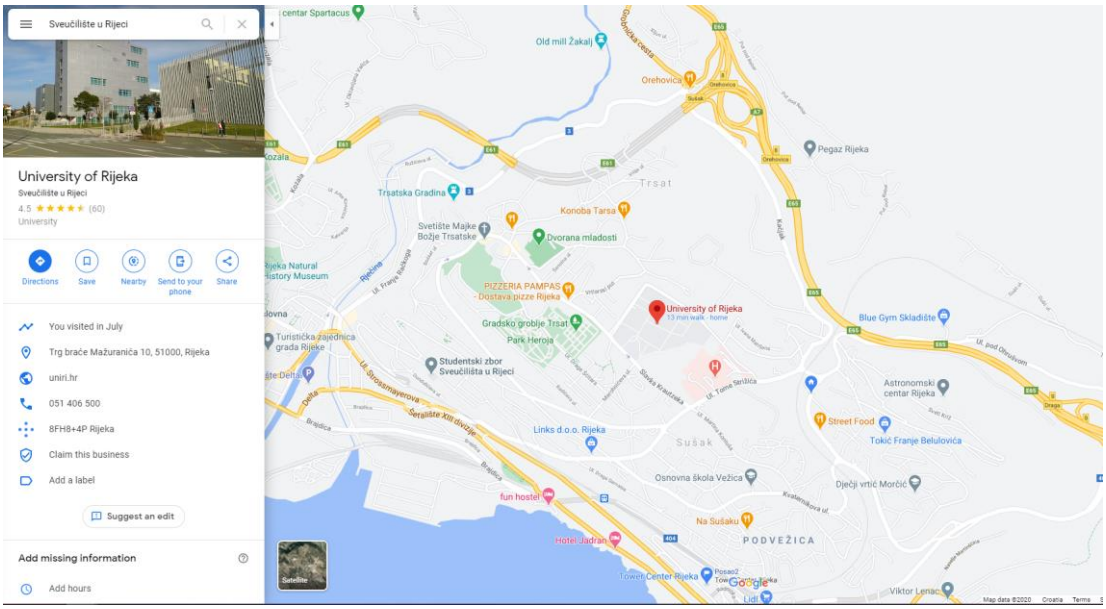
Web ZIS je tip distribuiranog informacijskog sustava koji, koristeći internet (web), uspostavlja komunikaciju klijenta i poslužitelja. Poslužitelj je uglavnom klasični web poslužitelj, a korisnička aplikacija može biti internet pretraživač, desktop aplikacija ili mobilna aplikacija neovisno o operacijskom sustavu (Miler, 2010.). Korisnicima je olakšana vizualizacija karata bez potrebe za stručnim ZIS timom. Dostupan je bilo gdje i bilo kada velikom broju korisnika, a u današnje vrijeme ga je lako održavati.

Ključni elementi kod Web ZIS-a su (Olaya, 2018.):

- Poslužitelj ima valjan URL
- Klijent se oslanja na HTTP specifikacije za slanje zahtjeva poslužitelju
- Poslužitelj odrađuje zatražene ZIS operacije i šalje odgovor klijentu putem HTTP-a
- Odgovor može biti u formatu poput HTML-a, XML-a, JSON-a i sl.

Web i Desktop ZIS se međusobno nadopunjuju, a iako se sve češće koriste internet aplikacije, desktop aplikacije su potrebne za prethodno uređivanje podataka za prikaz na internetu. Neki od web ZIS softvera su: ArcGIS Enterprise, gvSIG Online, Google Maps, Mapserver, Google Earth i dr. Od navedenih softvera, ukratko ćemo opisati Google Maps.

Google Maps je Googleova online tehnologija koja pruža besplatne digitalne karte, satelitske snimke, zračne fotografije, panoramski pogled ulica (eng. *Street View*), planiranje ruta putovanja i pregled prometnih uvjeta. Digitalne karte su vektorskog (Slika 6), a satelitske snimke rasterskog tipa, uglavnom visoke razlučivosti. Jedna od najvažnijih mogućnosti koju nudi, a zasigurno i razlog zbog kojeg smo svi bar jednom koristili Google Maps, je pregled aktualnih podataka o prometnicama i turističkim znamenitostima. Korisniku nudi izračunavanje najbrže rute, prikaz potrebnog vremena do pojedine destinacije ovisno o prijevoznom sredstvu (bicikl, avion, automobil, javna prijevozna sredstva, ali i pješačenje) kao i udaljenost. O svakom objektu nudi dodatne informacije, a moguća je i personalizacija označavanjem radnog mjesta ili doma, dodavanjem pojedinih lokacija i slično. Korisničko sučelje svojom jednostavnošću omogućuje svakom korisniku lako korištenje. Nudi se offline usluga i turn-by-turn navigacija. Turn-by-turn navigacija je izraz za mogućnost preračunavanja najbrže rute prilikom korisnikovog „skretanja“ s puta. Pisan je u skriptnom jeziku JavaScript i jeziku za označavanje podataka XML, a dostupne su nadogradnje i proširenja poput prikaza nekretnina za najam, karte raširenosti zločina i sl. (Wikipedia, 2020.).



Slika 6 Google Maps sučelje

5.3. Podaci

Podaci u ZIS-u se dijele na prostorne i atributne podatke. Prostorni podaci sadrže informacije o koordinatama i projekciji prostornih značajki. Prostornim podacima su u tabličnom obliku dodani atributni podaci te označavaju njihove karakteristike.

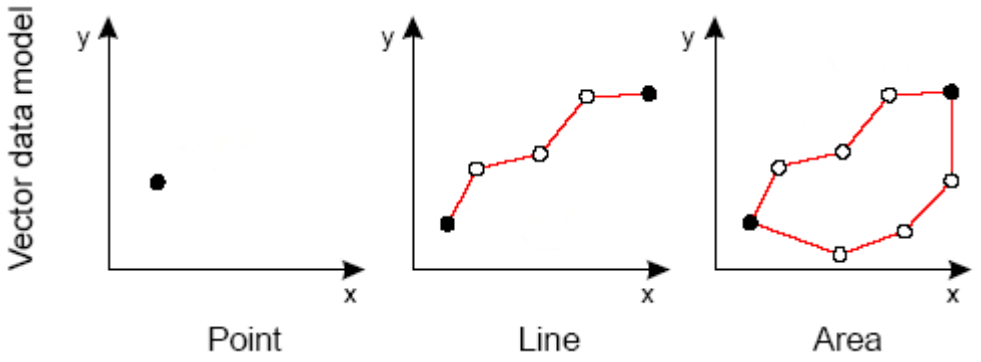
5.3.1. Prostorni podaci

Prostorni podaci kao informacije vezane uz određenu lokaciju u prostoru smatraju se jednom od najvažnijih komponenti ZIS-a. Podaci se pohranjuju kao tematski slojevi, a svaki skup podataka ima tablicu atributa s informacijama o značajkama. Često su podaci već dostupni u papirnatom obliku, a za potrebe ZIS-a se moraju digitalizirati. Moguće je i kupiti digitalizirane potrebne podatke od komercijalnog prodavača. Proces digitalizacije uključuje registraciju rasterske slike pomoću nekoliko kontrolnih točaka (GCP) ili poznatih koordinata – georeferenciranje. Prema modelu pohrane i prikazivanja, prostorne podatke u ZIS-u dijelimo na vektorske i rasterske.

5.3.1.1. Vektorski podaci

Osnovni elementi vektorskih podataka su točke, linije i područja (poligoni) (Slika 7). Vektorske točke ili vertexi prikazuju XY koordinate i najčešće se koriste za prikaz bitnijih odredišta ili objekata bez dimenzija ili dimenzijom toliko malih da ih je nemoguće prikazati na drugi način. Vertexe povezuju linije koje se spajaju u čvorovima i time se formira poligon.

Poligoni su dvodimenzionalni, linijama omeđeni, objekti površinskog karaktera i koriste se za mjerenje parametara zemljopisnog obilježja, npr. jezera, šume i dr. Poligonu se dodjeljuje jedna referentna točka (centroid) sa zadanim koordinatama. To može biti geometrijsko ili tematsko težište objekta. Linije, kada ne zatvaraju područja, se koriste za prikaz objekata koji su po svojoj prirodi linijskog karaktera npr. ulica, rijeka i sl., a mogu biti pune, isprekidane, šire, uže ovisno o objektu prikaza. Spajanjem tih elemenata u logičke grupe i određivanjem njihovih odnosa bavi se topologija čime je omogućena prostorna analiza. Vektorski podaci se uglavnom koriste za određivanje centra i rubova značajki, a kod prikaza unutrašnjosti kvadratnog prostora se češće koriste rasterski podaci (QGIS Documentation, 2020.). Formati vektorskih podataka: ESRI Geodatabase, CAD (DWG, DGN, DXF), Shapefile, XML (GML, KML, GPX), ESRI Coverage, Geomedia.



Slika 7 Vektorski model podataka
Izvor: https://www.researchgate.net/figure/2-Vector-and-raster-data-model-in-geographic-space_fig3_330468019

Prednosti koje vektorski model nudi su (QGIS Documentation, 2020.):

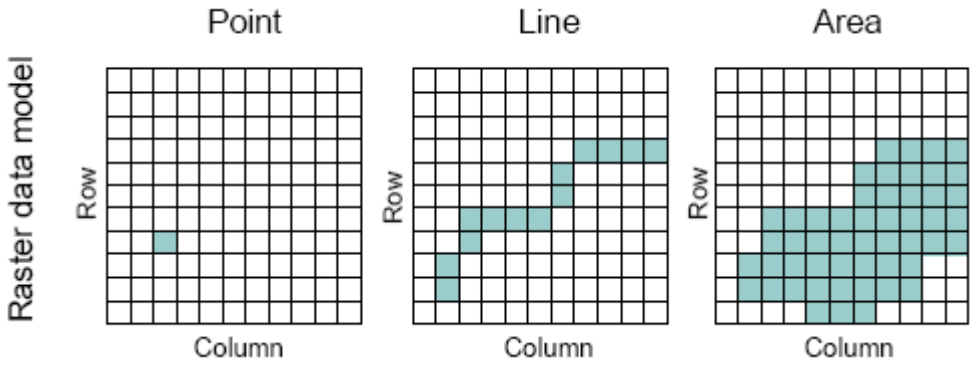
- kompaktnost strukture podataka
- efikasnije mrežne analize zbog efikasnije topologije
- pogodniji za izradu linijskih karata
- laka izmjena projekcija

Nedostaci korištenja vektorskog modela (QGIS Documentation, 2020.):

- kompleksniji od rasterskih modela
- složenija slojevita obrada
- neefikasnost u prikazu prostornih promjena
- nepogodni za prikaz digitalnih snimaka

5.3.1.2. Rasterski podaci

Raster se sastoji od matrice ćelija (piksela) od kojih svaka sadrži vrijednost koja predstavlja neku karakteristiku područja (Slika 8). Pikseli su vrlo male jedinice slike od kojih svaki nosi karakterističnu informaciju o boji. Rasterski podaci se koriste kada se žele prikazati neprekidne informacije na nekom području. Veličina ćelije određuje kvalitetu prikaza uzorka ili značajke u rasteru. Što je ćelija manja, to će prikaz biti detaljniji, a za to je potrebno više ćelija. Međutim, što je broj ćelija veći, duže će se obrađivati i zahtijevati više prostora za pohranu. Korištenjem većih ćelija moguć je gubitak bitnih informacija. Najčešći način prikupljanja rasterskih podataka su satelitske snimke i zračne fotografije koje je potrebno georeferencirati ili su rezultat rasterske digitalizacije zemljovida (QGIS Documentation, 2020.). Georeferenciranje je postupak pridruživanja geografskih ili pravokutnih koordinata u kartografskoj projekciji pojedinim točkama objekta (Peruško, 2019.). Formati rasterskih podataka: JPG, JPEG2000, TIFF, GeoTIFF, IMG, MrSID, ESRI Grid, BIL.



Slika 8 Rasterski model podataka
Izvor: https://www.researchgate.net/figure/2-Vector-and-raster-data-model-in-geographic-space_fig3_330468019

Prednosti koje rasterski model nudi su (QGIS Documentation, 2020.):

- jednostavnost strukture podataka
- efikasno preklapanje slojeva
- pogodni za prikaz prostornih raznolikosti
- efikasno korištenje digitalnih snimaka
- piksel može sadržavati više atributa

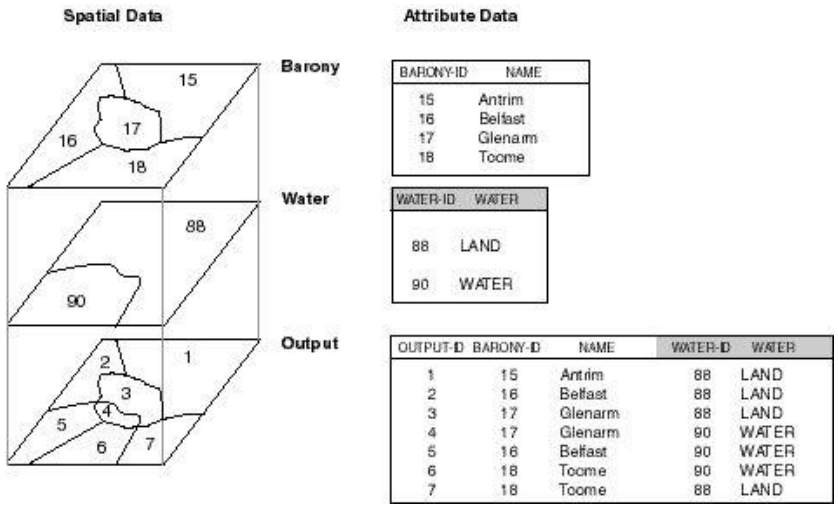
Nedostaci korištenja rasterskog modela (QGIS Documentation, 2020.):

- teži prikaz topoloških svojstava
- zauzimaju više memorije za pohranu
- teže provođenje mrežnih analiza
- mogućnost loše rezolucije

5.3.2. Atributni podaci

Atributni podaci su ne geometrijski podaci koji sadrže opisne informacije o objektima. Pohranjuju se u tablici ili bazi kao (GIS LOUNGE, 2013.):

- **ZNAK** (CHARACTER) koji predstavlja alfanumeričke vrijednosti, najčešće nazive, opisne vrijednosti, kategorije i sl. i moguće je abecedno uzlazno ili silazno sortiranje.
- **BROJ** (INTEGER/FLOAT) može biti cijeli ili decimalni, unutar kategorija podijeljen na kratki i dugi, nad kojim postoji mogućnost izvođenja operacija (npr. zbroj, prosječna vrijednost, omjeri i dr.).
- **DATUM I VRIJEME** (DATE/TIME) za vremenske karakteristike podataka.
- **BLOB** (BINARY LARGE OBJECT) za spremanje binarnih informacija kao cjeline poput slika, multimedije ili koda i on nije podržan u svim bazama.

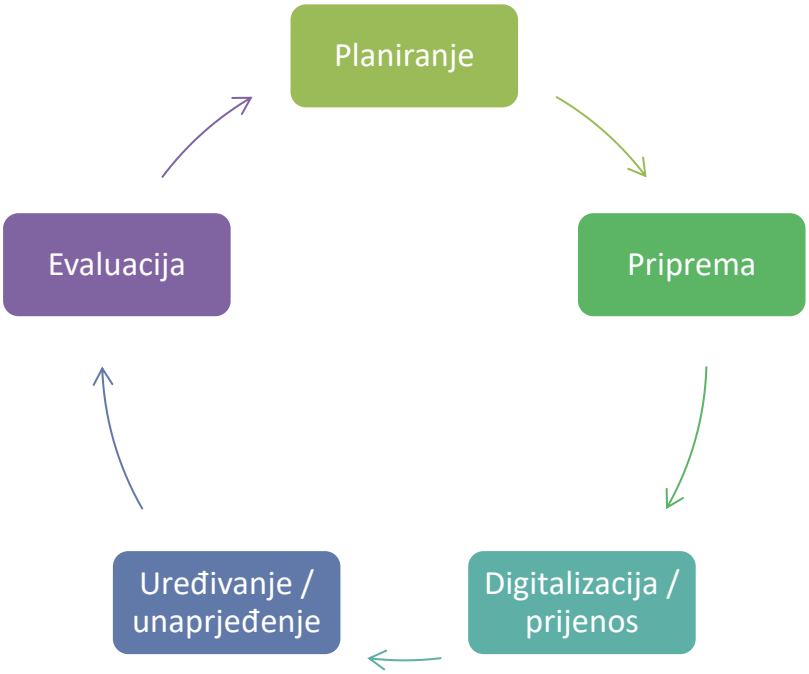


Slika 9 Odnos prostornih i atributnih podataka
Izvor: http://hds.essex.ac.uk/g2gp/gis/sect46.asp

Slika 9 prikazuje kombinaciju slojeva vode i barunija, čime nastaje novi sloj, te pripadne atribute u tablicama. Atributi novog sloja su rezultat kombinacije atributa početnih slojeva.

5.4. Metode u zemljopisnom informacijskom sustavu

Metode u ZIS-u odnose se na metode prikupljanja i obrađivanja prostornih podataka i njihove vizualizacije. Tim metodama se digitaliziraju i organiziraju informacije o različitim atributima, objektima, imovini i organizacijskim podacima karte. Prikupljeni podaci mogu biti postojeći – već raspoloživi na internetu i novi – rezultat digitalizacije sa zemljovida, satelitskih snimki i ostalih mjerenja.



Slika 10 Faze prikupljanja podataka

Postoje određene faze prikupljanja prostornih podataka (Slika 10). Planiranjem se utvrđuju korisničke potrebe, skupljaju resursi i razvija se plan samog projekta. Priprema uključuje pribavljanje podataka, prepravljanje nekvalitetnih izvora, uklanjanje nepravilnosti na skeniranim kartama i postavljanje odgovarajućeg hardvera i softvera. Digitalizacija i prijenos se odnose na preoblikovanje podataka te unos u bazu, a uređivanjem i unaprjeđenjem se provjerava njihova valjanost, ispravljaju pogreške i poboljšava kvaliteta. Evaluacija, kao posljednja faza, donosi rezultate uspješnosti projekta (Liu, 2011.). Same tehnike prikupljanja dijele se na primarne i sekundarne (Perković, 2010.).

5.4.1. Primarno prikupljanje podataka

Primarno prikupljanje podataka označava direktna mjerenja geometrije i lokacije objekta, a uključuje vektorske i rasterske metode prikupljanja.

VEKTORSKE METODE

Dva glavna načina prikupljanja primarnih vektorskih podataka su geodetska mjerenja i GPS mjerenja. Geodetskim mjerenjem lokacija objekta se određuje mjerenjem kutova i linearnih udaljenosti. Za ta mjerenja danas se najčešće koristi totalna stanica – elektronički teodolit s elektroničkim daljinomjerom kojim se emitira elektromagnetsko zračenje s preciznosti mjerenja oko 2 mm na 1 km mjerene duljine. Taj način se obično koristi za snimanje zgrada, granica imovine i drugih značajki koje zahtijevaju preciznost. GPS (Globalni položajni sustav) se zasniva na mjerenju vremena koje je potrebno odaslanom elektromagnetskom valu da prijeđe udaljenost od satelita do prijamnika na Zemlji, a pogreška mjerenja je uglavnom manja od 10 metara (UIZ, 2020.).

RASTERSKE METODE

Primarnim metodama rasterski podaci se dobivaju daljinskim istraživanjem. Daljinsko istraživanje je metoda prikupljanja informacija o fizičkim, biološkim i kemijskim značajkama objekta bez fizičkog kontakta (satelitske snimke ili zračne fotografije). Koristi se elektromagnetska energija za mjerenje objekata. Najbitnija komponenta rasterskih podataka je rezolucija koju definiramo kao prostornu, spektralnu i temporalnu. Prostorna rezolucija označava veličinu objekta (veličina piksela), spektralna se odnosi na dio elektromagnetskog spektra, a vremenska na frekvenciju za prikupljanje snimaka geostacionarnih ili orbitalnih satelita (UIZ, 2020.).

5.4.2. Sekundarno prikupljanje podataka

Sekundarno prikupljanje podataka odnosi se na kreiranje vektorskih i rasterskih baza podataka i datoteka pomoću skenera, karata, digitajzera i ostalih *hardcopy* alata.

VEKTORSKE METODE

Uključuju digitalizaciju vektorskih objekata iz karata i ostalih geografskih izvora podataka. Vektorizacija se odnosi na pretvaranje rasterskih u vektorske podatke, a najjednostavniji način je digitalizacija vektorskih objekata na računalu. U sekundarnoj metodi se također ispravljaju pogreške nastale primarnim prikupljanjem. Koristi se i fotogrametrija tj. tehnika dobivanja koordinata, veličine ili oblika mjerenjem, snimanjem i interpretacijom fotografija nastalih prema određenim geometrijskim i optičkim zakonitostima (UIZ, 2020.).

RASTERSKE METODE

Najznačajnija metoda je skeniranje pri čemu je rezolucija skenera 200 do 2400 dpi (dots per inch). Skeniranje je automatska konverzija dokumenta s karte u digitalni oblik. Na temelju primarno prikupljenih podataka dobiva se i digitalni model reljefa (DMR) (UIZ, 2020.). „Digitalni model reljefa je pojednostavljeni prikaz reljefa u rasterskom obliku, specifične rezolucije, dobiven odabranom i znanstveno utemeljenom metodom interpolacije podataka o visinama, prikupljenih specifičnom izmjerom i obradom.“ (Šlijeg, 2013.).

5.4.3. Prikaz podataka na karti

Karta u ZIS-u je umanjeni prikaz površine na Zemlji koji je ujedno i prostorna baza podataka i komunikacijski uređaj. Različiti objekti u prirodi su klasificirani i simbolizirani za lakše razumijevanje na karti. Karte prikazuju Zemljinu površinu u određenim mjerilima koja govore o odnosu stvarne veličine objekta i njegovog prikaza na karti. Prostorna rezolucija karte označava veličinu prikaza najmanjeg objekta bez narušavanja njegove relativne veličine. Što je mjerilo veće, prikaz je detaljniji. Prema mjerilu, karte se dijele na karte krupnog mjerila (do 1:100 000), karte srednjeg mjerila (1:100 000 – 1:500 000) i karte sitnog mjerila (od 1:500 000 na dalje). Osim mjerila i rezolucije, osobine karte su točnost i preciznost mjerenja. Temeljna podjela karata je na topografske i tematske (Wikipedia, 2020.).

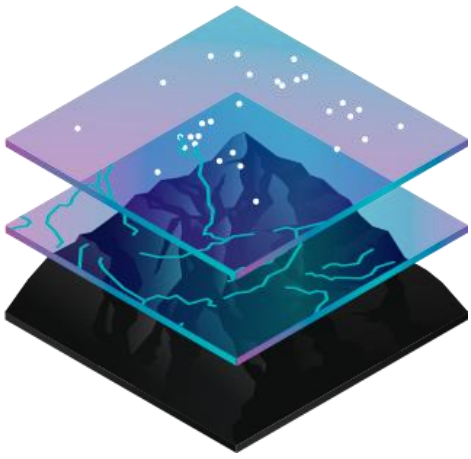
Topografske karte prikazuju informacije o prostornim prilikama područja kao što su rijeke, naselja, vegetacija i slično. Svi elementi prikaza su jednake važnosti i nastali su cjelovitom izmjerom topografskih objekata.

Tematske karte prikazuju karakteristike značajne za pojedinu temu. Objekti prikaza su vezani za jednu temu - uglavnom neka zajednička karakteristika. Prikazuju se i prostorni i vremenski obrasci te teme.

U ZIS-u se za prikaz podataka najčešće koriste **digitalne karte** (Slika 11) zbog jednostavnosti održavanja i dostupnosti. Njihova podjela je na statične (prikaz nije u pokretu) i dinamičke (prikaz je u pokretu), a potpodjela na interaktivne i ne interaktivne. Interaktivne karte se temelje na interakciji s korisnikom. Korisnik postavljanjem upita dobiva filtrirani ili detaljniji prikaz s više bitnih informacija.

Neke prednosti digitalne (interaktivne) kartografije su (Lukić, 2003.):

- poboljšane prostorne analize i modeliranja ZIS-om
- pojednostavljena izrada tematskih karata, mogućnost odabira slojeva s određenim sadržajima
- kvalitetniji prikaz, veća dostupnost svim korisnicima
- prikaz u toku s vremenom
- mogućnost 3D prikaza, detaljniji prikaz s više informacija



Slika 11 Simboličan prikaz digitalne karte
Izvor: https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview#:~:text=A%20geographic%20information%20system%20(GIS,using%20maps%20and%203D%20scenes.

5.5. Korisnici u zemljopisnom informacijskom sustavu

Raspon korisnika (eng. *lifeware*) varira od stručnjaka – programera profesionalno obučenih za razvoj i održavanje softvera pa do korisnika gotovog proizvoda. S obzirom na to da ljudi objedinjuju softver i hardver, bez njih je ZIS beskoristan. Uključeni su u sve faze razvoja, kao i kod prikupljanja podataka. Svi korisnici ZIS-a moraju imati određeni stupanj znanja ovisno o ulozi.

Mogu se razvrstati u (Bajrić, 2018.):

- **Promatrače** kojima je jedina potreba pretraživanje zemljopisne baze podataka za osobne potrebe i oni čine najveći dio korisnika.
- **Opće korisnike** koji koriste ZIS pri obavljanju profesionalnih djelatnosti i raznih poslova i pri donošenju odluka na temelju zemljopisnih podataka (to su npr. upravitelji objekata, inženjeri, pravnici, arhitekti i slično).
- **Specijaliste** tj. specijalizirane programere u području ZIS-a koji direktno upravljaju ZIS-om i bazama podataka, a odgovorni su za razvoj i održavanje sustava, prikupljanje podataka i tehničku podršku ostalim korisnicima.

6. Prostorne baze podataka

Baza podataka je integrirana zbirka logički povezanih zapisa podataka na način da je olakšano upravljanje i pristup podacima. Prostorne baze podataka su baze podataka optimizirane za unos i spremanje podataka koji predstavljaju objekte u geometrijskom prostoru. U prostornim bazama tablica predstavlja sloj, red objekt, a stupac sadrži geometriju objekta. Uz prostorne tipove podataka (point, polygon, linestring) koriste se i atributni podaci (SQL tipovi).

U početku razvoja ZIS-a, prostorni podaci su bili zapisani modelom ravnih datoteka (eng. *flat files*) za čiju interpretaciju je bio potreban specijalizirani softver. Svi podaci su bili unutar korisnikove domene, a sustavi su bili samoodrživi i vlasnički.

Sustav prostornih baza podataka danas se, prema Gütingu, može definirati pomoću sljedećih tvrdnji (Güting, 1994.):

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

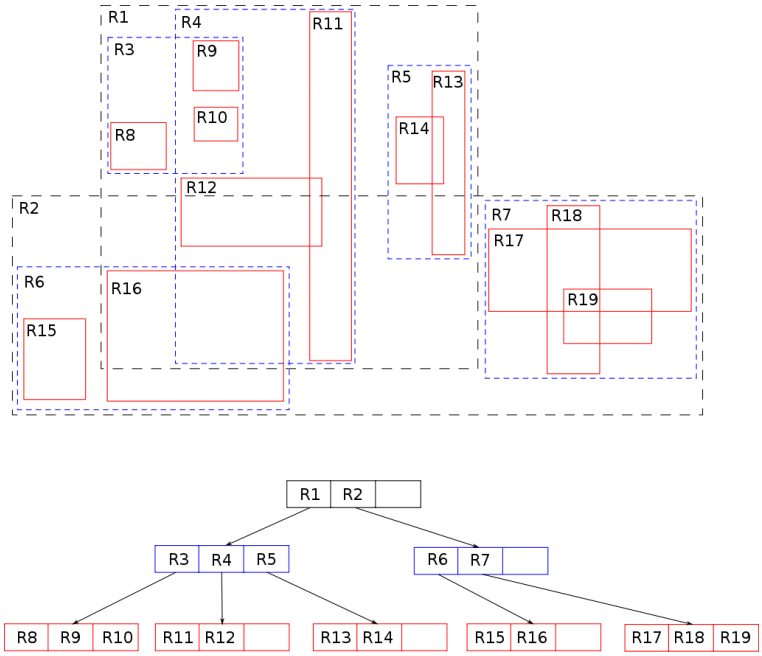
Modele ravnih datoteka, prostorne baze podataka zamijenile su zbog brojnih prednosti kao što su rješavanje kompliciranih zadataka na poslužitelju (npr. organizacija pomoću indeksiranja podataka), određivanje odnosa i prostornih veza pomoću SQL upita, tretiranje prostornih podataka kao podataka u svim (neprostornim) bazama podataka itd.

Upis, ažuriranje, čitanje, brisanje i stavljanje podataka u odnos obavlja se sustavom za upravljanje bazom podataka (SUBP ili eng. *DBMS*). „**Sustav za upravljanje bazama podataka** je softver koji upravlja korištenjem baze podataka, odnosno ima ulogu posrednika između korisnika i same baze podataka.“ (Pavlić, 2011.). SUBP pomaže povezati operacije prostorne algebre sa SQL jezikom:

- Prostorno spajanje – uspoređivanje objekata prema zadanim uvjetima na temelju vrijednosti njihovih atributa
- Prostorna selekcija – odabir skupa objekata koji zadovoljavaju zadani prostorni uvjet
- Prostorne funkcije – izračunavanje prostornih tipova podataka za svaki objekt u nizu

Korištenjem metode indeksiranja omogućen je brži pristup podacima tako da se podskupovi objekata i dijelovi prostora uzimaju kao odgovor na upit. Zadaci prostornog indeksiranja su (Pranjić, 2017.):

- Pronalazak objekta koji se podudaraju s određenim područjem interesa unutar indeksiranog prostora
- Pronalazak parova objekata koji su u nekoj prostornoj interakciji



Slika 12 Primjer prostornog indeksiranja
Izvor: http://user.it.uu.se/~torer/kurser/dbt/Extensible.pdf

Na slici 12 prikazano je korištenje R-tree indeksiranja u kojem se objekti pohranjuju u minimalni obuhvatni pravokutnik (eng. *MBR*) s mogućim preklapanjima. Pri ovom indeksiranju biraju se parametri m i M, pri čemu je m minimalna vrijednost dozvoljenih podataka u čvoru, a M maksimalna (Gregorić, 2014.). U ovom primjeru s parametrima m=2 i M=3, R1 i R2 su najmanji mogući pravokutnici koji sadrže ostale pravokutnike. Točnije, R1 sadrži R3, R4 i R5 pri čemu je R3 najmanji mogući pravokutnik u kojeg se svrstavaju R8, R9 i R10, R4 najmanji mogući pravokutnik koji sadrži R11 i R12, a R5 najmanji mogući pravokutnik koji obuhvaća R13 i R14. Isti princip vrijedi za R2 i njegove pravokutnike.

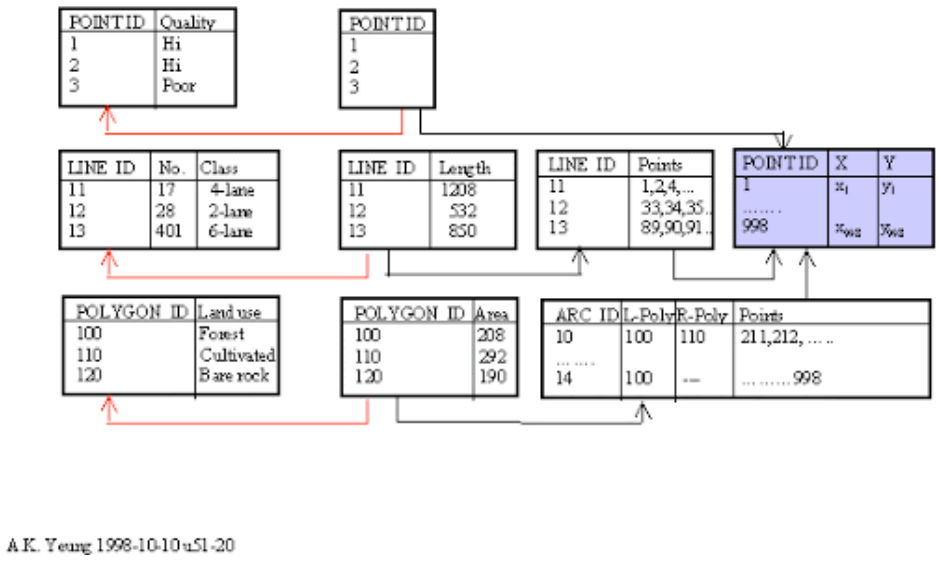
Prostorne strukture podataka većinom pohranjuju ili točke ili polinome (linije ili regije). Neke od podržanih operacija za pohranjene elemente su (Güting, 1994.):

- za točke: pronalazak svih točaka unutar zadanog raspona, traženje najbliže točke zadanoj, pronalazak točaka na nekoj udaljenosti
- za polinome: traženje svih presjeka polinoma sa zadanim, pronalazak svih polinoma koje sadrži zadani polinom

S obzirom na model podataka, baze podataka dijele se na hijerarhijski, mrežni, relacijski i objektni model, a moguća je i kombinacija. U ZIS-u se najčešće koristi relacijski model.

RELACIJSKI MODEL

Zasnovan je na matematičkoj teoriji relacijske algebre te ga danas koristi većina sustava (Bajrić, 2018.). Sastoji se od tablica – relacija, koje sadrže stupce jedinstvenih imena. „Relacija u relacijskome modelu podataka je isto što i relacija u matematici s tom razlikom da su relacije u relacijskome modelu podataka vremenski promjenljive.“ (Pavlić, 2011.). Jedan stupac relacije sadržava vrijednost jednog svojstva (atributa) objekta (entiteta) čije podatke prikupljamo. Svaki redak tablice (n-torka) predstavlja jedan zapis. Prema Coddu unutar jedne relacije ne smiju postojati dvije n-torke s identičnim vrijednostima svih atributa, a redoslijed n-torki unutar relacije nije bitan (Codd, 1970.).



Slika 13 Primjer relacijskog modela baze podataka
Izvor: http://ncgia.ucsb.edu/units/u051/u051.html

Slika 13 prikazuje primjer relacijskog modela prostorne baze podataka. Točka (point), linija (line) i poligon (polygon) su pohranjeni u zasebnim tablicama kojima pripadaju određeni atributi. Svako od obilježja ima jedinstveni ID kojim je određena pripadnost značajki i u ostalim relacijama. Prema tome je vidljivo da točka sadrži atribute o kvaliteti u jednoj relaciji, a u drugoj je ta točka opisana atributima koordinata X i Y. Linija ima atribute broj i klasa u jednoj relaciji, u drugoj relaciji je dodan atribut duljina, a u idućoj skup prethodno definiranih točaka koje sačinjavaju tu liniju. Poligon u jednoj relaciji ima atribut područja, u drugoj atribut namjene zemlje, a u trećoj atribute za polinome lijevo i desno od trenutnog, čime se dobivaju topološke informacije, te također atribut već definiranih točaka koje ga sačinjavaju.

7. Primjena zemljopisnog informacijskog sustava

Zbog raznih mogućnosti koje ZIS nudi, primjenjuje se u raznim sektorima i poslovanjima, a ponajviše kod donošenja odluka vezanih uz prostorne podatke. Osim što se svakodnevno koristi za izradu kartografskog prikaza običnim korisnicima „promatračima“, prva asocijacija praktične primjene su **administracija zemljišta** i geodetska mjerenja.

Također se koristi za planiranje **urbanog razvoja** i rasta gdje se moraju uzeti u obzir razni faktori poput opskrbe vodom, dostupnosti zemljišta, mogućih poplava i potresa, tipa reljefa i sl., a veliku ulogu ima i u **poljoprivredi** zbog analize podataka o sastavu tla i općenito agronomskih podataka. Omogućava poljoprivrednicima preciznu brigu o uzgoju čime se štedi novac i vrijeme (Bajrić, 2018.).

Promet postaje efikasniji zbog ZIS-a optimizacijom postojećih cestovnih mreža i planiranjem transportnih ruta, a koristi se i za smanjenje prometnih nesreća i poboljšanje mjera sigurnosti. Analiziraju se putne relacije i povezuju mjesta javnim prijevozom. Ubrzava se pristup vozilima hitnih službi, izbjegavaju se gužve i prometna buka.

Upravljanje obnovljivim i neobnovljivim **izvorima energije** također se provodi pomoću ZIS-a. Na temelju ZIS-a se grade rafinerije, planira širenje flore i faune, održava ravnoteža u okolišu raspodjelom neophodnih zagađivača, itd. Umjereno se koriste neobnovljivi resursi i pomaže pronalasku novih. Prate se i analiziraju promjene u okolišu čime se brzo i učinkovito minimizira učinak negativnih pojava poput suša, prirodnih katastrofa i slično (Bajrić, 2018.).

Moguće je izgraditi **turistički sustav** primjenom ZIS alata. Pomažu boljem razumijevanju potreba turista kao što su pronalazak lokacije, informacije o udaljenostima, objektima i znamenitostima. Na temelju broja turista u pojedinom području planiraju se zabavni sadržaji i događanja i određuje se period trajanja pojedinih sezona.

Zdravstvu je olakšano pratiti povezanost pandemija s prostorom izbijanja. Formiraju se uzročno-posljedične veze, prati se i raspoređuje broj oboljelih na temelju čega se raspoređuje dostupnost zdravstvenih usluga. Olakšan je pronalazak i nabavka lijeka i predviđanje budućih bolesti.

ZIS-om se povezuju različite struke čime je olakšan pronalazak rješenja sadašnjih, ali i budućih problema. Primjenom ZIS-a se uvelike olakšava svakodnevni rad; od jednostavne navigacije pa do praćenja i djelovanja na klimatske promjene.

8. Prednosti i nedostaci

Jedna od **prednosti** ZIS-a je prikaz velikog broja podataka koji nisu naznačeni na običnoj karti. Omogućeno je računanje udaljenosti, količine, gustoće i ostalih obilježja podataka ili njihovih međusobnih odnosa. Osim pregleda podataka, moguće je postavljanje upita, analiza, interpretacija i na kraju razumijevanje pojedinih pojava, uviđanje uzoraka ponašanja i promjena. Prikaz nije ograničen na papiru, već može biti u digitalnom obliku s puno više (ili manje) detalja, u potpunosti prilagođen korisnikovim potrebama. Korisnik ima mogućnosti izraditi vlastitu kartu preklapanjem slojeva kako bi bolje razumio pojedine procese. Moguća je integracija u bilo koji poslovni informacijski sustav, što otvara radna mjesta. Povezuju se razne znanosti i struke prilikom rješavanja problema (Beato, 2014.).

Ipak, postoje i neki **nedostaci** koji se javljaju prilikom upotrebe ZIS-a. Jedan od mogućih nedostataka je svakako cijena potrebnog softvera i hardvera za učinkovit rad. Potrebno je puno slobodne memorije za pohranu podataka, a vrlo vjerojatno je da neki podaci nisu već dostupni ili su se s vremenom promijenili pa ih je potrebno prikupiti, što je također velik trošak. Prilikom prikupljanja i prikaza podataka može doći do zemljopisne greške jer Zemlja ima oblik geoida, što uzrokuje veću grešku u većem mjerilu. Za napredno korištenje ZIS tehnologije potrebno je određeno znanje koje se stječe dugogodišnjim obrazovanjem i razumijevanjem više znanosti i struka.

Činjenica jest da svaki sustav ima svoje prednosti i nedostatke, ali ipak prednosti korištenja ZI sustava su mnogobrojne i zasigurno će svakom poslovanju donijeti više uspjeha nego neuspjeha.

9. Budućnost zemljopisnog informacijskog sustava

S obzirom na to da je ZIS već sada implementiran u gotovo svim poslovnim sustavima, u budućnosti se može očekivati još naprednije korištenje. Snimanjem i analizom prostornih podataka može se poboljšati svako poslovanje i smanjiti nepotrebni troškovi. U posljednjih pet godina, globalno tržište ZIS-a je zadržalo 10% stope rasta, a predviđanja su da će do 2023. doseći vrijednost od 17.5 bilijardi USD-a, u odnosu na 70 milijardi USD-a 2018. godine. Takav rast i razvoj omogućen je zbog veće dostupnosti prostornih podataka, ali i prijelaza s 2D na 3D bazirano preslikavanje (USCDornsif, 2020.).

Napretkom umjetne inteligencije (eng. *artificial intelligence*), očekuje se integracija virtualne stvarnosti (eng. *virtual reality*) i proširene stvarnosti (eng. *augumented reality*) za učinkovitije upravljanje skupovima prostornih podataka. ZIS će vjerojatno biti korišten za stvaranje virtualnih svjetova u video igrama, a sve više će biti dostupan i mobilni ZIS. Rani primjer takvog razvoja vidljiv je u poznatoj igri Pokémon Go koja je omogućila korisnicima pronalazak „pokemona“ u stvarnom prostoru. Aktualizirat će se korištenje ZIS-a za prikaz i analizu podataka unutarnjeg prostora npr. kompleksnijih zgrada, kao što se sada koristi za vanjski prostor. Time se može poboljšati pristup kritičnim informacijama poput sigurnosnih izlaska ili dolaska hitnih službi u određen unutarnji prostor (USCDornsif, 2020.).

Promjene će se dogoditi i na korisničkom sučelju (eng. *user interface*) čije okruženje će postati razumljivije i intuitivno pomagati korisniku pri radu. Internet će imati veliku ulogu u pristupu podacima u stvarnom vremenu što poboljšava ažurnost i točnost prikaza. Otvoreni ZIS već sada omogućava pristup do pojedinih dijelova prostornih baza podataka te korisnik dobiva veću funkcionalnost sustava uz manji trošak. Prikupljanje novih podataka bit će olakšano zbog razvoja tehnologije, mjere objekata će biti točnije, a snimanje će se obavljati pomoću dronova (USCDornsif, 2020.).

Automobilska industrija se razvija uz pomoć ZIS tehnologija pa će uskoro autonomna vozila biti svakodnevica u prometu. Takva vozila „vide“ svijet pomoću kombinacije lidara, kamera i radara čime generiraju 3D karte potrebne za navigaciju i izbjegavanje prepreka. ZIS analizom mreža izračunava najbržu rutu i pruža aktualna stanja u prometu (USCDornsif, 2020.).

Uzevši u obzir dosadašnji razvoj, lako je zaključiti da ZIS može samo napredovati i biti važan dio budućnosti, a bit će i član pri donošenju odluka na državnim razinama. Obrazovanje za buduće ZIS stručnjake implementirano je u velikom broju obrazovnih institucija, a nude se i online tečajevi. Prostorni podaci se svakodnevno mijenjaju i zbog toga je nužan daljnji razvoj zemljopisnih informacijskih sustava.

10. Zaključak

Prostor koji nas okružuje svakodnevno se mijenja pa uporaba analognih karata više nije praktična jer ne prikazuju točne i ažurne podatke. Razvojem čovjeka razvija se i potreba za analizom pojedinih pojava i želja za poboljšanjem kvalitete života, stoga pojava i razvoj zemljopisnih informacijskih sustava ima velik značaj za čovječanstvo i ekosustav budućnosti. ZIS je, prostornom analizom, razvojem proizvoda za prikupljanje podataka i usluga koje nudi, omogućio razvoj gospodarskih i tržišnih grana.

Pravilnim i smislenim korištenjem ZIS alata moguće je donositi poslovne odluke, predviđati pojave, upravljati urbanim razvojem, utjecati na klimatske promjene i spriječiti pandemije. Za takve aktivnosti potrebno je znati rukovati prikupljenim podacima, pohranjenim u prostornim bazama što omogućuje sustav za upravljanje BP.

Danas su dostupni brojni web i desktop softveri za osobna računala koji svakom korisniku mogu predočiti podatke u 2D, 3D, a uskoro i u virtualnim i proširenim stvarnostima. Svatko može dizajnirati kartu za svoje potrebe, jer su prostorni podaci dostupni i na internetu, i tu kartu koristiti za vlastite prostorne analize.

Kompleksan sustav poput ZIS-a svojim prednostima pojednostavljuje komplicirane korake ostalih sustava što je vidljivo u njegovim brojnim sadašnjim, ali očekivano i budućim primjenama.

11. Literatura

Web sjedišta:

USCDornsife, *The Future of GIS*, 2020. https://gis.usc.edu/blog/the-future-of-gis/Pristupano 8. rujna 2020.

GEO awesomeness, *The Future of GIS*, 2019., https://www.geoawesomeness.com/the-future-of-gis/ Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *Future of GIS*, 2011.,https://www.gislounge.com/future-of-gis/ Pristupano 8. rujna 2020.

Management of Spatial Information, *Geographic Information Systems*, 2013., http://www.fao.org/elearning/Course/B/en/pdf/learnernotes0790.pdf Pristupano 8. rujna 2020.

Wikipedia, *Geografski informacijski sustav*, 2020., https://hr.wikipedia.org/wiki/Geografski_informacijski_sustav Pristupano 8. rujna 2020.

DESA-Dubrovnik, *Osnove GIS-a*, 2015., http://www.up4c.eu/wp-up4c/wp-content/uploads/2015/02/gis_osnove.pdf Pristupano 8. rujna 2020.

Wiki.GIS, *Database management system*, 2011., http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Database_management_system#:~:text=8%20External%20links-,Overview,update%20and%20retrieve%20a%20Database. Pristupano 8. rujna 2020.

http://zzpudnz.sistemi.hr/LinkClick.aspx?fileticket=1PHDKlf-0Po%3D&tabid=411 Pristupano 8. rujna 2020.

Baučić Martina, *Geografski informacijski sustavi* https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/#:~:text=A%20geographic%20information%20system%20(GIS,streets%2C%20buildings%2C%20and%20vegetation. Pristupano 8. rujna 2020.

Geodetski ured Slaven Lambaša, *Što je geodezija?,* https://geodetskiured.net/sto-je-geodezija/ Pristupano 8. rujna 2020.

UIZ, *Data Capture Methods in GIS*, 2020. http://uizentrum.de/data-capture-methods-in-gis/?lang=en#:~:text=Secondary%20GIS%20Data%20Capture%20Method%3A,feature%20construction%20to%20Capture%20Data. Pristupano 8. rujna 2020.

AABSyS, *GIS Data Capture*, 2020, https://www.aabsys.com/services/gis-services/gis-data-capture-services/#:~:text=Secondary%20GIS%20Data%20Capture%20Techniques%3A&text=Scanning%20the%20raster%20data%20for,to%20get%20the%20vector%20output. Pristupano 8. rujna 2020.

Cheng-Chien Liu, *Introduction to Geospatial Information Science,* 2011., https://slideplayer.com/slide/10164613/ Pristupano 8. rujna 2020.

https://www.gislounge.com/future-of-gis/#:~:text=The%20Future%20of%20GIS%20is%20in%20the%20Cloud&text=GIS%20(Geographic%20Information%20System)%20has,available%2C%20and%20easier%20to%20use. Pristupano 8. rujna 2020.

Wikipedia, *Karta*, 2020., https://bs.wikipedia.org/wiki/Karta Pristupano 8. rujna 2020.

Environmental Science, *Principles and Applications of Geographic Information Systems (GIS),* 2018., https://www.environmentalscience.org/principles-applications-gis Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *Basic USES of GIS*, 2012., https://www.gislounge.com/basic-uses-of-gis/ Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *Basics of a Map*, 2007, https://www.gislounge.com/map/ Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *What is GIS?,* 2019., https://www.gislounge.com/what-is-gis/ Pristupano 8. rujna 2020.

Šimić Z., *Vrste i svojstva karata*, http://www.geoskola.hr/~gsurina/5_vrste_karata.pdf Pristupano 8. rujna 2020.

Lukić, Aleksandar, *Digitalna karta - ususret geografiji budućnosti?,* 2003, http://edupoint.carnet.hr/casopis/19/Clanci/2.html Pristupano 8. rujna 2020.

Gauss Centar za geoprostorna istraživanja Sarajevo, *Primjena GIS-a*, http://www.gis.ba/primjena-gis-a/ Pristupano 8. rujna 2020.

GIS Geography, *What is Geographic Information Systems (GIS)?,* 2020., https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/ Pristupano 8. rujna 2020.

Olaya, Victor, *Introduction To GIS*, https://volaya.github.io/gis-book/en/Software.html#:~:text=There%20are%20five%20fundamental%20functionalities,each%20of%20them%20might%20differ. Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *Attribute Data Types for GIS*, 2013., https://www.gislounge.com/attribute-data-types-gis/#:~:text=Attribute%20data%20is%20information%20appended,provides%20characteristics%20about%20spatial%20data. Pristupano 8. rujna 2020.

Geospatial World, *An Overview of GIS History*, 2018., https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/#:~:text=The%20concept%20of%20GIS%20was,about%20land%20usage%20in%20Canada. Pristupano 8. rujna 2020.

QGIS Documentation, *Vector Data*, 2020., https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html Pristupano 8. rujna 2020.

GIS LOUNGE, *Types of GIS Data Explored: Vector and Raster*, 2017., https://www.gislounge.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/ Pristupano 8. rujna 2020.

QGIS Documentation, *Raster Data*, 2020., https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html Pristupano 8. rujna 2020.

Wikipedia, *Google Maps*, 2020., https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps Pristupano 8. rujna 2020.

Miler, M., *Što je to WebGIS?,* 2010., https://www.planinarski-portal.org/static/web_app/tekstovi/tematski/sto%20je%20webgis.pdf Pristupano 8. rujna 2020.

Knjige i studentski radovi:

Bajrić, Ida. »Računalne metode u upravljanju prostornim podatcima.« Pula, 2018.

Barada, Mirko. »Utjecaj korisničko-definiranih parametara na točnost digitalnog modela reljefa.« Zadar, 2017.

Bartelme, N. *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen.* 2005.

Beato, Marijan. »Primjena geoinformacijskih sustava kao moderne tehnologije u održivoj budućnosti gradova.« 2014.

Bill, R. *Grundlagen der Geo-Informationssysteme.* 1999.

Codd, Edgar Frank. *Relational Completeness of Data Base Sublanguages.* 1970.

Gašpar, Slaven. »Izrada GIS-a Marine Verude.« Zagreb, 2011.

Gregorić, Emilija. »R-stabla i primene.« Beograd, 2014.

Güting, Ralf Hartmut. »An introduction to spatial database systems.« 1994.

Hake, G., D. Grünreich, i L. Meng. *Kartographie.* Berlin, 2002.

Olaya, Victor. *Introduction to GIS.* 2018.

Pavlić, Mile. *Oblikovanje baza Podataka.* Rijeka: Odjel za informatiku Sveučilišta u Rijeci, 2011.

Perković, Dario. »Osnove geoinformatike - upravljanje podacima.« 2010. https://rudar.rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/02_Upravljanje_podacima_09062010.pdf.

—. »Osnove geoinformatike - Uvod u geoinformatiku.« 2010. https://rudar.rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/01_Uvod_u_geoinformatiku_02092010.pdf.

—. »Osnove geoinformatike - Značajke GIS-a.« 2010. http://rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/04_Znacajke_GIS-a_10062010.pdf.

Peruško, Igor. »Primjerna geografskih informacijskih sustava u turizmu.« 2019.

Pokupić, Marta. »Analiza točnosti globalnih digitalnih modela reljefa i geomorfometrijski modeli planinskih područja Republike Hrvatske.« Zagreb, 2018.

Pranjić, Martina. »Prostorni Podaci i geografske baze podataka.« Varaždin, 2017.

Prižmić, Kristijan. »Razvoj i upravljanje GIS projektima.« Pula, 2019.

Risek, Matija. »Baza podataka kao element geografskih informacijskih sustava i primjena GIS-a na projektu "Katastar osnovnih škola Varaždinske i Međimurske županije".« Pula, 2017.

Šlijeg, Ante. »Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara - primjer PP Vransko jezero.« Zagreb, 2013.

Slosar, Morena. »GIS (Geografski informacijski sustav) u cestovnom prometu.« Rijeka, 2013.

Strunjak, Filip. »PostGIS.« Varaždin, 2016.

Terlević, Siniša. »Upotreba GIS-a u prostornom planiranju.« Pula, 2019.

Tutić, D., N. Vučetić, i M. Lapaine. *Uvod u GIS.* Zagreb, 2006.

12. Popis slika

Slika 1 Odnos kartografije i ZIS-a 8

Slika 2 Odnos žarišta epidemije kolere i pumpa za vodu (John Snow) 9

Slika 3 Hardver u ZIS-u 12

Slika 4 ZIS softveri 12

Slika 5 ArcGIS Pro 3D 14

Slika 6 Google Maps sučelje 16

Slika 7 Vektorski model podataka 17

Slika 8 Rasterski model podataka 18

Slika 9 Odnos prostornih i atributnih podataka 19

Slika 10 Faze prikupljanja podataka 20

Slika 11 Simboličan prikaz digitalne karte 23

Slika 12 Primjer prostornog indeksiranja 26

Slika 13 Primjer relacijskog modela baze podataka 27