



UNIVERZITET U BEOGRADU  
MATEMATIČKI FAKULTET  
SMER INFORMATIKA

---

# Geografski informacioni sistem ArcGIS i njegova primena na Vebu

---

MASTER RAD

**Autor:**  
**Jovana Nikolić**

**Mentor:**  
**dr Aleksandar Kartelj**

Beograd,  
septembar 2021.

## Članovi komisije:

dr Vladimir Filipović, redovni profesor,  
Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet

dr Danijela Simić, docent,  
Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet

# Sažetak

U ovom radu je kroz teorijske osnove, primere upotrebe i praktičnu primenu kroz aplikaciju predstavljen termin i značaj Geografskih informacionih sistema(GIS). Cilj samog rada je da čitalac usvoji kako osnovne pojmove, tako i da sa aplikativne strane upozna proces implementacije jednog geografskog informacionog sistema korišćenjem Esri tehnologije i Vue.js okvira reaktivne paradigme.

Prvi deo kroz istorijski pregled i savremene primene upućuje na važnost digitalizacije geografskog podatka. Na slikovit način su opisani rasterski i vektorski podaci i prednosti i mane istih. U narednim poglavljima prikazana je Esri tehnologija i JavaScript API za implementaciju ideja iz prvog dela. Krajni proizvod, Vue.js aplikacija, će kao praktičan primer zaokružiti celu priču o GIS-u sa ciljem demonstracije nekih od GIS mogućnosti.

**Ključne riječi:** GIS, Esri, ArcGis, Vue.js

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>5</b>
1.1	Definicija . . . . .	6
1.2	GIS kroz istoriju i GIS danas . . . . .	6
1.3	Modeli geografskih podataka . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Pregled korišćenih tehnologija</b>	<b>11</b>
2.1	ArcGIS . . . . .	12
2.1.1	ArcGIS biblioteka za jezik JavaScript . . . . .	12
2.1.2	Programske klase . . . . .	13
2.1.3	Dostupni alati . . . . .	16
2.2	Vue.js radni okvir . . . . .	19
2.2.1	Vuetify biblioteka . . . . .	20
2.2.2	Vuex biblioteka . . . . .	20
2.2.3	Rutiranje . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Predlog integracije ArcGIS i Vue.js</b>	<b>21</b>
3.1	Povezivanje aplikacije i ArcGIS biblioteke . . . . .	21
3.2	Formiranje aplikacije . . . . .	22
3.3	Glavne komponente . . . . .	23
3.3.1	WebMap komponenta . . . . .	23
3.3.2	Settings komponenta . . . . .	24
3.3.3	Identify komponenta . . . . .	27
3.3.4	Home komponenta . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Prikaz razvijene aplikacije</b>	<b>30</b>
4.1	Veb mapa . . . . .	31
4.2	Dostupni alati . . . . .	31
4.3	Identifikacija . . . . .	35

5 Zaključak	39
Literatura	41

# Poglavlje 1

## Uvod

Koliko puta u toku dana pogledamo vremensku prognozu, proverimo stanje sa gužvom na putu, potražimo na internetu najbliži bioskop ili proverimo dokle je stigla pošiljka koju čekamo? Svaki put smo zapravo u dodiru sa geografskim informacionim sistemom, a da toga možda nismo ni bili svesni.

Količina informacija se prelaskom sa štampane na digitalnu mapu značajno uvećala, a sa mogućnošću pridruživanja dodatnih prostornih podataka razvila se i oblast geografskih informacionih sistema – GIS (eng. Geographic Information System). Jedna od opštepoznatih definicija kaže da je to sistem za prikupljanje, memorisanje, proveru, rukovanje, analizu i prikazivanje podataka koji su prostorno vezani za Zemlju. Mada mnogi smatraju da je nepotrebno ograničenje u vidu Zemlje, jer geo-podaci mogu predstavljati objekte i izvan zemljine površine.

GIS alati i prostorni podaci se koriste za rešavanje mnogih praktičnih problema. Navigacija, mapiranje tla, prostorno planiranje, lociranje određenih objekata radi analize i optimizacije su samo neki od primera upotrebe. Spektar primene obuhvata i oblasti poput poljoprivrede, ekologije, saobraćaja, turizma, itd.

Geodezija, kartografija i fotogrametrija su discipline koje su razvile širok opseg sredstava za registraciju položaja i osobina jasno definisanih prirodnih elemenata. Kao osnovne jedinice geografskog podatka, još od najranijeg doba, ove discipline uzimaju se tačkasti i linijski simboli, dok se za veće površine uzimaju poligoni oivičeni linijom. Moderan GIS se zasniva na istim principima međutim uz mnogo veći spektar načina za prikupljanje podataka.

Prelazak sa tradicionalnog pristupa na savremeni omogućila je digitalizacija pomoću CAD (eng. computer-aided design) sistema gde se karta iz papirnog oblika prebacuje u digitalni. Takođe, moguće je i direktno prikupljanje podataka pomoću satelitskih i raznih vrsta snimaka iz vazduha.

Uporedo za razvojem digitalizacije u ovoj oblasti dolazi i do povećanja broja alata, biblioteka i programerskih organizacija koje dalje razvijaju ovu oblast. Jedna od takvih organizacija je Esri (Environmental Systems Research Institute) koji zauzima oko 43% svetskog tržišta. Glavni proizvod predstavlja ArcGIS geografski sistem koji pored niza aplikacija i usluga nudi i ArcGIS Engine koji poseduje biblioteke za pisanje aplikacija visokog nivoa za razne programske jezike.

## 1.1 Definicija

Precizno definisanje nekog pojma jako je bitno za kasnije razumevanje povezanih pojmova. Postoje mnoge definicije Geografskog informacionog sistema nastale iz raznih uglova gledišta. Opšta definicija kaže da prostorni podaci predstavlja pojave iz realnog sveta u smislu njihovog položaja u odnosu na poznati koordinatni sistem, njihovih atributa koji nisu korelisani sa položajem i njihovih prostornih međurelacija koje opisuju kako su povezani. Sada ćemo navesti još neke od poznatijih definicija formiranih prema različitim specijalizacijama [1].

- **Definisanje iz ugla sredstva za rad** - Moćan skup sredstava za prikupljanje, memorisanje, pretraživanje po potrebi, transformacije i prikazivanje prostornih podataka iz stvarnog sveta [2].
- **Definisanje iz ugla baza podataka** - Sistem baza podataka u kojima je većina podataka prostorno indeksirana i nad kojima se upravlja nizom postupaka da bi se odgovorilo na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama [3].
- **Definisanje iz ugla organizacije** - Institucionalna celina koja održava organizacionu strukturu koja integriše tehnologiju sa bazama podataka, ekspertska i stalna finansijska podrška u toku vremena [4].

## 1.2 GIS kroz istoriju i GIS danas

Hiljadama godina unazad ljudi kreiraju i koriste mape. Praistorijski čovek oslikavao je mape po zidovima pećina kako bi obavestio druge o opasnostima u okolini ili definisali svoje teritorije. Jedan takav primer je i Bedolin mapa u Italiji poznata i kao jedna od prvih topografskih mapa koja prikazuje obrađene parcele, planinske staze i sela (Slika 1.1) .



**Slika 1.1:** Bedolina mapa [5]

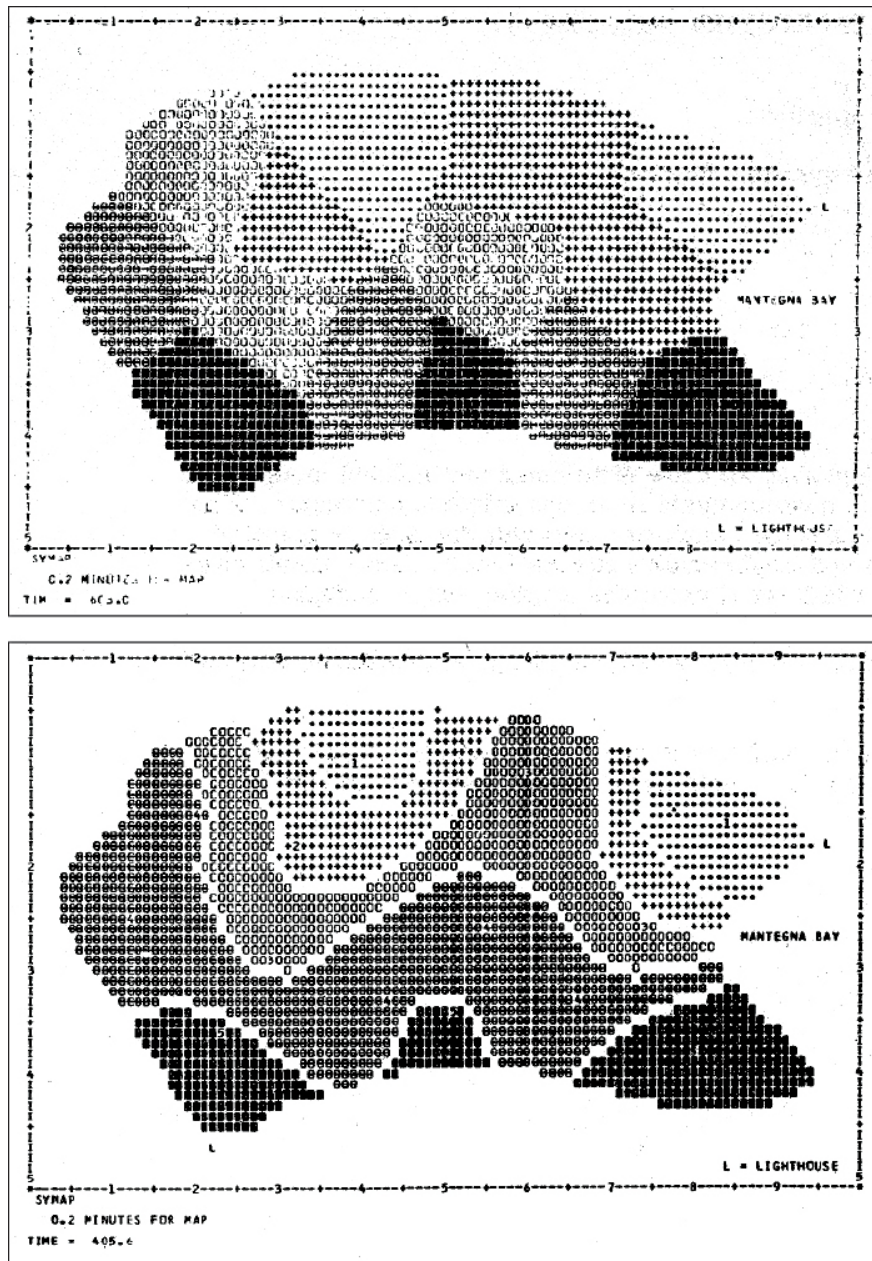
Razvoj zakona i propisa doveo je do toga da Geografska informaciona zajednica pri mnogim državama počinje da se bavi izradom katastarskih i topografskih karata za cele državne teritorije. Tokom poslednjih 200 godina razvijeni su različiti načini izrade karata i znatno podignuti standardi u izradi i preciznosti.

Napretkom naučne studije o Zemlji bilo je potrebno zapisati na karti razne vrste atributa. U 19. veku sve više se javlja potreba za namenskim kartama. Ovakve karte sadrže informacije o pojedinačnom subjektu ili temi. Tada prvi put dolazi do problema gde terenci koji su skupljali ove informacije nisu mogli da registruju i obrade ogromnu količinu podataka koja je neophodna da se obezbedi odgovarajući uvid u trenutna stanja. Kao što je to bio slučaj u mnogim novim naučim disciplinama prvi cilj premera bio je popis, opažanje, klasifikacija i registracija onoga što se tamo nalazi.

Prvi napredak u rešavanju matematičkih prostornih problema i problema velike količine podataka se desio tridesetih godina 20. veka zbog razvoja statističkih metoda i analize vremenskih serija. Sledeći veći napredak se opazio nakon 60-ih godina i pojave digitalnih računara. Zahvaljujući razvoju geografskih informacionih sistema danas je primena logičkih i numeričkih modela i statističkih metoda nad prostornim podacima skoro rutinska stvar [1].

60-ih godina 19. veka bila je popularna metoda da se monodisciplinane (karte specijalizovane za jednu oblast) karte mogu kombinovati i integrisati jednostavnim preklapanjem transparentnih kopija izvornih karata na osvetljenom





Slika 1.2: Symap [6]

stolu. Howard T. Fisher iznosi 1963. godine ideju o primeni računara za izradu jednostavnih karata štampanjem statističkih vrednosti u mreži na običnom papiru. Njegov program Symap od skraćenice za Syngraphik MapPing System sadrži niz modula za analizu i rukovanje podacima sa rezultatima koji se mogu prikazati štampanjem na linijskom štampaču sa više sivih skala tonova. Primer jedne mape dobijene u ovom programu možemo videti na slici 1.2. U isto vreme javljaju se i rasterski programi za kartiranje Grid i Imgrid koji su omogućili da se na računarima radi ono što se radilo metodom preklapanja mapa. Nove raču-

narske tehnologije za tradicionalne kartografe nisu promenile osnovne stavove u izradi karata. Zbog toga 1977. godine Rhind je izneo argumente za primenu računara u kartografiji. Neke od njih navodimo u nastavku [1]:

- brža izrada postojećih karata;
- jeftinija izrada;
- izrada karata za specifični namene;
- mogućnosti izrade karata ukoliko kvalifikovano osoblje nije na raspolaganju;
- mogućnost podešavanja vrste prikaza istih podataka;
- olakšano ažuriranje.

Postoji veliki broj komercijalnih organizacija koje se bave prikupljanjem, obradom, preprodavanjem i distribuiranjem GIS podataka. Među vodećim snabdevačima GIS podataka nalaze se i lokalne, regionalne i državne agencije. Na primer, javno dostupni podaci mogu se dobiti od organizacija kao što su: Popisni Biro (eng. Bureau of the Census), United States Geological Survey (USGS), National Aeronautics and Space Administration (NASA), and the Federal Emergency Management Agency (FEMA), kao i od regionalnih i lokalnih organizacija [7].

Google mape su najpoznatiji komercijalni predstavnik GIS tehnologije. Njegovi servisi nam nude jednostavan interfejs za navigaciju, skup podataka o stanju na putevima, turističkim lokacijama, prirodnim i umetničkom znamenitostima, geopolitičkim određenjima i slično. Tehnički deo servisa čine JavaScript i XML. Google takođe nudi i svoj Google Maps API koji omogućava integraciju mapa u veb stranice i prilagođavanje vlastitim potrebama. I firma Microsoft nudi svoj GIS proizvod u vidu servisa Bing maps. Za razliku od Guglovog, Microsoft Bing API nije dostupan besplatno [8].

Trenutno u svetu postoji širok spektar GIS aplikacija. Neke od njih su za opštu namenu dok su neke specijalizovane za određene oblasti. GrassGis je geoprostorni menadžer podataka, služi za vektorske i rasterske manipulacije i razvijen je od strane američkih vojnih inženjera. Gvsing služi za mapiranje i procesiranje sa 3D mogućnostima. Zatim se često koristi QGis - moćni alat za kartografsko i geoprostorno procesiranje podataka. MapWindows je besplatna aplikacija sa mnogim dodacima i programskom bibliotekom za nadogradnju [9].

## 1.3 Modeli geografskih podataka

Za korišćenje određenih podataka u GIS-u, podaci moraju biti u digitalnom formatu. Modeli podataka se koriste za predstavljanje geoobjekata iz realnog sveta u digitalnom obliku. Model podataka definiše proces koji se koristi prilikom kreiranja apstraktne predstave geoobjekata iz realnog sveta u formatu koji je pogodan za kompjutersku obradu. U GIS svetu postoje dva osnovna tipa modela podataka za predstavljanje geoobjekata, vektor i raster. Pre prikazivanja samih podataka potrebno ih je prikupiti, što se može uraditi kupovinom, besplatnim preuzimanjem sa interneta ili kreiranjem novih podataka.

Postoji mnogo načina za kreiranje podataka. Može se skenirati i digitalizovati postojeća mapa ili se može preuzeti sa interneta aerofotogrametrijski snimak i digitalizovati. Prostorne podatke možete dobiti i prikupljanjem na terenu korišćenjem mobilnih uređaja, globalnog pozicionog sistema (GPS) ili na osnovu geodetskih merenja. Dalje, može se sprovoditi istraživanja i ankete ili se mogu ručno unositi podaci u bazu podataka. Takođe, možete konvertovati postojeće tabele koje sadrže prostorne attribute, kao što su x,y koordinate ili adrese, u geografske podatke [9].

\* \* \*

## Poglavlje 2

# Pregled korišćenih tehnologija

Esri (eng. Environmental Systems Research Institute) je međunarodni dobavljač softvera za geografske informacione sisteme i aplikacija za upravljanje geobazama podataka. Esrijeva platforma ArcGIS je sveobuhvatna platforma koja omogućava rad sa geografskim informacijama i njihovo korišćenje za povećanje efikasnosti u rešavanju konkretnih problema. Najveći broj ljudi radi sa geografskim informacijama kroz mape, i to ne samo sa štampanim mapama već i sa interaktivnim koje omogućavaju uvid u mnoge informacije, analitičke alate, ključne zadatke i tokove rada koje koriste zaposleni za što efikasnije obavljanje svakodnevnih poslova. ArcGIS platforma dostupna je gde god da se nalazite zahvaljujući aplikacijama koje čine mape dostupnim na mobilnim uređajima, tabletima i desktop računarim.

ArcGIS Online sadrži kolekciju datoteka sa podacima za javnu upotrebu. Mnogi Esri softveri takođe, dolaze sa besplatnim podacima koje možete iskoristiti u svom radu. Esri nudi mnoge besplatne GIS podatke koji se mogu pronaći na internet adresi <https://hub.arcgis.com/search> [9].

Vue važi za jednostavan i intuitivan JavaScript okvir koji je veoma brz, zauzima malo memorije i poseduje detaljnu dokumentaciju. Takođe je fleksibilan i može se prilagoditi različitim projektima. Vue ima vrlo dobar raspored prikazivanja elemenata. U jednoj datoteci se koristi HTML, CSS i Javascript, sve je raspoređeno na elegantan način tako da ne dolazi do zabune zbog uobičajene konvencije kako bi datoteke različitog tipa trebale biti odvojene jedna od druge. Reaktivnost ovog okvira je posebno pogodna za rad sa mapama i zato je odličan izbor za integraciju sa ArcGISom.

## 2.1 ArcGIS

GIS podaci se često objavljuju na ArcGIS Online portalu kao GIS servisi. GIS servis je sloj sa podacima koji predstavlja GIS resurs, kao što je mapa, raster, klasa geoobjekata ili konekcija na neku geoprostornu bazu podataka. GIS servis se nalazi na serveru i dostupan je klijentima koji koriste npr ArcGIS for Desktop, iPhone i internet pretraživače dostupne na različitim uređajima. GIS servisi se čuvaju i održavaju na serverima zajedno sa izvorima podataka, i pri tom se na serverima vrši GIS obrada podataka i rezultati šalju korisnicima u formatima kao što su tekst ili slika [9]. ArcGIS je kompletan GIS koji koristi mogućnosti kompjuterske tehnologije kako bi omogućio korisnicima analize sve kompleksnijih problema, modeliranje implementacije potencijalnih rešenja i deljenje informacija i rešenja sa drugima.

ArcGIS proizvod čini velika paleta zasebnih aplikacija i biblioteka za rad sa geografskim podacim. Posebno se izdvajaju 4 velike celine:

- ArcGIS za Desktop - Softver koji koriste GIS korisnici za prikupljanje, korišćenje i upravljanje geografskim informacijama.
- ArcGIS za Server - Softver koji koriste GIS profesionalci da dele resurse kreirane korišćenjem ArcGIS for Desktop-a na internetu. Uključuje i Portal for ArcGIS, koji pruža mogućnosti ArcGIS Online u lokalnom okviru.
- ArcGIS Online - Veb sajt koji koriste GIS profesionalci i svi ostali koji su zainteresovani za pronalaženje, korišćenje, deljenje i/ili kreiranje bogatih sadržajem, interaktivnih i inteligentnih mapa podataka.
- ArcGIS za Mobilne uređaje- Softver koji koriste svi koji žele da se povežu i rade u ArcGIS softveru korišćenjem mobilnih uređaja, kao što su iPhone, Android, Windows Mobile Devices, itd.

### 2.1.1 ArcGIS biblioteka za jezik JavaScript

ArcGIS API za JavaScript je način za ugrađivanje mapa i svih njenih specifičnosti u veb aplikacije. Ove mape možete dobiti od ArcGIS Online-a, ArcGIS servera ili drugih servera. Ova biblioteka može se ugraditi u bilo koji projekat koji koristi jezik JavaScript, što uključuje jednostavne internet aplikacije, ali i veoma kompleksne projekte. Dodavanje u projekat je intuitivno i zahteva minimalno vreme.

Od 2008. programeri koriste ArcGIS API za JavaScript za izgradnju moćnih aplikacija za veb mapiranje. Na dan pisanja (jul 2021.) ovog rada aktuelna verzija je 4.20. Izdanjem verzije 4.0, imamo potpuno novi API koji je rekonstruisan, tako da možete vizualizovati podatke u 3D-u, lako se integrisati sa svojim veb GIS-om i stvoriti intuitivno korisničko iskustvo - sve koristeći jednostavan i dosledan API. Trenutno nisu dostupne sve funkcionalnosti iz 3.x verzija, ali se u bližoj budućnosti svakako očekuju [10].

### 2.1.2 Programske klase

ArcGIS biblioteka nudi veliki skup klasa za kreiranje i rad sa mapama i prostornim podacima. Da bi se koristile potrebno je samo izvršiti dovlačenje date klase pre, a zatim su dostupne sve njene funkcionalnosti. Osnovna klasa koja obezbeđuje i samu početnu mapu je *esri*, koja uz to nudi funkcije sa rad sa simbolima, grafikom, bojama i slično. Često korišćene klase su i *esri/view*, *esri/geometry*, *esri/view*, *esri/layers* itd. U nastavku ćemo nešto detaljnije opisati neke od njih [10].

#### Klasa Map

Veb mapa je GIS mapa koja je dizajnirana, implementirana, generisana i objavljena na internetu. ArcGIS veb mape se kreiraju izborom odgovarajućih osnovnih mapa i dodavanjem slojeva sa podacima. Ovi slojevi sa podacima mogu biti GIS servisi ili drugi GIS slojevi sa podacima. Mape se skladište na mreži od strane Esrija. Kreiranje i pristup veb mapama ne zahteva korišćenje ArcGIS softvera; sve što Vam treba je internet konekcija i internet pretraživač. Mapa se u aplikaciji formira pozivom konstruktora za datu klasu [11]. Klasa Map sadrži svojstva i metode za čuvanje, upravljanje i prikazivanje slojeva zajedničkih i za 2D i 3D pogled. Slojevi se mogu dodavati i uklanjati sa mape, ali se generišu putem *MapView* (za pregled podataka u 2D) ili *SceneView* (za prikaz podataka u 3D-u) pogleda. Stoga je instanca mape jedinstven objekat koji sadrži slojeve, dok je pogled sredstvo za prikaz i interakciju sa slojevima.

Na jednu mapu može se referencirati iz više pogleda. Na primer, jedna mapa može biti vidljiva u dva odvojena prikaza - jednom u 2D, a drugom u 3D. Budući da se jednoj mapi može pristupiti iz više pogleda u istoj aplikaciji, sve operacije korisnika sa slojevima mape obrađuje se nad pogledom, a ne nad mapom. Objekat mape treba stvoriti pre pogleda, kako bi mogao da se prenese u njegovo svojstvo mape. Dodavanje mape pokazano je u listingu 2.1.

**Listing 2.1:** Kreiranje početne mape

```
1
2 require(["esri/Map"], function(Map) {
3     const myMap = new Map({
4         basemap: 'topo',
5         ground: 'world-elevation'
6     })
7 });
```

## Klasa View

MapView prikazuje 2D prikaz instance Mape. Instanca *MapView* mora biti kreirana da bi prikazala mapu (zajedno sa njenim operativnim i osnovnim slojevima) u 2D prikazu. Da bi mapa bila vidljiva korisniku u DOM (eng. Document Object Model) modelu, *MapView* mora biti kreiran i referencirati najmanje dva objekta: instancu karte i DOM element. Svaki se postavlja u konstruktoru u elementima *map* i *container*. Formiranje pogleda na mapu prikazano je u programskom kodu 2.2.

**Listing 2.2:** Kreiranja pogleda

```
1
2 let view = new MapView({
3     map: myMap,
4     container: "viewDiv",
5     center: [-117.1540, 32.6938],
6     zoom: 14
7 });
```

## Klasa FeatureLayer

*FeatureLayer* je jedan sloj koji se može dobiti iz Map ili Feature Servisa, ArcGIS Online ili ArcGIS Enterprise portala ili iz niza karakteristika na strani klijenta. Sloj može biti ili prostorni (ima geografske karakteristike) ili neprostorni (tabela).

Prostorni sloj se sastoji od diskretnih karakteristika i geometrije koja omogućava prikazivanje u 2D MapView pogledu kao grafiku sa prostornim kontekstom. Karakteristike takođe sadrže attribute podataka koji pružaju dodatne informacije o stvarnom obeležju koje predstavljaju. Slojevi se mogu ispitivati, analizirati i prikazivati kako bi se vizualizovali podaci u prostornom kontekstu. Neprostorni sloj je tabela koja nema atribut za prostorno obeležje koji predstavlja geografske karakteristike. Formiranje *FeatureLayer*a prikazano u kodu 2.4.).

**Listing 2.3:** Dodavanje feature layera

```
1 const fl = new FeatureLayer({
2   url: "https://sampleserver6.arcgisonline.com/arcgis/rest/
      services/0000000/Census/MapServer/3"
3 });
4 map.add(fl);
```

## Klasa MapImageLayer

*MapImageLayer* omogućava prikaz i analizu podataka iz podslojeva definisanih u servisu mape, izvozeći grafički prikaz podataka na samu mapu. *MapImageLayer* se generiše na serveru na osnovu zahteva. Za razliku od *FeatureLayer* sloja, *MapImageLayer* obrađuje server, a ne klijent. Poziv konstruktora prikazan je kodu 2.3.

**Listing 2.4:** Kreiranja Map Image Layera

```
1 let layer = new MapImageLayer({
2   url:"https://sampleserver6.arcgisonline.com/arcgis/rest/
      services/0000000/StoryMaps/StoryMapPlaces1/MapServer"
3 });
4 map.add(layer);
```

## Klasa Query

Ova klasa definiše parametre za izvršavanje upita nad slojevima podataka. Jednom kada se definišu svojstva objekta *Query*, on se može preneti u izvršnu funkciju koja će vratiti rezultate u *FeatureSet-u*.

Postoje tri vrste upita: atributivni, prostorni i statistički. Mogu se vršiti upiti za rezultate u jednoj od ovih kategorija ili da koristite elemente svake od njih u pojedinačnom upitu. Rezultati se takođe mogu tražiti prema geometriji ili lokaciji.

Da bi izvršili prostorni upit, mora se postaviti parametar geometrije i navesti važeći koordinatni sistem. Može se zadati i udaljenost geometrije i jedinice mere u baferu oko date geometrije. Poziv upita nad izabranim slojem prikazan je u listingu 2.5.

**Listing 2.5:** Query task

```
1 const meters = this.distance
2 const polygon = geometryEngine.buffer(event.mapPoint,
3   meters, 'meters')
```



```
4 fl.service.queryFeatures({
5   geometry: polygon,
6   spatialRelationship: 'intersects',
7   returnGeometry: true,
8   returnQueryGeometry: true,
9   outFields: ['*'],
10  returnZ: false
11 }).then(function (featureSet) {
12   result=featureSet.features
13 }
```

## Klasa IdentifyTask

Ova klasa izvodi operaciju identifikovanja nad slojevima tipa *MapImageLayer*. Ona koristi *IdentifiParameters* za postavljanje parametara za operaciju identifikacije i *IdentifiResult* za rad s rezultatima. Listing 2.6 prikazuje poziv *IdentifyTask* funkcije nad odabranim slojem

**Listing 2.6:** Identify task

```
1 const identifyTask = new IdentifyTask(url)
2 const params = new IdentifyParameters()
3 params.layerIds = visibleLayersIds
4 const polygon = geometryEngine.buffer(event.mapPoint,
5   this.distance, 'meters')
6 params.layerOption = 'visible'
7 params.geometry = polygon
8 params.returnGeometry = true
9 params.mapExtent = this.mapView.extent
10 identifyTask.execute(params).then(function (response) {
11   const results = response.results
12 })
```

### 2.1.3 Dostupni alati

Prilikom pregleda mape u aplikaciji može se promeniti prikaz mape kako bi poruka koju mapa šalje mogla jasnije da se prenese. Na primer, može se pomeriti mapa tako da se promeni centar mape, uveličavanjem prikaza promeniti razmeru mape ili promenom simbola koji se koriste za prikaz geobjekata na mapi vizuelno izmeniti mapu. Iako su osnovni podaci i dalje isti sa svakom navedenom promenom, mapa može pružati sasvim druge informacije. Postoji mogućnost istraživanja podataka na mapi slanjem raznih upita u cilju dobijanja neophodnih informacija [9].

## esri/widgets/CoordinateConversion

Alat *CoordinateConversion* pruža uvid u položaj kursora, kao bilo koji zapis od popularnih formata prikaza koordinata. Pored toga, alat može da izvede pretvaranje unetih korisničkih koordinata u tačku na mapi. Kao i sve do sada, intuitivno se dodaje na samu mapu (Listing 2.7). Konstruktor omogućava prosleđivanje parametara za dodavanje i brisanje različitih opcija samom alatu. U primeru kreiranja alata zadajemo id html elementa gde smeštamo dati alat i zadržavamo samo osnovne mogućnosti.

**Listing 2.7:** Dodavanje Coordinates alata

```
1 let coordinatesWidget = new CoordinateConversion({
2   view: view,
3   container: 'coordinates',
4   visibleElements: {
5     expandButton: false
6   },
7 })
```

## esri/widgets/ElevationProfile

Dodatak *ElevationProfile* koristi se za generisanje i prikaz profila visine iz grafike ulazne linije. Ulazna grafika se može postaviti interaktivno crtanjem linije na mapi. Uslov za korišćenje ovog alata je da pri kreiranju mape bude postavljen parametar *ground*. Uzdužni profil se pravi uz pomoć konstruktora kao u kodu 2.8.

**Listing 2.8:** Dodavanje Elevation alata

```
1 const elevationWidget = new ElevationProfile({
2   view: view,
3   profiles: [
4     {
5       type: "ground"
6     }
7   ],
8   visibleElements: {
9     selectButton: false,
10    clearButton: true,
11    settingsButton: false
12  },
13  container: 'elevation',
14 })
```

## esri/widgets/DistanceMeasurement2D

Dodatak *DistanceMeasurement2D* izračunava i prikazuje rastojanje između dve ili više tačaka na mapi. Kao i kod dosadašnjih alata potrebno je postovati element u koji se alat smešta i pogled na koji se odnosi. Za ovaj alat potrebno je pridružiti kontejner za smeštanje i pogled na mapu (Listing 2.9).

**Listing 2.9:** Dodavanje Measuer alata

```
1 const measureWidget = new DistanceMeasurement2D({
2     view: view,
3     container: 'measure',
4 });
```

## esri/widgets/Search

Dodatak za pretragu pruža način za izvršavanje operacija pretraživanja nad podrazumevanim lokacijskim servisom(lokator) ili nad slojem koji sami definišemo. Ukoliko se pretraga vrši nad našim slojem u pozadini se zapravo izvršava *query* funkcija sa zadatim parametrom. Alat podrazumevano postavlja prikaz rezultata pretraživanja. Nivo detalja pretrage je konfigurabilan, tako da možemo postaviti različite vrste parametara poput broja rezultata u predlozima, nivo uveličavanja objekta, polje na osnovu kojih se pretražuje i slično. Moguće je dodati i sopstveni *FeatureLayer* za pretragu što prikazuje listing 2.10 [10].

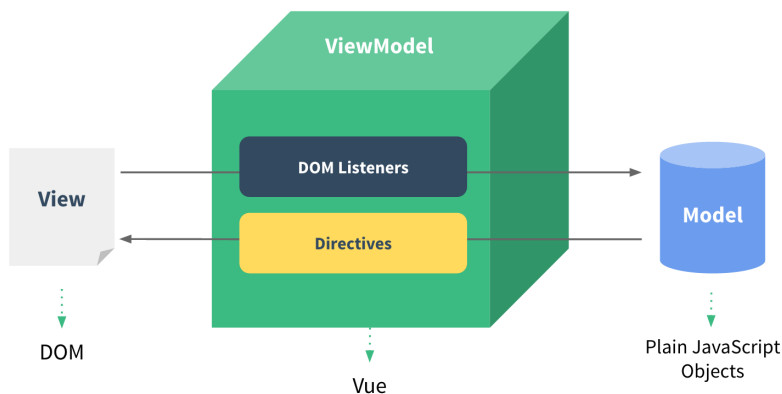
**Listing 2.10:** Dodavanje Search alata

```
1 const source = {
2     layer: new FeatureLayer({
3         url: "https://gissd.sandag.org/rdw/rest/services/
4             Transportation/GTFS_Transit/MapServer/0",
5         outFields: ["*"]
6     }),
7     searchFields: ["stop_name"],
8     displayField: "stop_name",
9     exactMatch: false,
10    outFields: ["*"],
11    name: "Station",
12    placeholder: "Station"
13 }
14 this.searchWidget = new SearchWidget({
15     view: view,
16     allPlaceholder: 'Search',
17     container: 'searchWidget',
18     loacationEnabled: false,
```

```
18     popupEnabled: false ,  
19     sources: [source]  
20  })
```

## 2.2 Vue.js radni okvir

Vue.js je JavaScript radni okvir otvorenog koda za kreiranje aplikacija. Za cilj ima da pojednostavi razvoj internet aplikacija, učini ih lakšim za pisanje, razumevanje i održavanje. U osnovi Vue.js aplikacije je sistem za reaktivno povezivanje podataka koje omogućava da podaci i DOMa budu sinhronizovani na jednostavan način, korišćenjem posebne sintakse unutar standardnih HTML elemenata. Bitan deo je koncept komponenti koji nam nudi da aplikaciju gradimo ugnježdavanjem manjih delova u složenije. Vue poseduje ve-



Slika 2.1: MVC model [12]

liki broj raznih biblioteka za kreiranje veb aplikacija i predstavlja programski jezik reaktivne paradigme sa MVC arhitekturom (Slika 2.1). Osnovna sintaksa podrazumeva pisanje HTML koda koji se povezuje sa JavaScript delom, čime se postiže reaktivnost, i stilizuje u odeljku za CSS (eng. Cascading Style Sheets). Među glavnim prednostima Vue.js okvira je i koncept komponenti koje omogućavaju ponovno korišćenje istog koda, gde se sama komponenta ubacuje u drugu nakon dovlačenja kao ravnopravni HTML tag.

Vue komponenta sadrži tri osnovna dela, i to su *template*, *script* i *style* deo. U script delu definišemo *data* sekciju koja sadrži skup promenljivih koje se koriste u programu, *methods*- koji sadrži metode koje se pozivaju određenom akcijom, *computed* - koji dinamički računa promene svojstava, *watch* - koji te

promene opaža i pridružuje im akcije i *components* u kojoj se definišu komponente koje se koriste. Koncept direktiva omogućava definisanje akcija nad elementima. Neke od direktiva koje su korišćene u projektu su *v-on* (za definisanje akcije koja se izvršava na određeni događaj), *v-bind* (za dinamičko povezivanje atributa), *v-model* (dvostrano povezivanje elemenata forme) i druge [13].

### 2.2.1 Vuetify biblioteka

Vuetify je radni okvir za kreiranje korisničkog interfejsa namenjen Vue.js aplikacijama. Obezbeđuje bogat skup elemenata za razvoj aplikacija koje korisnicima pružaju bogato i intuitivno korisničko iskustvo. Posebno je pogodan za prilagodljiv dizajn za različite vrste uređaja. Vuetify nazivi elemenata počinju sa prefiksom v- i u DOMu se transformišu u klasične html elemente.

### 2.2.2 Vuex biblioteka

Vuex je biblioteka koja omogućava upravljanje stanjima i centralno je mesto za čuvanje promenljivih. Ovde se mogu čuvati promenljive iz svih komponenti u aplikaciji i međusobno deliti, dok konzistencija ostaje očuvana. Bez ovoga, gotovo je nemoguće napisati čitljiv kod u većim aplikacijama. Sve deljene promenljive koje se koriste u više komponenti se obično ovde nalaze i njima je moguće pristupiti i reaktivno ih menjati. Stanje se čuva, dohvata, menja i dodaje pomoću svojstava *State*, *Getter*, *Mutation* i *Actions* koja se definišu u okviru *Store.js* datoteke.

### 2.2.3 Rutiranje

Single page aplikacije nemoguće je razvijati u veće projekte bez alata poput rutera. On pomaže da simuliramo prelazak jedne stranice na drugu promenom URL adrese u pozadini dok se zapravo i dalje nalazimo na istoj stranici. Vue.js koristi *vue-router* koji se samo jednom deklariše u konstruktoru *main.js* datoteke. Prebacivanje između komponenti promenom adrese automatski je omogućeno tagom *router-view*. Na mestu gde je postavljen ovaj tag se dinamički menjaju komponente definisane u *router.js* datoteci prema pravilima.

\* \* \*

## Poglavlje 3

# Predlog integracije ArcGIS i Vue.js

Uklapanje ArcGIS biblioteke sa reaktivnom paradigmom Vue.js radnog okvira predstavlja znatan napredak u polju geo softvera. Vue.js pruža dinamičko ažuriranje podataka između komponenti bez ponovnog učitavanja stranice, što posebno odgovara radu sa mapama, jer se postiže efikasnost u smislu znatne uštede, jer se mapa dovlači samo jednom.

### 3.1 Povezivanje aplikacije i ArcGIS biblioteke

Npm (eng. Node Package Manager) je neophodan za instaliranje paketa i zahteva prvobitno instaliranje Node.js radnog okvira. Nakon instaliranje datog alata prelazimo na osnovna podešavanja projekta. Alat koji omogućava lakši početak projekta i uštedu vremena za početna podešavanja je *vue-cli*. Glavna prednost je to što nam nudi gotove šablone pri inicijalizaciji. U zavisnosti od parametara koje prosledimo pri naredbi kreiranja, dobijamo inicijalizovan projekat sa kosturom i već spremnim osnovnim skupom paketa. Pri razvoju aplikacije pruža nam mogućnost pisanja koda u ES6 standardu dok transpiler *Babel* prevodi kod u ES5, radi kompatibilnosti sa pretraživačima. Neki od šablona koje *vue-cli* nudi su na primer *simple* (sadrži samo *index.html* i neke osnovne biblioteke), *webpack-simple* (osnovni veb paket), *webpack* koji je korišćen u našem projektu i koji podrazumeva složeniji proces rada.

Bitno svojstvo koje *vue-cli* nudi je da autor vidi promene na ekranu odmah, odnosno da nakon svake promene u kodu nije potrebno vršiti prevođenje projekta iznova nego se samo načinjene promene registruju. Nakon prevođenje

projekta on je dostupan na adresi localhost:8080 ili prvoj sledeći slobodnoj. Priprema aplikacije za objavljivanje se može postići naredbom *npm run build* koja će projekat minimizirati i optimizovati.

Datoteka *main.js* definiše glavni objekat Vue instance koji je povezan sa osnovnim elementom preko svojstva `id='app'`. U datoteci *App.vue* su registrovani glavni događaji i ona se izvozi u *main.js*.

Prilikom promene modela Vue koristi virtuelni DOM. Kako je JavaScript brz, a pristup DOMu veoma spor, spora bi bila i promena celog DOMa na osnovu malih izmena. Iz tog razloga se uvodi dodatni DOM, takozvani virtuelnim DOM kome se brzo pristupa i koji je zapravo kopija osnovnog DOMa. Virtualni DOM stalno prati promene i u izvornom DOMu menja samo one elemente gde je uočio razliku.

## 3.2 Formiranje aplikacije

Aplikacija koja će prikazati do sada pomenute koncept GISa i ArcGIS biblioteke biće implementirana u radnom okviru Vue.js. Inicijalizacija samog projekta je veoma jednostavna i zahteva samo par koraka koji su navedeni u listingu 3.1. Prvi korak je kreiranje vue-cli webpack projekta, zatim dodavanje Vuetify biblioteke, Vue-routera i Veux modula. Da bi Vuetify podržavao sve potrebne parametre potrebno je uključiti i dva sass paketa za stilizovanje. Poslednji korak je dodavanje paketa esri-loader za ArcGIS JavaScript funkcije. Esri-loader je mala biblioteka koja pomaže da se ArcGIS API za JavaScript u aplikacijama izgrađenim u JavaScript okvirima i paketima. Podrazumevano, esri-loader će učitavati module iz poslednjeg 4.x izdanja ArcGIS biblioteke, ali se može konfigurisati podrazumevano ponašanje tako što se na nekom globalnom mestu postave parametri `setDefaultOptions()` pre bilo kakvog poziva `loadModules()` funkcije. Ovako učitavanje ArcGIS biblioteke može poboljšati performanse početnog učitavanja aplikacije za mapiranje, posebno ako korisnicima možda nikada neće biti potrebni neki delovi biblioteke. Prvi put kada se pozove `loadModules()`, lenjo će se učitati ArcGIS API ubacivanjem oznake `<script>` u stranicu. Taj poziv i svi naredni pozivi `loadModules()` će čekati da se potrebna skripta učita pre nego što se pređe na definisane operacije.

Ukoliko korisnik ne želi da se lenjo učitava ArcGIS API, umesto toga može koristiti statičku oznaku skripte. Pre početka korišćenja ArcGIS biblioteke u aplikaciji, moraju se učitati stilovi koji odgovaraju verziji koja se koristi. Baš kao i ArcGIS API moduli, omogućeno je lenjo učitavanje stilova samo kada su potrebni aplikaciji. Ova biblioteka zvanično podržava iste pregledače koje po-

država najnovija verzija ArcGIS biblioteke za JavaScript. Svi koraci se obavljaju jednostavno, kroz npm naredbe.

**Listing 3.1:** Inicijalizacija

```
1 npm install -g @vue/cli @vue/cli-service-global
2 vue create gis
3 npm install vuetify
4 npm install sass@~1.32 sass-loader deepmerge -D
5 vue add vuetify
6 npm install vue-router
7 npm install vuex
8 npm install esri-loader
```

## 3.3 Glavne komponente

Ceo projekat biće podeljen na par komponenti od kojih je glavna *Home* komponenta, koja sadrži podkomponente *Settings*, *WebMap* i *Identify*. Svaka komponenta sastoji se od drugih manjih komponenti, a zajedno čine celinu. Pored ovoga, bitan deo aplikacije zauzima i Vuex Store u kojem se smeštaju deljeni podaci poput mape, slojeva i trenutnih stanja deljenih promenljivih.

### 3.3.1 WebMap komponenta

Komponenta WebMap se sastoji od same mape, dugmeta za otvaranje alata i indikatora za učitavanje. Kao podrazumevana, inicijalizovana je topološka mapa i postavljeno reljefasto zemljište. Nakon toga sačuvana je u Store delu. Pogled na mapu je inicijalizovan na obuhvat grada San Dijega i takođe smešten u Vuex Store.

U sklopu aplikacije korišćena su tri servisa i to dva Map servera i jedan Feature sloj. Svi podaci vezani su za regiju San Dijego, i predstavljaju glavne oblasti, trase i stajališta gradskog prevoza i znamenita mesta. Kao dodatak tu su i alati za lociranje i prikaz trenutne razmere. Ova komponenta smešta se u osnovnu Home komponentu. Listing 3.2 prikazuje učitavanje slojeva u samu aplikaciju.

**Listing 3.2:** Dodavanje Sloja podataka

```
1 const serviceArray = [
2   {urlLink: 'https://gissd.sandag.org/rdw/rest/services/
   Transportation/GTFS_Transit/MapServer', title: 'Transit'
   },
```

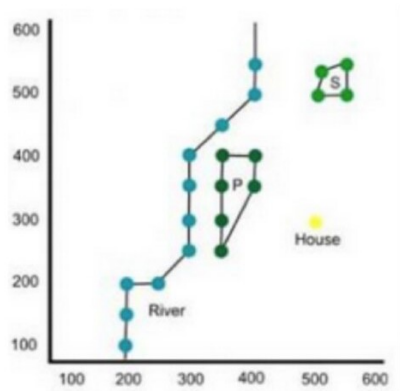
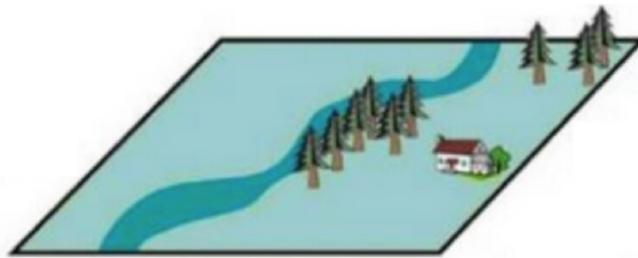


```
3  {urlLink: 'https://sampleserver6.arcgisonline.com/arcgis/
   rest/services/StoryMaps/StoryMapPlaces1/MapServer',
   title: 'Fun_place'}]
4  for (const serv of serviceArray) {
5    let service = new MapImageLayer({
6      url: serv.urlLink,
7      visible: true,
8      title: serv.title
9    })
10   }
11  const dJson = {
12    id: service.id,
13    service: service,
14    url: serv.urlLink
15  }
16  this.$store.dispatch('addDynamic', dJson)
17  this.map.add(service)
18  const featureLayerUrl = 'https://gissd.sandag.org/rdw/
   rest/services/Census/MSA_SRA/MapServer/0'
19  const featureLayer = new FeatureLayer({
20    url: featureLayerUrl,
21    title: 'Region'
22  })
23  const fJson = {
24    id: featureLayer.id,
25    service: featureLayer,
26    url: featureLayerUrl
27  }
28  this.$store.dispatch('addFeature', fJson)
29  this.map.add(featureLayer)
```

### 3.3.2 Settings komponenta

Settings komponenta predstavlja skup više komponenti koji se nalaze sa desne strane. Krenimo redom sa prvom u nizu, a to je komponenta baznih mapa. Aplikacija nudi šest baznih mapa koje dohvataju osnovnu mapu pomoću getter poziva iz Store komponente i u zavisnosti od izabrane kartice postavljaju novu baznu mapu. U ponudi su četiri rasterske i dve vektorske mape. Na slikama 4.6 i 3.2 se može uočiti razlika između vektorske i rasterske bazne mape istog tipa.

Oba modela podataka, i vektorski (Slika 4.6.) i rasterski (Slika 3.2.) su pogodna za predstavljanje geografskih podataka, ali u zavisnosti od tipa geografskih podataka nekad je bolje koristiti jedan, a nekad drugi. Generalno, vektorski model podataka je pogodniji za predstavljanje geoobjekata koji imaju diskretne



Slika 3.1: Vektorski prikaz

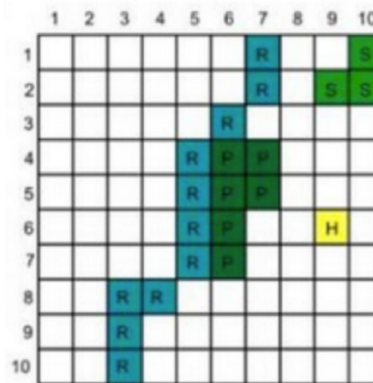
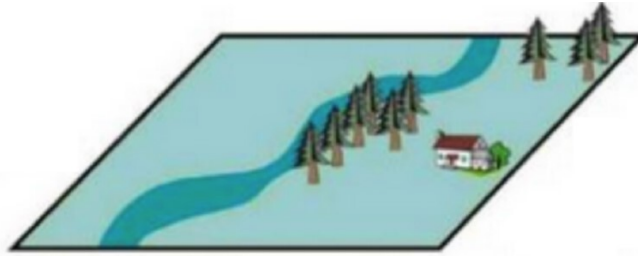
granice, dok je rasterski model podataka bolji za predstavljanje kontinualnih geografskih podataka – pojava kao što su nadmorske visine, količina padavina, temperatura - koje nemaju jasno definisane granice i menjaju se postepeno na području od interesa. Uporedni prikaz karakteristika oba zapisa možemo videti u tabeli 3.1.

Sledeća kartica otvara alat za odlazak na određenu tačku prema unesenim X i Y koordinatama koje predstavljaju longitudu (geografska dužina) i latitudu (geografska širina) karte. U pozadini ovog alata nalazi se ArcGis funkcija goto koja se poziva nad samom mapom.

U kartici pretraga možemo pretražiti podrazumevani Esri geoservis u kojem se nalaze sve bitne tačke zemljine površine kao i dodatni Feature Layer koji će se pretraživati u našem slučaju i to je sloj sa nazivima stanica koji je konfigurisan prema navedenom listingu 2.10.

Još jedan koristan alat je i alat koordinate koji u odnosu na položaj miša prikazuje koordinate u datom trenutku. Moguće je izbor više koordinatnih sistema.

Alat merenje služi za određivanje razdaljine između dve tačke i može se



Slika 3.2: Rasterski prikaz

Tablica 3.1: Razlika između resterske i vektorske podloge

Vektor	Raster
Diskretni podaci	Kontinulani podaci
Kompleksna struktura	Jednostavna struktura
Jednostavno konvertovanje	Zahtevno konvertovanje
Zadržava kvalitet pri skaliranju	Gubi kvalitet pri skaliranju
Zahteva manje memorije	Potrebno više memorije
Lakše ažuriranje	Kompleksnije ažuriranje
Veća cena	Manja cena
Formati .SVG .EPS .AI	Formati .JPG .PNG .BMP

koristiti da bi se odredila razdaljina između dve stanice ili premerila dimenzija neke regije. Još jedna zanimljiva mogućnost pruža alat uzdužni profil gde se crtanjem geometrije na mapu otvara prozor koji prikazuje razliku u nadmorskoj visini na ucrtanoj liniji.

### 3.3.3 Identify komponenta

Identifikacija sloja predstavlja glavnu funkcionalnost aplikacije jer sa sobom nosi najviše informacija značajnih za korisnika. Korisnik klikom na mapu identifikuje sve objekte koji se nalaze u krugu definisanom veličinom bafera koji se podešava u Settings panelu aplikacije. Sama identifikacija se pojavljuje u kartici na poziciji koja se dinamički računa u odnosu na poziciju kursora miša. Rezultati se dobijaju kao odgovor sa rest dela servisa, i to slanjem *Query* zahteva za Feature slojeve i *Identify* zahteva za MapImage slojeve (Listing 3.3). Dobijeni rezultati se pre prikazivanja filtriraju u funkciji *FilterResults()*.

**Listing 3.3:** Inicijalizacija događaja za identifikaciju

```
1  this.onclick = this.mapView.on('click', function (event) {
2  vm.initialization(event)
3  for (const dl of vm.dynamicLayers) {
4    vm.dynamicIdentify(dl.url, dl, event)
5  }
6  for (const fl of vm.featureLayers) {
7    vm.featureQuery(fl, event)
8  }
9  })
```

Vueify nudi tu mogućnost da u zavisnosti od ekrana omogući dva različita prikaza, jedan za veće ekrane, jedan za mobilne uređaje. Kartica sadrži naziv sloja i podatke vraćene iz API poziva. U svakoj kartici na dnu se nalazi traka za prebacivanje rezultata, a u gornjem desnom uglu opcija za zumiranja objekata. Specijalno ako je objekat tačkastog tipa moguće je jednim klikom videti njegovu Google Street View poziciju (Listing 3.5).

**Listing 3.4:** Home komponenta

```
1  const color = new Color([0, 255, 0, 0.7])
2  if (geometry.type === 'point') {
3    const sls = new SimpleLineSymbol({ style: 'solid', color
4      : color, width: 4 })
5    sms = new SimpleMarkerSymbol({ style: 'circle', size:
6      10, outline: sls, color: color })
7  } else if (geometry.type === 'polygon') {
```

```
6     const sls = new SimpleLineSymbol({ style: 'solid', color
7       : color, width: 4 })
7     sms = new SimpleFillSymbol({ style: 'solid', outline:
8       sls, color: color })
8   } else if (geometry.type === 'polyline') {
9     sms = new SimpleLineSymbol({ style: 'solid', color:
10      color, width: 4 })
10  }
11  const graphics = new Graphic({ geometry: geometry, symbol:
12    sms })
12  const layer = new GraphicsLayer({ graphics: graphics })
13  this.layerToRemove = layer
14  this.map.add(layer)
```

Prelaskom između rezultata odabrani, trenutno aktivni rezultat, se označava (Listing 3.4). Ukoliko za odabranu tačku nema rezultata, ispisuje se poruka na dnu ekrana. Sama poruka je deo Home komponente i aktivira se komunikacijom pomoću signala između dete i roditelj komponente.

**Listing 3.5:** Preusmeravanje na Google Street View

```
1  goToGoogleView(point) {
2    const url = "https://www.google.com/maps/@?api=1&
3      map_action=pano&viewpoint="+ point.geometry.latitude
4      +","+ point.geometry.longitude +"";
5    window.open(url, '_blank')
6  }
```

### 3.3.4 Home komponenta

Home komponenta je komponenta koja je smeštena u Ruteru u glavnom App.vue elementu. To je zapravo primarna komponenta aplikacije u koje su smeštene ostale komponente. Kod 3.6 prikazuje sve njene podkomponente, događaje koji se šalju i metode koje se pozivaju pri određenom signalu.

**Listing 3.6:** Home komponenta

```
1 <template>
2   <v-app style="overflow-y: hidden;">
3     <v-main>
4       <Identify :distance="distance" @identifySnackBar="
5         setSnackBar" v-if="identifyActive()" />
6       <WebMap></WebMap>
7       <v-snackbar v-model="snackbar" timeout="1000"> N
8         result</v-snackbar>
```

```
7     <v-navigation-drawer width="400" style="z-index:5"  
      v-if="openSettings" color="secondary" right fixed  
      permanent>  
8     <Settings @distanceSent="getDistance"></Settings>  
9     </v-navigation-drawer>  
10    </v-main>  
11    </v-app>  
12 </template>
```

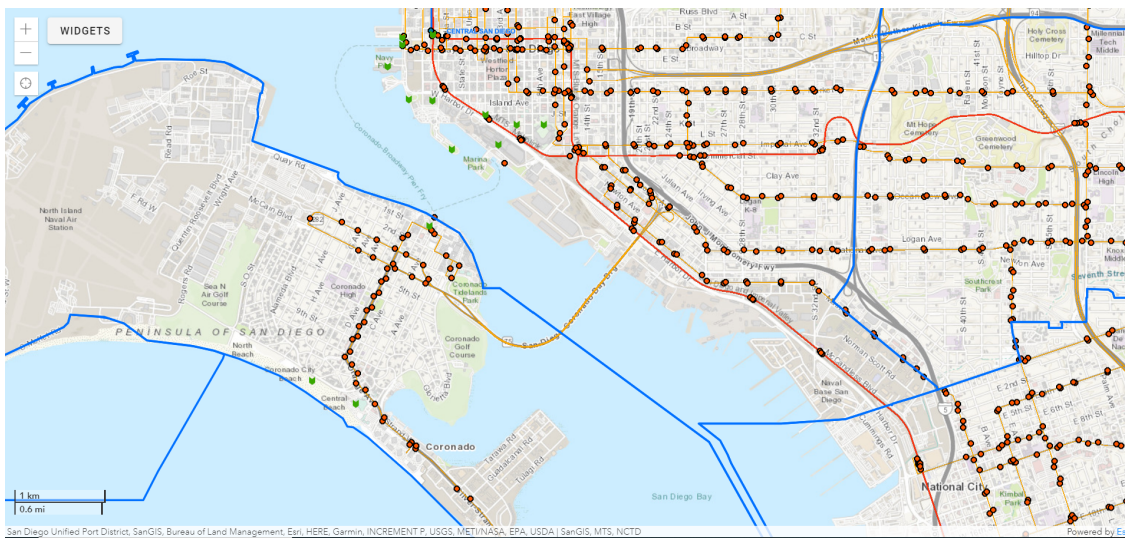
Identify komponenta emituje događaj `setSnackbar` u slučaju da nema rezultata. Ovdje se očitava emitovana vrednost i postavlja Vuetify element `v-snackbar` u donji deo mape koji je vidljiv 1 sekund. Pomoću Vuex store komponente vrši se i komunikacija između elemenata koji otvaraju i zatvaraju panel sa alatima. Za sam panel korišćena je komponenta `v-navigation-drawer`.

\* \* \*

## Poglavlje 4

# Prikaz razvijene aplikacije

Aplikacija u prvi plan stavlja regije San Dijega, posebno zanimljiva mesta i mrežu gradskog prevoza (Slika 4.1. Korisniku je omogućeno da identifikuje sve opisane objekte i za određene dobije prikaz iz Google Street View perspektive. Nad samom mapom dostupne su akcije od strane različitih alata, o čemu se može saznati u nastavku.



Slika 4.1: Početni prikaz aplikacije

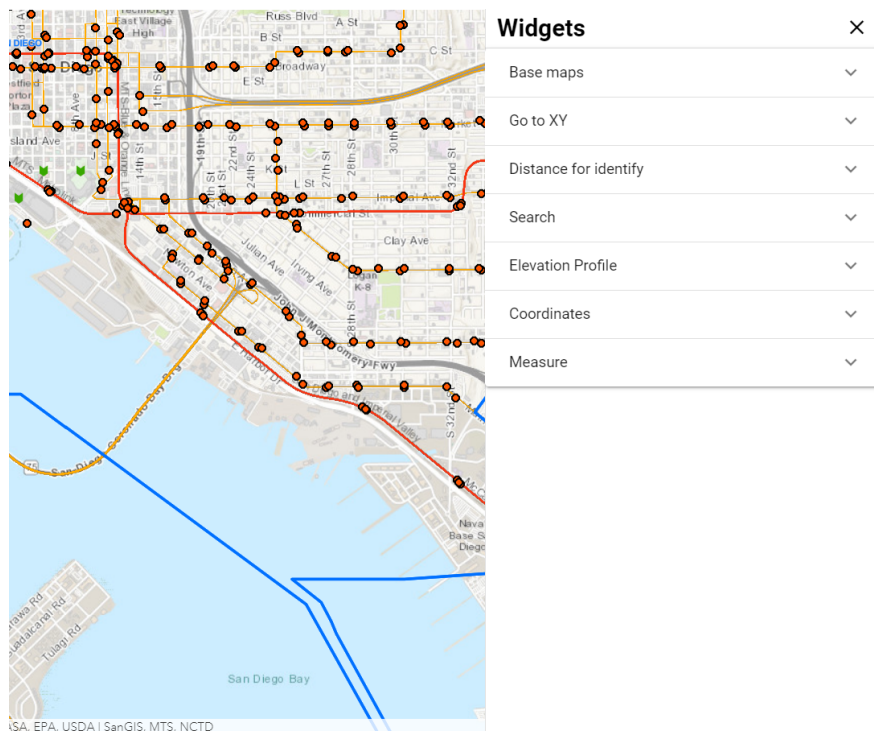
Na prvi pogled prozor aplikacije čine tri celine, ArcGIS mapa koja zauzima centralni deo, traka sa opcijama za podešavanje sa desne strane i prozor za identifikaciju objekata. Svaku od ovih celina čine druge manje komponente koje komuniciraju međusobno i time pružaju reaktivnost programa. U nastavku će biti opisana svaka od njih i navedeni neki od slučajeva upotrebe.

## 4.1 Web mapa

Veb mapu možemo posmatrati iz globalnog i lokalnog ugla. Korisniku je na raspolaganju mapa celog sveta koja može da pretražuje i koja nosi osnovne informacije poput naziva država, gradova i ulica. Na mapi možemo primetiti dugmiće za uveličavanje i udaljavanje. Ove operaciju možemo izvesti i pomoću skrola na mišu ili specijalno za uveličavanje pomoću duplog levog klika. Esri mape rade na principu da se sa servera za određenu poziciju dovlače samo potrebni tajlovi (eng. tile), odnosno delovi slike jednakih veličina koji se vide na datom nivou zumiranja.

Dugme ispod predstavlja lokator, gde se klikom na njega i nakon odobravanja lokacije pretraživaču locira korisnikova trenutna lokacija, što je u mnogim slučajevima veoma korisno zbog lakše orijentacije na mapi. U desnom donjem uglu u svakom trenutku možemo pratiti razmeru na mapi. Dugme widgets komunicira sa desnim panelom i prikazuje ga, odnosno sakriva.

## 4.2 Dostupni alati



Slika 4.2: Meni sa alatima

Settings deo sadrži listu alata za rad sa mapom (Slika 4.2). Klikom na naslov



alata dolazi do proširivanja odabrane kartice i prikaza sadržaja. Prva kartica prikazuje bazne mape koje mogu biti vektorske sa oznakom V i rasterske. U zavisnosti od potrebe može se izabrati topološka mapa sa ucrtanim reljefom, tamna mapa za korisnike kojima odgovara tamna tema, mapa sa naglaskom na ulice ili navigaciju (Slike 4.3 i 4.4). Klikom na izabranu podlogu, automatski se ažurira trenutni prikaz, bez ponovnog učitavanja. Alat koji nas vodi na



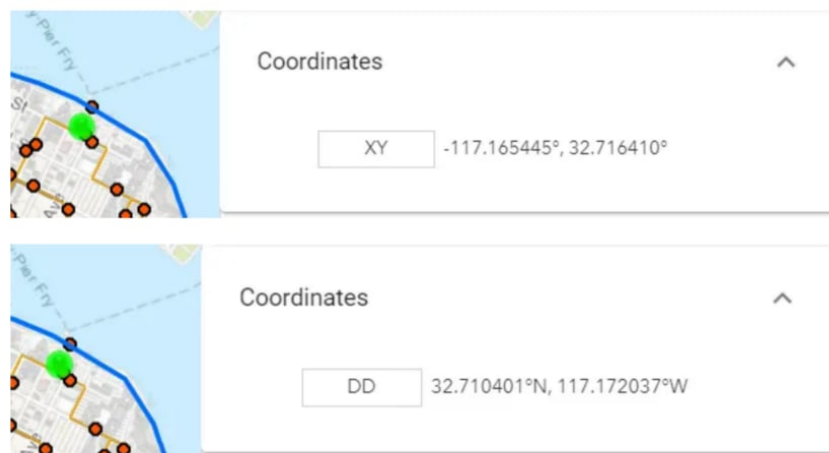
**Slika 4.3:** Rasterska bazna mapa



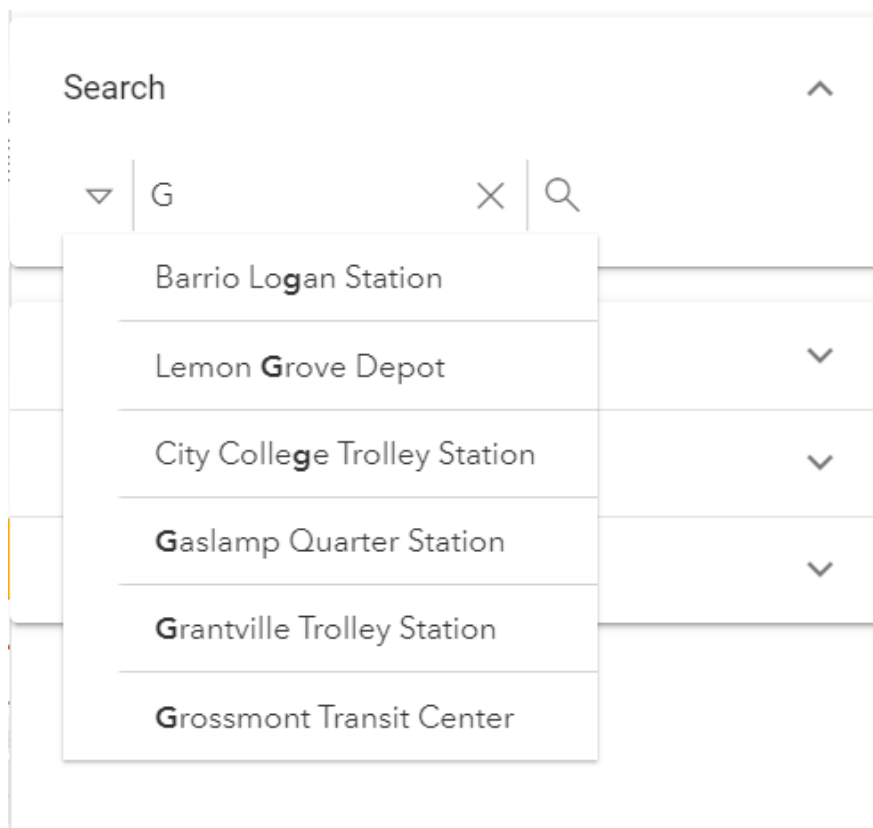
**Slika 4.4:** Vektorska bazna mapa

željeno mesto prema unetim koordinatama je Go to XY. U svetu je najviše u upotrebi sistem obeležavanja pozicije longitudom i latitudom. Stoga je dobra praksa da svaki geografski sistem poseduje alat koji će locirati zadatu poziciju pomoću zadatih koordinata.

Osim sistema longitude i latitude, u geografskom svetu prisutni su još mnogi sistemi pogodni i specijalizovani za različite namene. Alat koordinate nam omogućava brzu transformaciju između sistema. Ulazni parametar je trenutna pozicija kursora miša na mapi (Slika 4.5).



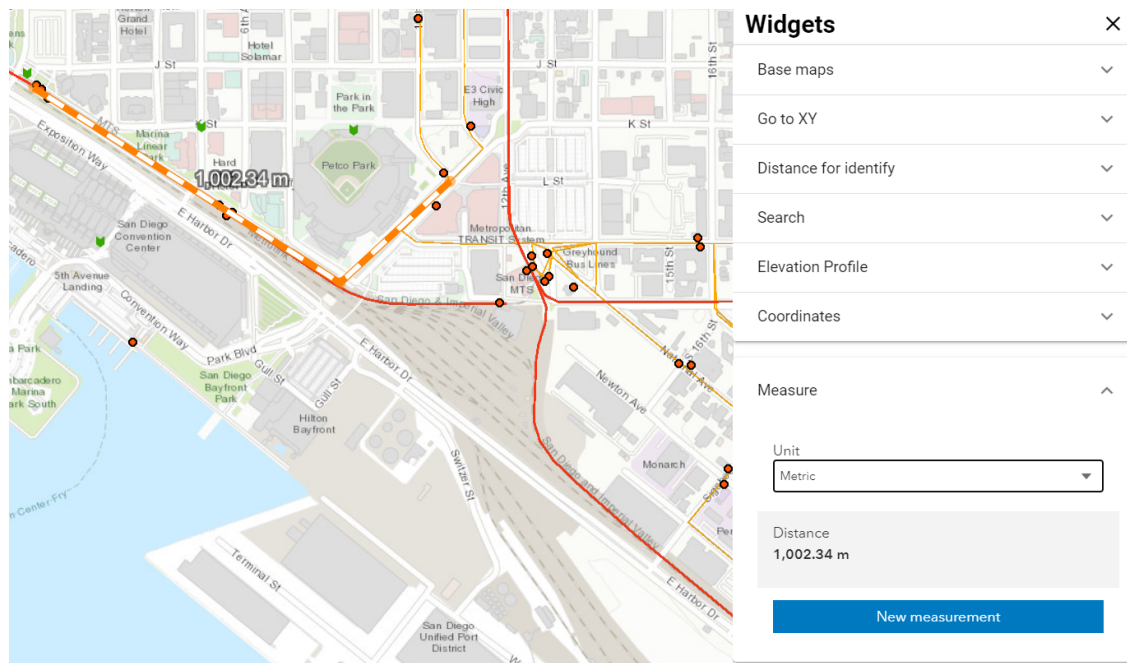
Slika 4.5: Pretvaranje koordinata između sistema



Slika 4.6: Pretraga sloja

Pretraga je veoma koristan alat, jer nas može uputiti na željenu lokaciju iz Esri globalne baze, koja može locirati osnovne lokacije poput ulica, gradova, država i slično. Pored toga u pretragu je ubačena i mogućnost pretrage stanica

prema nazivu. To nam omogućava da lociramo određenu stanicu i nakon toga odredimo najbolju saobraćajnu rutu do nje. Polje za pretragu nam na osnovu unosa vraća prvih 6 najrelevantnijih rezultata. Klikom na određen rezultat dolazi do zumiranja na odabranu lokaciju. Još jedan slučaj upotrebe je i ukoliko korisnik vidi ime stanice, ali ne zna svoju trenutnu lokaciju, on može ukucati to ime u pretrazi i ona će ga odvesti baš na tu stanicu gde može identifikovati rute datih autobusa koje tu staju i tako saznati lokacije do kojih može doći.

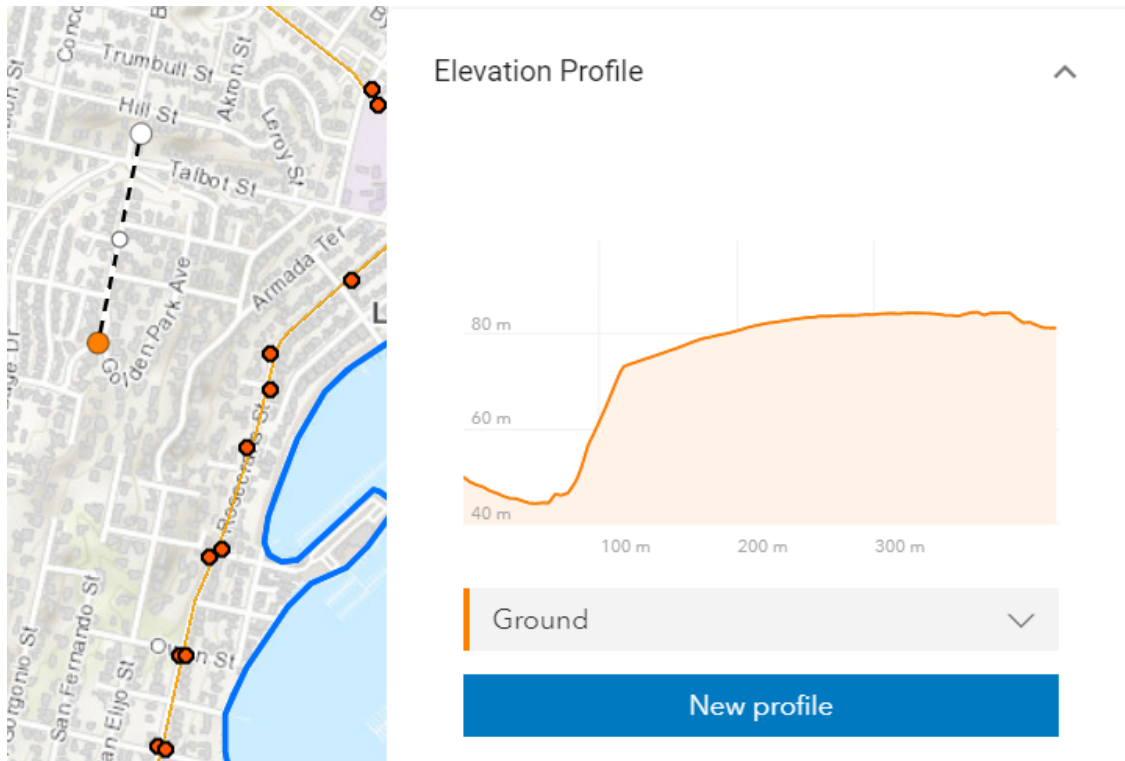


Slika 4.7: Merenje

Merenje je alat koji se sastoji od padajuće liste za izbor merne jedinice i prozora za prikaz rezultata (Slika 4.7). Pri odabiru ovoga alata kursor miša menja oblik i dobija namenu za crtanje. desnim klikom bira se početna tačka, a svakim sledećim naredna tačka izlomljene linije. Duplim klikom završava se crtanje. U svakom trenutku iznad linije se vidi informacija o trenutnoj razdaljini. Takođe, nakon što je linija nacrtana možemo prelaskom kursora miša preko nje videti razdaljinu od početne pozicije do te tačke.

Ovaj alat se može koristiti radi izračunavanja razdaljine između bilo koje dve dve tačke. To može biti slučaj ukoliko korisnika zanima razdaljina trenutne lokacije od željenog mesta gde može pogledati vazдушnu razdaljinu ili pak odabirom bazne karte sa ulicama pronaći odgovarajući put i ucrtavanjem linije izračunati dužinu određene putanje.

Uzdužni profil tla nam nudi mogućnost dobijanje informacije o visinskoj razlici između dve tačke (Slika 4.8). Učitavanjem linije se u prozoru alata generiše



Slika 4.8: Uzdužni profil terena

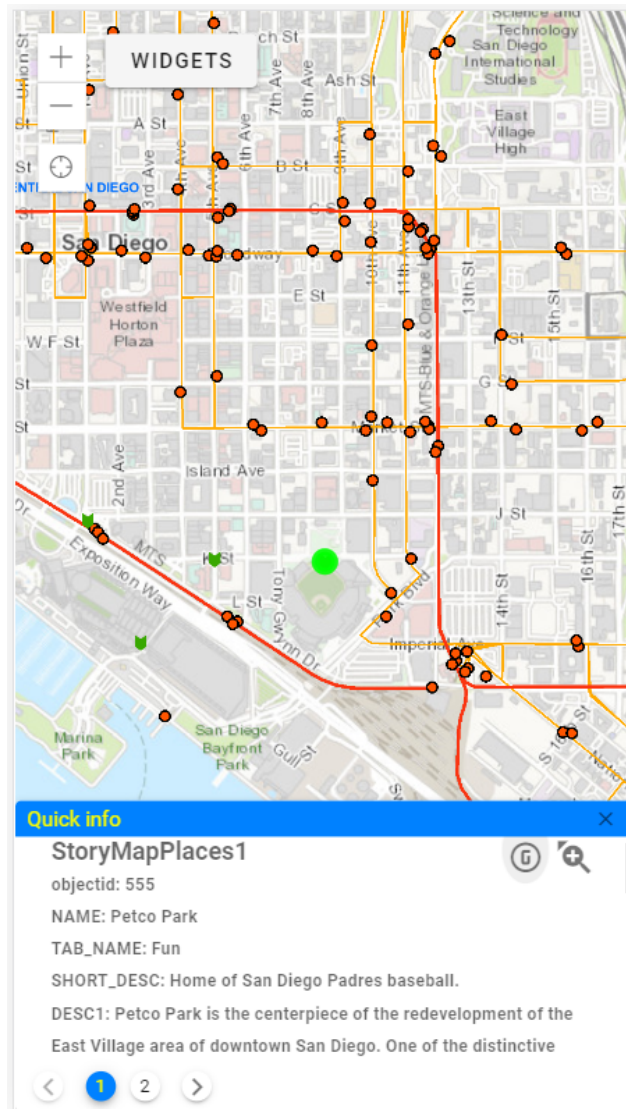
grafik, gde y osa predstavlja visinu za određenu poziciju na x osi. Ovaj alat se može koristiti u sledećoj situaciji. Korisnik se nalazi na određenom mestu i želi da otkrije najbolji način stigne do određene lokacije. Alatom merenje došao je do zaključka da je lokacija u blizini, međutim uzdužni profil je dao informaciju da se radi o putu sa velikim nagibom. Stoga može doneti ispravniju odluku uzimajući u obzir i ovu informaciju.

### 4.3 Identifikacija

Mogućnost identifikacije objekata na mapi predstavlja jednu od specifičnosti našeg projekta. Klikom miša na određeni objekat u posebno kreiranom prozoru (Slika 4.10) prikazuju se informacije o objektima koji se nalaze u krugu polupečnika zadatog u Settings delu aplikacije. Ukoliko u datom opsegu nema objekata na ekranu će se pojaviti odgovarajuća poruka.

Kartica se otvara na mestu gde je postavljen kursor i ta pozicija se dinamički programski izračunava. Smer otvaranja zavisi od kvadranta mape u kojem se vrši identifikacija.

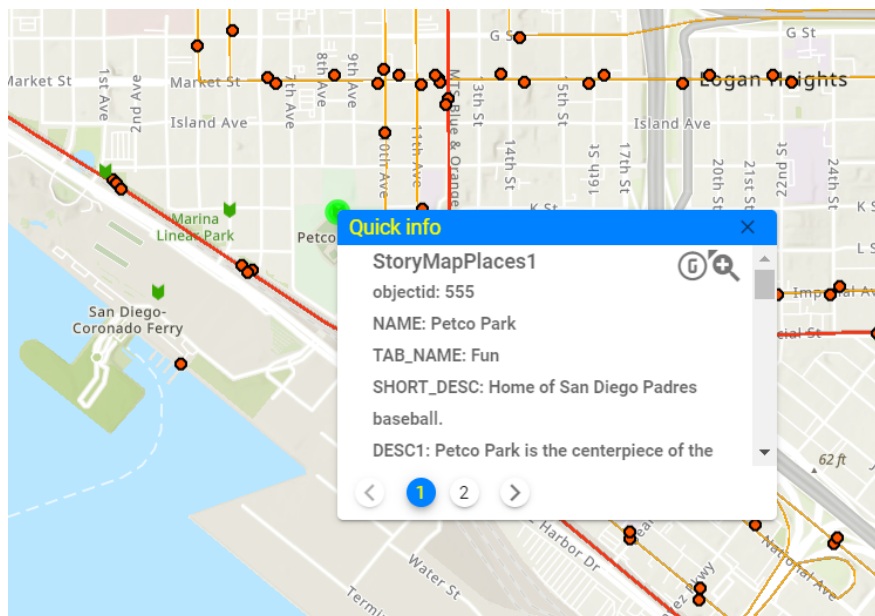
U slučaju da se identifikacija otvara na ekranu manjih dimenzija poput



Slika 4.9: Prikaz za mobilni telefon

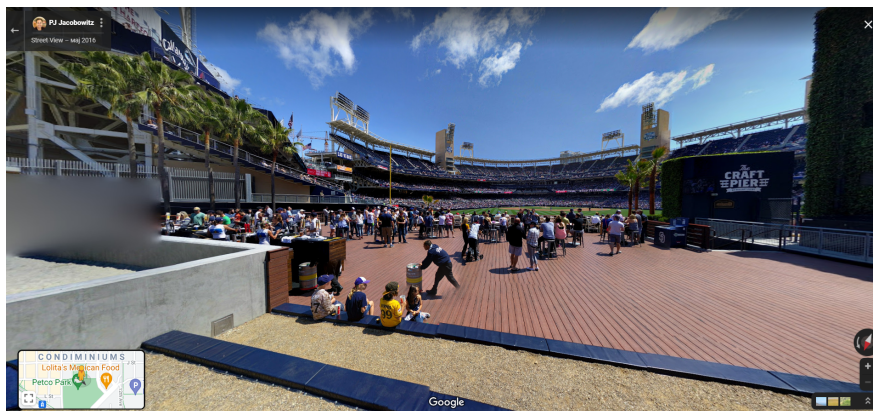
mobilnih telefona, kartica se otvara na fiksnom mestu, u donjoj četvrtini ekrana (Slika 4.9). Zeleni simboli na karti predstavljaju mesta zanimljiva turistima. Jedno od bitnijih pitanja je kako korisnik da stigne do takvog mesta. Zbog toga je na mapi uveden i sloj podataka koji sadrži rute gradskih prevoza i stanice. U sklopu mape možemo videti i identifikovati regionalne oblasti radi lakšeg snalaženja. Kada se identifikuje objekat on postaje označen na mapi i u kartici se prikazuju informacije o njemu.

Npr. korisnik iz informacija može videti adresu veb sajta određenog mesta, kratak opis ili se zumirati na njega. Ukoliko postoji više rezultata u krugu za identifikaciju, kartica će imati mogućnost listanja između dobijenih objekata. Pri pomeranju na sledeći objekat, prethodni će izgubiti oznaku, a ona će preći



Slika 4.10: Kartica identifikacije

na novi trenutno odabrani. Ukoliko smo izabrali tačkasti objekat poput nekog značajnog mesta, možemo klikom na dugme G u gornjem desnom uglu preći na prikaz date lokacije u Google Street View (Slika 4.11). To može biti korisno u slučaju da korisnik ne može da se snađe na 2d prikazu mape, dok će mnogo lakše uočiti traženo mesto ukoliko ima realnu vizuelnu sliku iz Street View prikaza.



Slika 4.11: Preusmeravanje na Google Street View

U kombinaciji sa ostalim alatima korisnik koji želi da poseti određena znamenita mesta, može prvo locirati svoju lokaciju, nakon toga identifikovati takva mesta u blizini i videti njihov realan prikaz, opis ili posetiti veb prezentaciju i tako izabrati koje lokacije želi da poseti. Sledeće pitanje koje se postavlja je kako najbrže stići do lokacija koje je izabrao. Korišćenjem alata Measure može

videti tačnu razdaljinu, ali to ponekad nije dovoljni pokazatelj da li je put povoljan za odlazak van prevoznog sredstva. Zato može proveriti i nagib tla kroz alat Elevation Profil i ukoliko je dati put pod velikim nagibom zaključuje se da je bolje ići prevozom. Ukoliko korisnik zna ime stanice na kojoj staje prevoz, može kroz Search alat i da je locira. Klikom na izabranu stanicu identifikovaće se i rute koje staju na dato mesto i tako može odabrati najoptimalniju i doći do željene lokacije.

\* \* \*

## Poglavlje 5

# Zaključak

Geografski informacijski sistemi zauzimaju veoma bitnu ulogu u životu savremenog čoveka. Danas, kada je internet veoma rasprostranjen dobijamo mogućnost praćenja geografskih podataka u realnom vremenu i dobijanja korisnih informacija koje utiču na život.

Mapa pruža pogodan način za pristup i obradu geografskih informacija, bilo da je raširite na stolu, prikazete na digitalnom ekranu telefona ili računara. Mape su grafički prikazi koje omogućavaju brzu vizualizaciju geobjekata iz realnog sveta i njihove međusobne odnose.

Vizuelna analiza mape može otkriti obrasce u geografskim podacima koji se mnogo teže vide ukoliko se podaci posmatraju u nekom drugom formatu poput tabela ili teksta. Sa GIS mapom, interakcija sa mapom je proširena tako što možete menjati način prikaza podataka, razmeru na kojoj su podaci predstavljeni na mapi, koji geobjekti se prikazuju a koji ne, način na koji su predstavljeni, itd. Kako su atributne informacije o geobjektima sačuvane u bazi podataka, tim informacijama možete pristupiti i preko geobjekata prikazanih na mapi. Dalje, moguće je vršiti pretragu poznatih geobjekata na mapi, identifikovati nepoznate geobjekte, ili zadavati različite upite na mapi za pronalaženje geobjekata koji zadovoljavaju određene kriterijume. Samo na ovim osnovnim primerima može se uvideti koliko se količina informacije uvećava prelaskom na digitalnu mapu. U ovom radu je prikazana realizacija internet aplikacije koja prikazuje osnovne koncepte JavaScript Arcgis biblioteke u sklopu reaktivne aplikacije napisane u Vue.js radnom okviru.

Aplikacija je realizovana tako da bude modularna, što je dobar preduslov za dalje nadograđivanje i održavanje sistema. Sam sloj podataka se lako može promeniti i prilagoditi potrebama određenog sistema. Jedan od mogućih načina nadogradnje ove aplikacije je formiranje konfiguracionog fajla iz kojeg će se



čitati podaci, tako da aplikacija promenom tog fajla može dobiti sasvim drugu svrhu i namenu bez promene osnovnog koda. Na primer, tu se mogu čuvati URL adrese do servisa koji će biti ugrađivani, početna bazna mapa ili obuhvati početnog prikaza.

Korišćenjem Cordova radnog okvira koji je namenjen razvoju mobilnih aplikacija moguće je na osnovu internet aplikacije izgenerisati apk fajl, odnosno kreirati mobilnu aplikaciju za Android sa istim funkcionalnostima.

Geografski informacioni sistemi čine jako široku oblast sa velikim brojem dostupnih aplikacija i radnih okvira za kreiranje istih. Ovim radom prikazana je samo jedna biblioteka sa mnogobrojnim funkcionalnostima. Čitaocima se ostavlja mogućnost daljeg upoznavanja i usavršavanja kroz navedenu literaturu.

# Bibliografija

- [1] Burrough, P. A., McDonnell, R. A., (ur.), Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 2015.
- [2] Burrough, P., (ur.), Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems., 1987.
- [3] Smith, T., (ur.), Building Web Applications using the ArcGis API for JavaScript. Redlands, California: Esri Press, 1989.
- [4] Carter, G. B., (ur.), Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Otava: Geological survey of Canada, 1989.
- [5] “Slika bedolina mapa”, dostupno na: <https://www.routeyou.com/en-it/location/view/47407574/bedolina-map>
- [6] “Slika symap program”, dostupno na: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/beginnings-of-geodesign-a-personal-historical-perspective>
- [7] Harder, C., (ur.), The ArcGIS book: 10 big ideas about applying geography to your world. Redlands, California: Esri Press, 2015.
- [8] “Google map dokumentacija”, dostupno na: <https://developers.google.com/maps>
- [9] Introduction to GIS Using ArcGIS. Redlands, California: Esri Press, 2018.
- [10] “Arcgis dokumentacija”, dostupno na: <https://developers.arcgis.com/javascript/latest/>
- [11] Building Web Applications using the ArcGis API for JavaScript. Redlands, California: Esri Press, 2018.

- [12] “Slika mvc arhitektura”, dostupno na: <https://012.vuejs.org/images/mvvm.png>
- [13] “Vue dokumentacija”, dostupno na: <https://vuejs.org/>

# Popis slika

1.1	Bedolina mapa [5]	7
1.2	Symap [6]	8
2.1	MVC model [12]	19
3.1	Vektorski prikaz	25
3.2	Rastrerski prikaz	26
4.1	Početni prikaz aplikacije	30
4.2	Meni sa alatima	31
4.3	Rasterska bazna mapa	32
4.4	Vektorska bazna mapa	32
4.5	Pretvaranje koordinata između sistema	33
4.6	Pretraga sloja	33
4.7	Merenje	34
4.8	Uzdužni profil terena	35
4.9	Prikaz za mobilni telefon	36
4.10	Kartica identifikacije	37
4.11	Preusmeravanje na Google Street View	37