

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE**

**POSLIJEDIPLOMSKI DOKTORSKI STUDIJ
ELEKTROTEHNIKE I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

KVALIFIKACIJSKI ISPIT

**Prikaz prostorno vremenskih podataka u
mrežnom okružju**

Damir Ivanković

Split, travanj 2019.

1. UVOD.....	4
1.1. Motivacija.....	5
2. VIZUALIZACIJA PODATAKA.....	6
2.1. Grafička vizualizacija podataka – vrste grafova.....	7
2.2. Vizualizacija vremenskih podaka – vremenski grafovi.....	8
2.3. Vizualizacija prostornih podataka.....	9
2.3.1. Geoinformacijski sustav (GIS).....	9
2.4. Vizualizacija prostorno-vremenskih podataka.....	10
2.5. Vremenska geografija (eng. Time geography).....	11
2.6. Prostorno-vremenska kocka.....	11
2.7. Hibridni prostorno vremenski prikazi.....	12
2.8. Prikazi bez klasičnih karata.....	13
3. PRIKAZ PODATAKA NA MREŽI.....	16
3.1. Statični unaprijed generirani prikazi.....	16
3.1.1. Statični grafički prikazi podataka.....	16
3.1.2. Statični kartografski prikazi.....	17
3.1.3. Svojstva statičnih unaprijed generiranih prikaza.....	18
3.2. Dinamički i interaktivni grafički prikazi.....	19
3.2.1. Hihgcharts.....	21
3.2.2. Google charts.....	21
3.2.3. Dinamičko asinkrono učitavanje podataka.....	22
3.3. Dinamički mrežni kartografski prikazi.....	23
3.3.1. Biblioteke za mrežne kartografske prikaze temeljene na JavaScript jeziku.....	23
3.3.2. Google maps API.....	25
3.3.3. Bing maps.....	26
3.3.4. OpenLayers.....	27
3.3.5. Leaflet JavaScript biblioteka.....	28
3.4. Kartografski mrežni servisi i standardi.....	29
3.4.1. Mrežni servis karte - WMS.....	29
3.4.2. Mrežni servis svojstava - WFS.....	30
3.4.3. Mrežni servis pokrivenosti - WCS.....	31
3.4.4. Open Geospatial Consortium servisi.....	32
3.5. Programski paketi za poslužitelje namijenjeni kreiranju dinamičkih kartografskih prikaza - mrežni GIS.....	34
3.5.1. Geoserver programski paket.....	35
3.5.2. UMN MapServer programski paket.....	37
3.5.3. ArcGIS Server programski paket.....	38
3.6. Korištenje relacijskih baza podataka.....	39
3.7. Relacijske baze i JSON.....	40
3.8. Relacijske baze i prostorni podaci.....	41
4. PRIMJERI PRIKAZA PROSTORNO VREMENSKIH PODATAKA.....	44
4.1. DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod.....	45
4.2. Yr prognoze Norveškog meteorološkog instituta.....	47

4.3. Windy servis za prikaz vremenskih prognoza.....	49
5. ZAKLJUČAK.....	52
6. LITERATURA.....	54
7. POPIS OZNAKA I KRATICA.....	59
8. SAŽETAK.....	60

1. UVOD

Pojave, procese, stanja opisujemo vrijednostima varijabli koje opisuju neku veličinu. Kvantifikacija vrijednosti omogućava usporedbu veličina i odnosa kako bismo bolje mogli pratiti promjene neke izmjerene vrijednosti. Vrijednosti mogu biti kontinuirane ili diskretne. Kontinuirane opisujemo nekom vrijednosti iz skupa prirodnih brojeva. Diskretne vrijednosti su iz konačnog i ograničenog skupa brojeva.

Sama vrijednost nema značenje ako nije prikazana zajedno sa ostalim nužnim metapodacima (opisnim vrijednostima). Metapodaci nam daju informaciju o samoj vrijednosti i daju kontekst u kojem promatramo samu vrijednost.

Prostorne oznake su posebna vrsta metapodataka koja nam govori o poziciji u prostoru na koju se sama vrijednost odnosi. Osim same pozicije sadrže i informaciju o vrsti koordinatnog sustava.

Kada imamo podatke koji se prikupljaju nekom frekvencijom imamo vremenski niz, a svaki od pojedinačnih podataka ima i svoje vremenske oznake. Ako promatramo vrijednosti unutar vremenskog niza možemo govoriti o trendu promjena neke veličine kroz vrijeme.

Podaci koji opisuju okoliš, bili oni mjereni ili modelirani, imaju svojstvo da sadrže prostornu i vremensku komponentu. Vrijednost podatka se povećava ako je on prikazan u grafičkom obliku i kontekstu (vizualizacija podataka).

Vizualizacija podataka odnosi se na vizualnu prezentaciju podataka i često se promatra kao vizualna komunikacija. Istraživanja vizualne komunikacije u potrazi su za alatima koji će na optimalan način vizualno predstaviti podatke i informacije. Vizualno predstavljen podatak ima veću sposobnost komunikacije sa krajnjim korisnikom koji može analizirati i zaključivati o trendovima, uzrocima i dokazima. Prikazom podataka na vizualno shvatljiv način bavi se dizajn interakcija.

Kartografija se bavi prikazom prostornih podataka. Razvojem računarstva razvio se i GIS (Geographical Information System) kao skup računalnih programa za izradu i obradu prostornih podataka.

Razvojem Interneta došlo se do potrebe da se prostorni podaci prikazuju u mrežnom pregledniku na interaktivan način. Taj je problem riješen razvojem mrežnog GIS-a (web GIS).

Podaci o okolišu se stalno prikupljaju i prikazuju. Najviše zastupljeni korišteni u javnosti su meteorološki podaci. Razvojem automatskih mjernih sustava i računalnih modela se broj dostupnih podataka o okolišu drastično povećao. Povećanjem broja podataka stvorila se potreba za boljim prikazom podataka unutar kartografskih ili grafičkih prikaza.

1.1. Motivacija

Svi podaci o okolišu imaju prostornu komponentu. To znači da uz samu vrijednost kao metapodatak sadrže informaciju o lokaciji (zemljopisna koordinata) uzimanja podatka ili položaj u mreži točaka u slučaju rezultata objektivne analize ili modela. Mrežni prikaz lokacije kao oznake na karti može biti realiziran na dva osnovna načina:

- Prikaz na statično generiranoj slici
- Prikaz kao sloj (overlay) preko dinamičke karte osnovnog sloja

Osim samog prikaza moguće je dodatno ustrojiti mogućnost interakcije korisnika (prikaz dodatnih informacija ili grafičkih prikaza klikom na prikazanu lokaciju).

Osim prostorne imamo i vremensku komponentu podataka: vrijeme uzorkovanja ili vrijeme modela/objektivne analize. Obično se navodi izvan konteksta samog kartografskog prikaza zajedno sa ostalim metapodacima (parametar, metodologija, odgovorna osoba i institucija).

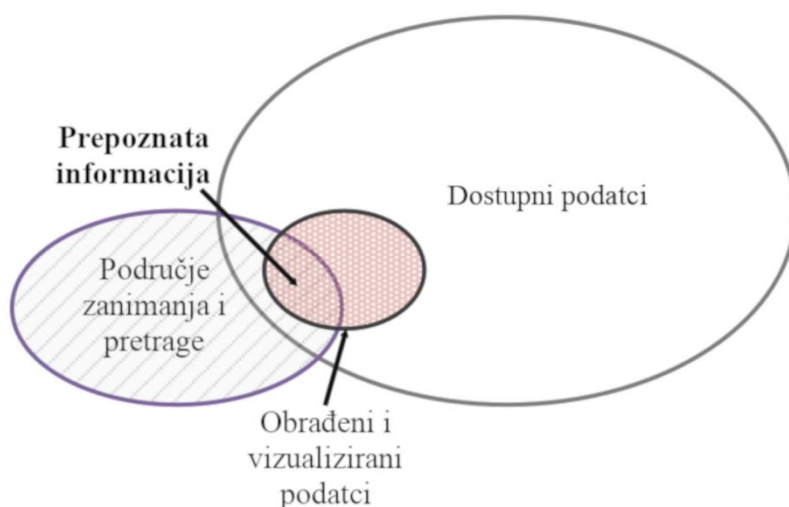
U većini slučajeva prostorna komponenta prikaza podataka je odvojena od vremenske komponente. To znači da se na kartografskom prikazu prikazuju podaci samo za jedno vremensko razdoblje, ili se odvojeno prikazuju grafički prikazi vremenskih nizova podataka bez prikaza lokacije na karti.

Radi nabrojanih ograničenja cilj je povezati na mrežnom prikazu prostornu i vremensku komponentu. Kroz ovaj rad biti će prikazane postojeće metode i načini prikaza prostornih i vremenskih komponenti, kako bi se pronašao prostor za daljnje poboljšanje.

2. VIZUALIZACIJA PODATAKA

Veće količine podataka ljudima je teško razumjeti ako su isti navedeni u tablicama, ili kao niz brojeva. Vizualizacijom podataka doprinosi se lakšem razumijevanju i pamćenju podataka. Kod vizualizacije podataka važno je odabrati pravi način vizualizacije, ovisno o strukturi samih podataka i o onome što se iz istih tih podataka pokušava prikazati, odnosno izvući kao zaključak. Vizualiziraju se kvantitativni kategorizirani podaci sa različitim ciljevima prikaza.

Generalno vizualizacija podataka se može podijeliti na dva glavna područja: statistička grafika i tematska kartografija. Oba se odnose na vizualni prikaz kvantitativnih i kategorijskih podataka, ali su im ciljevi prezentacije različiti. Kartografska vizualizacija prvenstveno se bavi prikazom ograničenim na prostornu domenu; statistička grafika primjenjuje se na bilo koju domenu u kojoj se nalaze grafičke metode u službi statističke analize. Postoji mnogo preklapanja, ali što je još važnije, dijele ih zajedničke povijesne teme intelektualnog, znanstvenog i tehnološkog razvoja. Osim toga, kartografija i statistička grafika dijele zajedničke ciljeve vizualnog prikaza u cilju istraživanja i otkrivanja. Oni se kreću od jednostavnog mapiranja lokacija (kopnena masa, rijeke, teren), preko prostorne raspodjele geografskih obilježja (vrsta, bolest, ekosustavi), do široke raznolikosti grafičkih metoda za prikaz uzoraka, trendova i pokazatelja [1]. U svom radu [1] G. L. A. Babu i suradnici općenito razmatraju potrebu i metode za vizualizaciju velike količine podataka (eng. Big Data). Prije vizualizacije podaci se moraju obraditi primjerenom metodom i tek nakon toga slijedi vizualizacija. Prednosti upotrebe vizualizacijskih tehnika su: bolje donošenje odluka, bolja ad hoc analiza, bolja suradnja i dijeljene informacija, bolji povrat investicija, ušteda na vremenu i omogućavanje korisnicima samodostatnosti (vezano uz interpretaciju podataka). Bitno je da korištene tehnike vizualizacije budu u skladu sa mogućnostima ljudske percepcije i shvaćanja.



Slika 2.1. Problem kapaciteta ljudske percepcije [2]

Očito, broj vizualnih oblika koji se mogu pojaviti vizualizacijom ograničena je samo ljudskom maštom. Glavni zahtjev je jasnoća i jednostavnost analize prikazanih podataka. Tehnike vizualizacije mogu biti i elementarne (linijski grafikoni, stupčasti grafikoni, itd.) i složene (na temelju matematičkih funkcija). Nadalje, za vizualizaciju se može koristiti kombinacija različitih metoda. Međutim, takav prikaz podataka je apstraktan i izrazito ograničen kapacitetom ljudske percepcije (slika 2.1.). U svom radu [2] E. Olshannikova i sur. razmatraju mogući slijedeći korak na polju vizualizacije podataka, a to je korištenje proširene stvarnosti. Na taj način bi se mogućnosti ljudske percepcije, koje već jesu na neki način evoluirale korištenjem računala općenito, mogle još više unaprijediti. Daljnjim unapređivanjem postojećih tehnika vizualizacije podataka i smještanjem istih u vidno polje korisnika, uz interdisciplinarnu suradnju više polja znanosti, postigao bi se napredak u mogućnostima prihvaćanja informacija, pogotovo za ljude sa poteškoćama u vidu i kod percipiranja vizualnih informacija.

2.1. Grafička vizualizacija podataka – vrste grafova

Iako teoretski možemo za vizualizaciju koristiti različite i mnogobrojne metode, u praksi se pokazalo da se podaci za prikaz mogu podijeliti u sedam glavnih kvantitativnih vrsta poruka. Jednostavnim prepoznavanjem vrste poruke i znajući odgovarajuća dizajnerska rješenja koja odgovaraju tom tipu, moći ćemo odrediti većinu dizajnerskih izbora. Drugim riječima, primijenit ćemo nekoliko općih načela na bezbroj specifičnih izazova prezentacije podataka kao što navodi S. Few u svojem općenitom radu vezanom uz izbor odgovarajućeg tipa grafa ovisno o vrsti poruke koju želimo prenijeti [3].

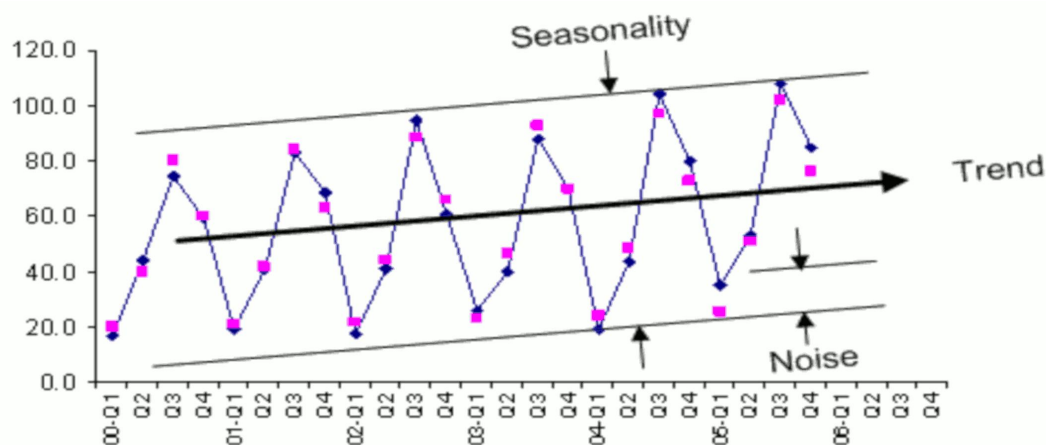
Tih sedam vrsta podataka sa pripadajućim načinom vizualizacije su:

1. Nominalne usporedbe (uporedba kategorija bez posebnog redoslijeda)
Stupci vertikalni ili horizontalni.
2. Vremenske serije (više istih mjerenja u različitim vremenskim intervalima)
Linije za naglašavanje trenda, ili stupci za naglašavanje pojedinih vrijednosti, ili točke povezane linijom za manje isticanje pojedinih vrijednosti uz istodobno pokazivanje trenda. Na osi x se uvijek nalazi vrijeme - vremenska os.
3. Rankiranje (potpodjele po kategorijama poredane po veličini)
Stupci horizontalni ili vertikalni. Za naglašavanje većih vrijednosti poredak je padajući, ili rastući poredak za naglašavanje manjih vrijednosti.
4. Dio cjeline (ukupna količina nečega razdijeljena po kategorijama)
Stupci vertikalni ili horizontalni. Korištenje kumulativnih stupaca za istodobni prikaz podjele i ukupne vrijednosti.

5. Devijacije (razlika od neke referentne vrijednosti, na primjer planirano/ostvareno)
Linije kada se prikazuju devijacije kroz vrijeme, kao vremenska serija. Stupci za naglašavanje pojedinih vrijednosti, ili točke povezane linijom za manje isticanje pojedinih vrijednosti uz istodobno pokazivanje trenda. Uvijek je nužno prikazati referentnu vrijednost (ako referenca nije sama os x - nulte vrijednosti).
6. Frekventna distribucija (broj nečega po kategorijama ili intervalima)
Vertikalni stupci za naglašavanje individualnih vrijednosti (histogrami). Linije za naglašavanje uzorka (poligon frekvencija).
7. Korelacije (usporedba dviju veličina radi detekcije njihove korelacije)
Točkasti raspršeni prikaz (scatter plot). Može se dodati linija trenda za bolje uočavanje korelacije. Mogu se koristiti i upareni stupci za prikaz (korelacijski stupci) - po dva susjedna stupca za svaku od veličina.

2.2. Vizualizacija vremenskih podataka – vremenski grafovi

Jedan od najčešće korištenih grafičkih prikaza je prikaz promjene neke vrijednosti kroz vrijeme što još nazivamo i vremenski niz podataka (eng. Time series). Vremenski niz podataka je grupa mjerenja ili observacija gdje je svaki podatak zabilježen u točno određeno vrijeme. Prema općenitom preglednom radu S. Das [4], gdje se analiziraju isključivo aspekti vremenskih nizova podataka, ovakav niz podataka se može podijeliti na diskretan vremenski niz gdje su podatci dobiveni u određenim diskretnim intervalima (minutni, satni dnevni). Ovdje spadaju i setovi sa diskretnim i nepravilnim intervalima. Druga vrsta niza je kontinuirani niz. U praksi je to na primjer analogni EKG prikaz rada srca kroz neko vrijeme, ili analogni mareograf za bilježenje razine mora. Digitalizacijom ovakav niz postaje diskretan. Na kraju imamo i vremenske serije diskretnih vrijednosti (broj oboljelih kroz neko vrijeme, broj sunčanih dana, itd.).



Slika 2.2. Prikaz količine prodanog sladoleda po kvartalima [4]

Na vremenskom grafu možemo uočiti nekoliko elemenata vezanih uz pojavu koju promatramo a to su prvenstveno trend promjene vrijednosti kroz vrijeme, zatim sezonske ili periodične promjene i na kraju određeni šum (eng. Noise). Ovi elementi su vidljivi na slici 2.2.

Glavni motivi za izradu vremenskih grafova za određeni set podataka koji opisuje neku pojavu su [4]:

- prognoza ponašanja u budućnosti
- kontrola procesa (kako bi prepoznali neku opasnu intenciju)
- razumijevanje same pojave i njenih mehanizama

2.3. Vizualizacija prostornih podataka

Vizualizacija prostornih podataka se još naziva i kartografija. Sam prikaz prostornih podataka se naziva karta ili zemljovid.

Definiciju karte i kartografije možemo pronaći u mnoštvu izvora u literaturi. Jedan od njih je i u radu M. Miletić Drder [5] u kojem se razmatra uloga kartografske građe u kontekstu kulturne baštine. Riječ karta je izvedena iz latinske riječi charta (list, papir), a koja dolazi od starogrčke riječi χαρτηζ (papir iz papirusa). U Hrvatskoj se uz riječ karta, u najnovije vrijeme, kao i u prošlosti, ponovo sve češće upotrebljava izraz zemljovid. Autori Lapaine i Kljajić smatraju da izraz zemljovid nije sasvim odgovarajući iz stručnoga geografskog i kartografskog gledišta. Navode i zašto: “Naziv zemljovid može se upotrebljavati za opću geografsku kartu. Međutim, on ne može zamijeniti naziv karta zbog nekoliko razloga. Prvo, osim geografskih ili topografskih karata koje prikazuju Zemlju i zemljište, postoji velik broj tematskih karata na kojima je prikaz Zemlje, odnosno zemljišta u drugome planu. Nadalje, kartografija se bavi i drugim planetima. Sigurno ne bi bilo dobro reći zemljovid zvjezdanog neba, zemljovid Mjeseca ili zemljovid Marsa... Prema tome, na pitanje čemu dati prednost zemljovidu ili karti, možemo odgovoriti da je karta naziv bez kojeg ne možemo. Zemljovid je pojmovno uži i stoga ne može zamijeniti staru riječ karta”. J. Roglić, međutim definira kartu ovako: “Karta (lat. charta = papir) ili zemljovid je smanjeni prikaz na plohi zemljine površine ili njezinih dijelova. To je najvažniji način predočivanja prostora i najpogodnije sredstvo geografskog izražavanja i sporazumijevanja. Karte imaju prvorazredno značenje u informiranju i sporazumijevanju, otuda opća potreba poznavanja njihove biti i pravilne upotrebe”.

Prostorni podaci se uobičajeno prikazuju kao jedan od slojeva preko neke osnovne topografske karte. Na taj način korisniku je intuitivno jasan prostoran položaj samih podataka.

2.3.1. Geoinformacijski sustav (GIS)

Po definiciji je Geografski informacijski sustav (GIS) skup metoda i sredstava za prikupljanje podataka o smještaju i opisu objekata u prostoru, njihovo pohranjivanje, obrada te u prvom redu dobivanje grafičkih informacija u obliku karata. Na neki način

je ideja, ali i praktična upotreba, principa Geografskog Informacijskog sistema bila tokom povijesti čovječanstva uvijek prisutna. U svom stručnom radu V. Maček i B. Lipovšćak vezanom uz primjenu geografskog informacijskog sustava na informacijske sustave opisuju potrebu zapisa i obrade prostornih podataka općenito i korištenjem računala, odnosno samih informacijskih sustava [6]. Kroz povijest je postojala potreba za prostorno definiranje raznih objekata i njihovih opisa, posebno i u odnosu na njihovo okruženje. Spomenimo na primjer da su Vikinzi prije tisuću godina, viking Eirik, otkrivši Ameriku, atribuirali taj geolocirani komad Amerike kao zemlju gdje raste vinova loza, Vinland. I tako je bilo kroz povijest, i prije i poslije toga. Kako su potrebe za lociranjem i opisivanjem objekata u prostoru rasle, tako su se usavršavale i metode te sredstva. Danas smo stigli do satelitskog snimanja, digitalne konverzije u baze podataka geolociranih objekata, relacijskih baza njihove atribucije te tiskanja tematskih karata po željenom sadržaju, u prozvoljnom mjerilu uz promjenu atribucije boja.

GIS alati po stvarnoj funkciji odlikuju se sposobnostima da korisniku prikažu stvaran svijet i topološke odnose. Moguće je selektiranje mjerila, kombinacije tematskih slojeva, preklapanja i povezivanja segmenata karata te stavljanje na raspolaganje vlastitih podataka drugim sudionicima u mreži GIS-a.

Po namjeni i složenosti GIS alati veoma su heterogeni te je važno dobro odmjeriti ciljeve pri izboru SW-a operativnog sustava, GIS alata, relacijske baze te komunikacija [6].

2.4. Vizualizacija prostorno-vremenskih podataka

Prostorno-vremenske podatke je općenito dosta složeno vizualizirati, a da sam prikaz bude jasan, razumljiv i kognitivno nezahtjevan. Prostorne podatke je najbolje prikazati na kartografskom prikazu. Kartografski prikazi su već dugo u upotrebi i intuitivno su razumljivi. Za prikaz vremenske komponente podatka dodatno nam nedostaje jedna “dimenzija” povrh standardne dvije dimenzije (x i y koordinata) na kartografskom prikazu.

Osim same metode vizualizacije, da bi dobili izlazni rezultat, valja voditi računa o samoj implementaciji, odnosno o ograničenjima raspoložive tehnologije i programskih rješenja.

Da bi sam rezultat vizualizacije bio primjenjiv i uspješan, potrebno je riješiti niz problema i zahtjeva. U svome polemičkom radu o problemima pri vizualizaciji podataka B. Hibbard [7] je kao prioritetne i motivirajuće navela najvažnijih pet problema koje je potrebno zadovoljavajuće riješiti pri vizualizaciji podataka. To su redom:

- velika količina podataka koju treba obraditi
- prihvatljivo vrijeme obrade odnosno vrijeme odziva za korisnika
- lijepi, vizualno atraktivni izlazni rezultati
- abstrakcija, odnosno primjerena metoda vizualizacije
- pronaći korisnike, odnosno financiranje projekta vizualizacije

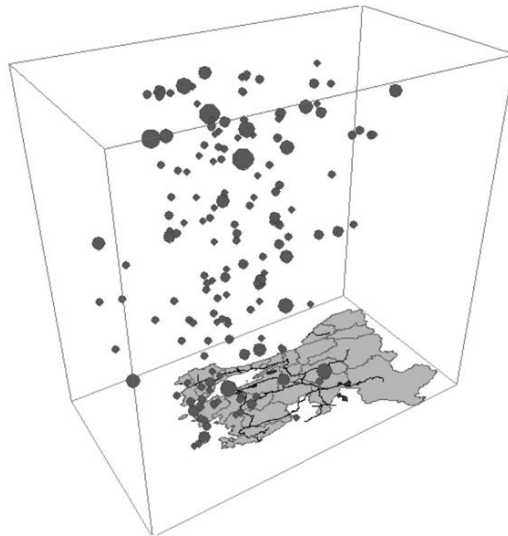
2.5. Vremenska geografija (eng. Time geography)

Geografija vremena snažan je konceptualni okvir za razumijevanje ljudskog prostornog ponašanja, osobito ograničenja i kompromisa u dodjeli ograničenog vremena među aktivnostima u prostoru. Posljednja dva desetljeća svjedočilo je oživljavanju vremenske geografije jer su istraživači poboljšali računске prikaze osnovnih vremenskih geografskih entiteta, kao što su prostor-vrijeme i prizma. Najnoviji razvoj tehnologija za prepoznavanje lokacije (eng. Location Acquire Technology) i usluga utemeljenih na lokaciji (eng. Location Based Services) ima potencijal stvoriti još veću pojavu vremenske geografije u društvenim istraživanjima i geografskim informacijskim uslugama. U svom radu H. J. Miller se bavi teorijom mjerenja u vremenskoj geografiji, gdje bi bilježenje lokacija u kontrolnim točkama poslužilo za pronalaženje funkcija koje opisuju kretanje objekta kroz vrijeme i prostor, te mogu poslužiti za predviđanje daljnjeg kretanja [8]. Mogućnost predviđanja kretanja je također u direktnoj korelaciji sa točnošću mjerenja vremena i pozicije u prostoru. Zahtjeva i korištenje naprednih tehnologija pozicioniranja i analize vremensko prostornih podataka.

Razvojem tehnologije, posebno pametnih telefona opremljenih uređajima za precizno pozicioniranje, danas je moguće prikupiti puno više podataka o kretanjima i aktivnostima pojedine osobe. Ovo dodaje dodatne dimenzije u vremensku geografiju, jer sada osim same prisutnosti pojedine osobe na određenom mjestu u određeno vrijeme, možemo dodatno analizirati različite aktivnosti i interakcije te osobe. Isto tako prisutnost osobe nije više isključivo vezana za stvaran prostor, nego se može proširiti i na virtualan prostor. Ovo širenje na dodatne dimenzije i dodatni prostor predstavlja još veće izazove pred ionako složenu problematiku prikaza prostorno-vremenskih procesa. Ovakav novi pogled na vremensku geografiju dala je H. Couclelis u svom radu, gdje su dane teoretske osnove za danas sve više prisutne servise koji su bazirani na podacima o kretanju određene osobe u prostoru [9].

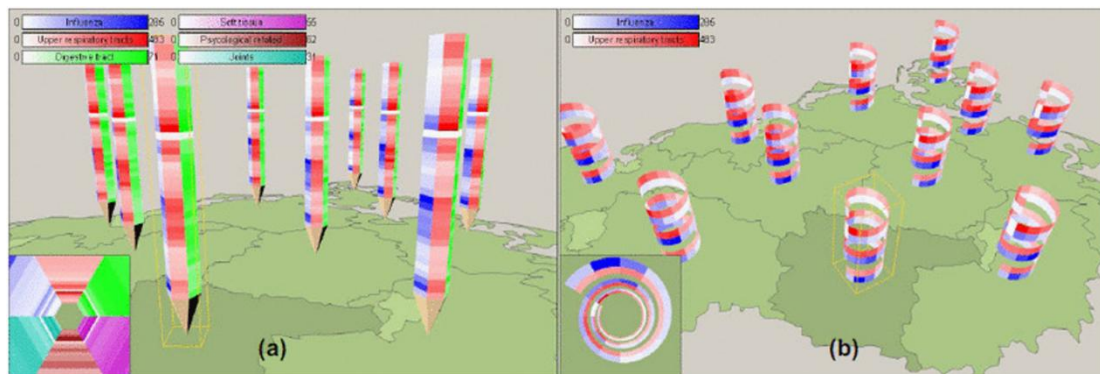
2.6. Prostorno-vremenska kocka

N. Andrienko i sur. su u svom radu dali prijedlog novog načina prikaza vremensko prostornih podataka na osnovi dostupnih postojećih rješenja [10]. Jedno od predloženih novih načina prikaza je i prostorno-vremenska kocka. Prostorno-vremenska kocka je način vizualizacije prostorno vremenskih podataka tako da se iznad kartografskog prikaza doda treća vremenska dimenzija unutar koje su prikazani prostorno-vremenski podatci. Na primjeru sa slike 2.3. veličina i oblik točaka iznad karte pokazuju vrijednosti parametra, dok položaj određuje prostorno-vremensku komponentu. Ovakav prikaz je intuitivno jasan korisniku. Za vrijednosti koje su vremenski i vizualno više odmaknute od kartografskog prikaza teže je utvrditi na točno koju prostornu poziciju se odnose. Ovisno o samim podacima prikaz može biti više ili manje pregledan.



Slika 2.3. Primjer prostorno-vremenske kocke korištenjem točaka za prikaz [10]

P. Gatalcky i sur. u radu o interaktivnoj analizi podataka o događajima primjenom prostorno-vremenske kocke daju daljnje načine primjene iste [11]. Prikaz se može realizirati i na način da se iznad dvodimenzionalne karte prikaže vremenska linija na kojoj su dodatnim svojstvima prikaza (na primjer bojom) prikazane vrijednosti i njihova promjena kroz vrijeme slika 2.4. Kod ovakvih prikaza bitno je da se same vremenske osi vizualno ne preklapaju, što ograničava donekle mogućnosti upotrebe ovakvog prikaza. Primjeri iz rada su realizirani korištenjem specijaliziranih programa za vizualizacije podataka. Nije naveden niti poznat primjer korištenja prostorno-vremenske kocke u mrežnom okolišu.

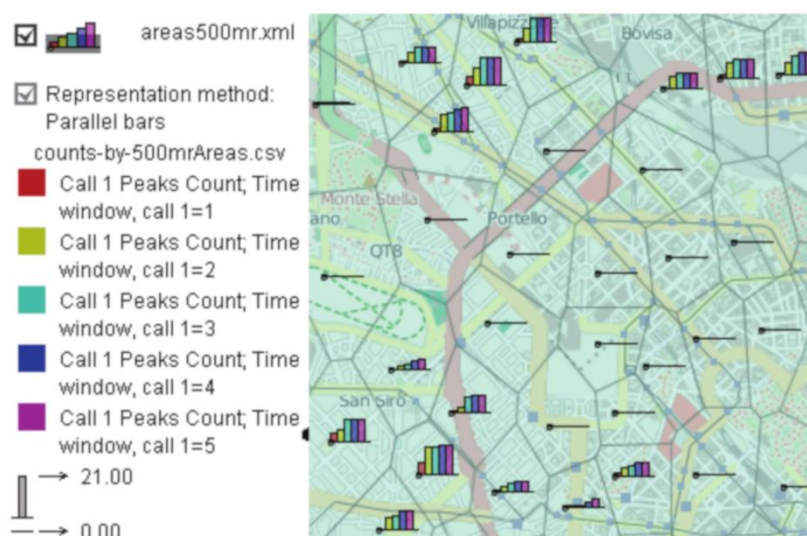


Slika 2.4. Primjer prostorno-vremenske kocke sa vremenskim osima [11]

2.7. Hibridni prostorno vremenski prikazi

Hibridni prikazi uključuju dodavanje vremenskih grafičkih prikaza preko kartografskog prikaza kako bi se pokazala vremenska promijenjivost određene vrijednosti. Prostorno pozicioniranje je intuitivno jasno, dok se za vremenske prikaze

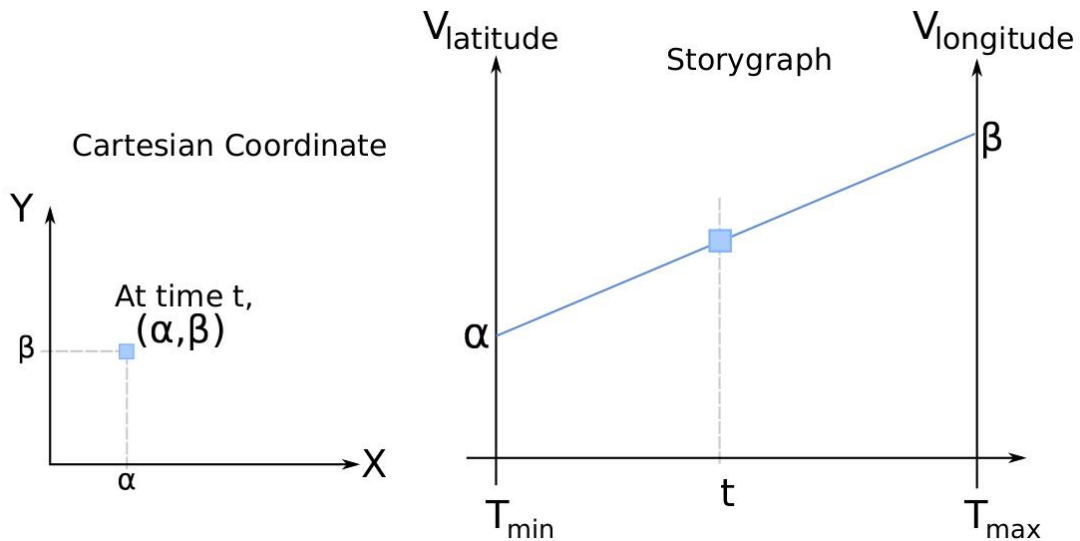
koristi nešto grublja vremenska skala (kraći vremenski period). Potrebno je osigurati dovoljan “razmak” prostornih podataka kako se vremenski prikazi ne bi preklapali. Dodatno se korištenjem boje može pokazati još jedan parametar/svojstvo podatka. G. Andrienko i sur. u svojem radu, koji je svojevrsni nastavak radova [10] i [11], dalje razrađuju načine prikaza prostorno vremenskih podataka [12]. Analiziraju se serije podataka kao što su pozivi mobilnih telefona u Milanu i objave slika na servisu Flickr. U ovom radu se također spominje i interaktivnost prikaza, kao i to da se razvijaju mrežni servisi u svrhe vizualizacije. Identificirani su problemi u prikazu i navedeni daljni smjerovi istraživanja. Na primjeru sa slike 2.5 prikazana je dinamika poziva mobilnim telefonima u vremenu i prostoru.



Slika 2.5. Primjer hibridnog prikaza [12]

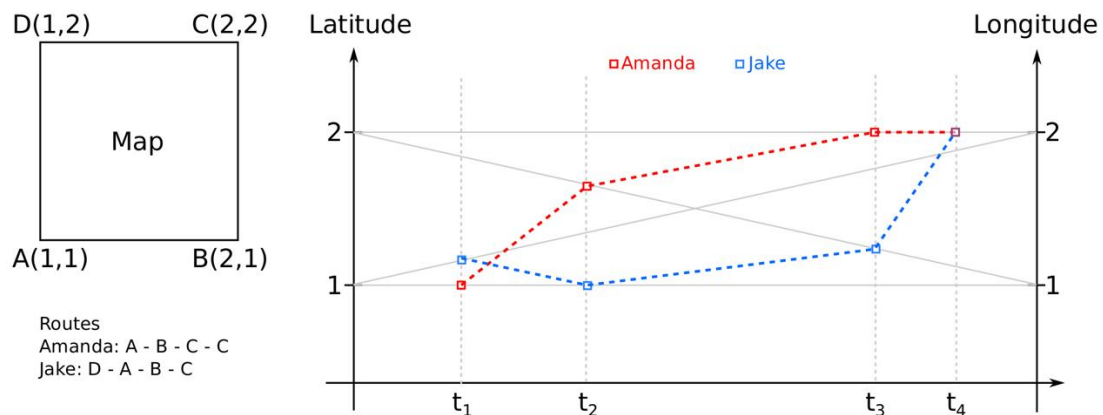
2.8. Prikazi bez klasičnih karata

Nedostatak dodatne dimenzije za prikaz vremenske promjenjivosti nekog parametra se može pokušati riješiti tako da se klasičan prostoran prikaz “reorganizira” kako bi se dobio prostor za prikaz vremenske promjenjivosti. Jedan takav način prikaza podataka je “Pričajući graf” (Storygraph). U svojoj disertaciji o vizualizacijama prostorno vremenskih podataka A. Shrestha uvodi takav način prikaza i daje njegove teoretske osnove uz par primjera na stvarnim podacima [13]. Razmatra se i prikaz manje određenih podataka u vremenu i prostoru (reprezentacija vremenskih i prostornih raspona). Isto tako se daje poveznica prema ostalim hibridnim već pomenutim prikazima prostorno vremenskih podataka. U ovom načinu prikaza se klasičan kartezijski prostor transformira tako da se os x dodaje kao druga os y, dok se os x koristi za prikaz vremenske promjenjivosti. Na slici 2.4 je prikazan način transformacije.



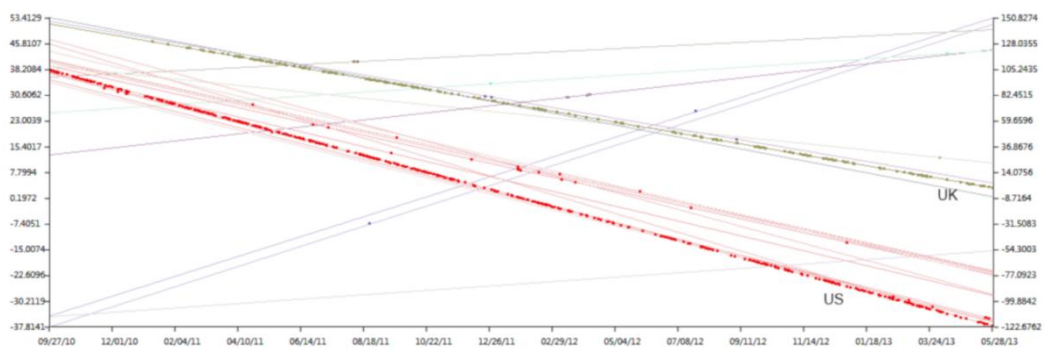
Slika 2.6. Princip prikaza za "Pričajući graf" (Storygraph) [13]

Iako se ovakvim načinom prikaza mogu uredno i pregledno prikazati prostorno vremenski podaci, sam prikaz nije intuitivno jasan i zahtjeva navikavanje radi činjenice da je dvodimenzionalan prostor prikazan pomoću dvije paralelne, a ne okomite osi. Već i prikazi jednostavnijih događaja kao što su kretanje dviju osoba kroz prostor sa slike 2.7., zahtjeva za razumijevanje značajan napor. Radi te činjenice ovakvi prikazi nisu ušli u širu upotrebu.



Slika 2.7. Primjer prikaza kretanja dvije osobe pomoću "Pričajućeg grafa" [13]

Konkretna implementacija opisana u disertaciji realizirana je uz korištenje Microsoft .NET i WFP razvojnog okruženja (Windows Presentation Foundation). Za pohranu podataka korištena je MySQL relacijska baza. Implementacija je napravljena kao desktop aplikacija, a kao podaci za prikaz su korišteni podaci o lokacijama i vremenu kod razvoja pojedinih projekata otvorenog koda na platformi GitHub.



Slika 2.7. Prikaz razvoja D3.js projekta. Označene su linije lokacija sa najviše doprinosa (UK i US) kao i lokacije sa manje doprinosa (linije) [13]

3. PRIKAZ PODATAKA NA MREŽI

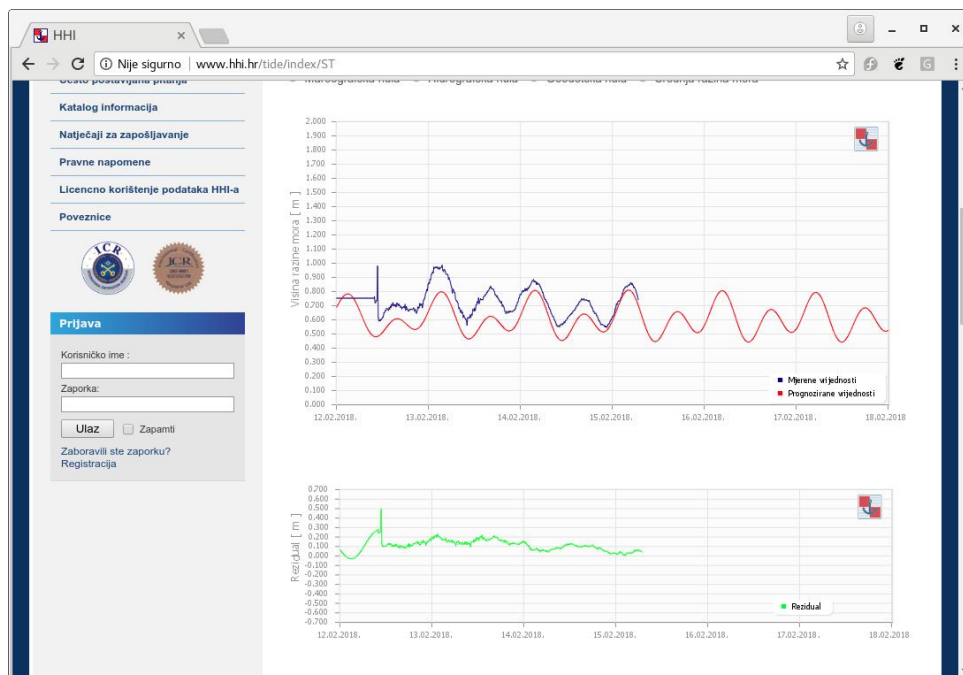
1973. Defense Advanced Research Projects (DARPA) inicirala istraživački program s osnovnim ciljem povezivanja računala u mrežu. Tako nastaje TCP/IP skup protokola. Internet prvo koriste vojne, znanstvene, obrazovne i državne ustanove, a kasnije se uključuju komercijalni korisnici i industrija. Tijekom 80-ih TCP/IP postaje dostupan za široku uporabu. Britanskom fizičaru Timothy Berners-Leeu, (CERN), palo je na pamet da na internetu koristi hipertekst, odnosno da hipertekst poveže s već postojećim, raširenim i prihvaćenim TCP/IP protokolima i razvijenim DNS-om. Bila je to ideja iza koje se skrivao World Wide Web. 25. prosinca 1990., on i Robert Cailliau prvi put uspješno uspostavljaju komunikaciju između HTTP klijenta i servera i to putem interneta. 6. kolovoza 1991. je pokrenuta prva mrežna stranica. Nakon toga broj računala uključenih na globalnu mrežu strelovito raste. Osim količine dostupnog sadržaja unapređuju se i načini prikaza i formati prikaza podataka na mreži.

3.1. Statični unaprijed generirani prikazi

Statični prikazi su prikazi u formi nekog od formata za prikaz slika. Kako se radi o unaprijed generiranoj slici, naknadne promjene prikaza, kao i interakcija sa korisnikom nisu moguće. Uglavnom se sastoje od relativno malo boja i velikih površina iste boje. Za takve prikaze se uobičajeno koriste formati sa indeksiranim sustavom boja i bez gubitaka u kompresiji kao što su PNG ili GIF format. Narijetko se mogu naći i prikazi u ne odgovarajućem JPEG formatu koji je namijenjen za fotografije.

3.1.1. Statični grafički prikazi podataka

Osim samog prikaza alfanumeričke vrijednosti podatka, slijedeći korak kod prikaza podataka na Internetu su bili grafički prikazi. Grupa podataka se prikaže korištenjem nekog računalnog programa, i takva se slika objavi na mrežnoj stranici. Samu izradu i objavu slike moguće je organizirati na dva načina: pojedinačna izrada i objava slike i automatizirana izrada i objava slike. U slučaju objave jednokratnih podataka i prikaza gdje nema ponavljanja kroz neki vremenski period koristi se ručna objava. U slučaju da se podaci i objava ponavljaju u vremenu, koristi se automatizirani proces gdje se na poslužitelju pokreću skripte koje generiraju slike i objavljuju ih (ažuriranjem postojećih mrežnih stranica ili izradom novih mrežnih stranica).

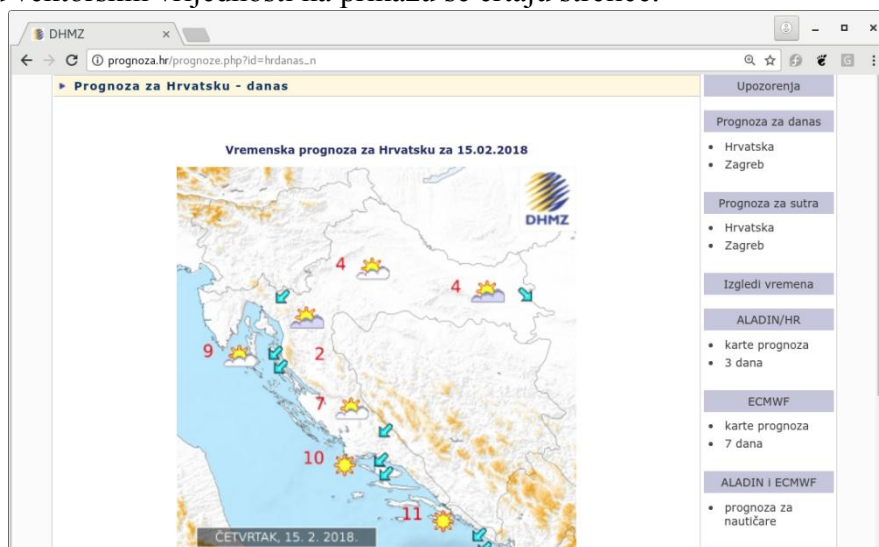


Slika 3.1. Primjer statično generiranog prikaza podataka [14]

Dodatno se korištenjem formata slike koji omogućava spajanje više slika u niz (animaciju) može kreirati animirani slijed slika.

3.1.2. Statični kartografski prikazi

U slučaju da postoji više podataka sa istom vremenskom komponentom, a drugačijom prostornom komponentom, oni se mogu prikazati na kartografskom prikazu. To znači da se u nekom od specijaliziranih računalnih programa kao podloga uzme neko osnovno prostorno svojstvo (obalna linija, državne granice) i preko toga se prikažu prostorni podaci. Često se kao pokazatelj same vrijednosti koristi boja prikaza, a u slučaju vektorskih vrijednosti na prikazu se crtaju strelice.

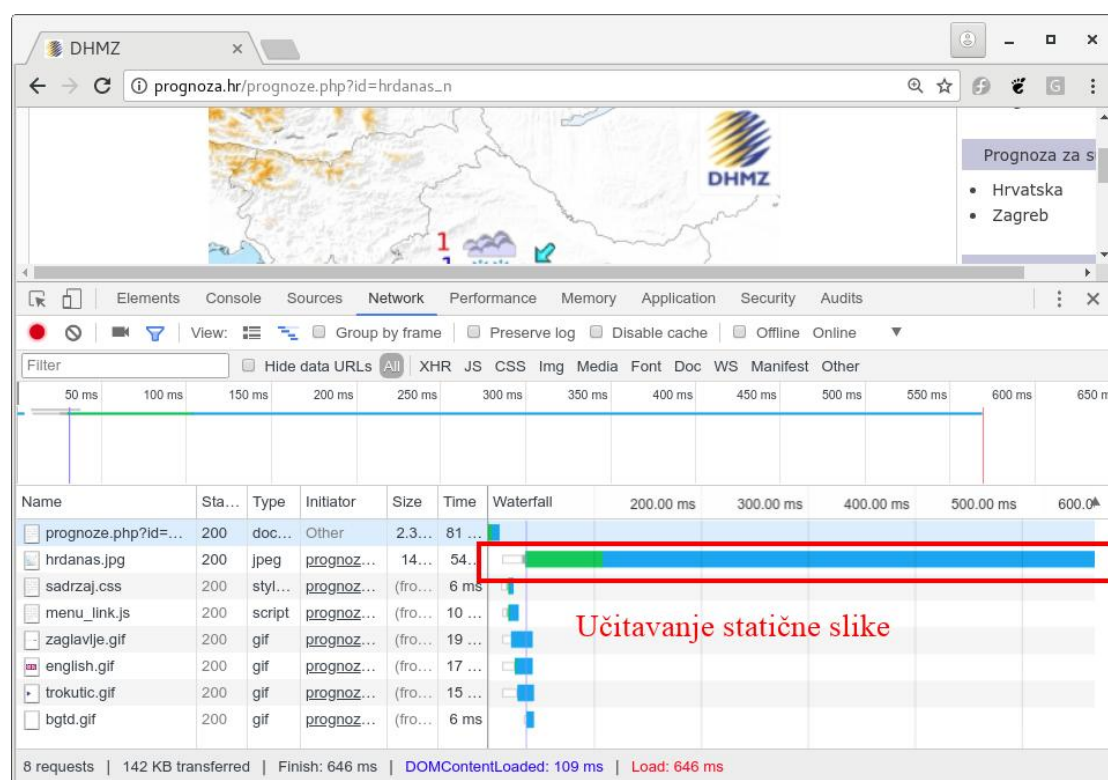


Slika 3.2. Primjer statično generiranog kartografskog prikaza [15]

I za kartografske prikaze je moguća pojedinačna i automatizirana objava slika, kao i kreiranje animiranog slijeda slika.

3.1.3. Svojstva statičnih unaprijed generiranih prikaza

Učitavanje i prikaz slika podržani su u preglednicima Interneta od njihovih samih početaka. Nije potrebno korištenje JavaScripta i opterećenje sa strane klijenta u smislu korištenja računalnih resursa je minimalno. U slučaju slika veće rezolucije količina prenesenih podataka može biti nešto veća, ali korištenjem odgovarajućih formata za kompresiju slika, i to se opterećenje može smanjiti.



Slika 3.3. Prikaz slijeda učitavanja mrežne stranice sa statičnim prikazom [16]

U primjeru sa slike 3.3. Prikaz hrdanas.jpg koji je glavni sadržaj stranice i koji uzima najviše vremena za učitavanje je veličine 142,7 kB u neodgovarajućem JPEG formatu. Ako se prebaci u PNG format sa 256 boja, korisnik ne vidi nikakvu razliku a veličina tako sažetog prikaza je 75,9 kB, skoro dvostruko manja veličina, što bi značilo i skoro dvostruko brže učitavanje stranice i skoro dvostruko manje prenesenih podataka mrežom.

Glavni nedostatak ovakvog prikaza je nemogućnost interakcije sa korisnikom. Prikaz je statičan i korisnik nije u mogućnosti mijenjati elemente ili scenu prikaza. U slučaju da se želi prikazati više serija podataka ili više različitih scena u slučaju kartografskih prikaza, za svaku od dodatnih varijanti potrebno je kreirati posebnu

sliku. Iako se ovakav način prikaza još uvijek koristi na puno mrežnih stranica, polako ga zamjenjuju noviji i napredniji interaktivni prikazi sadržaja.

3.2. Dinamički i interaktivni grafički prikazi

U počecima Interneta i prikaza mrežnih stranica, sama stranica je korisniku pružena u obliku statičnog dokumenta. Razvojem objektnog jezika JavaScript koji se izvršava unutar preglednika interneta i HTML5 standarda sa CSS definicijama svojstava objekata, stekli su se uvjeti za iscrtavanje raznih grafičkih prikaza dinamički sa strane klijenta. JavaScript programski jezik je omogućio uvođenje interaktivnih sadržaja u prikazu iz razloga što se izvršava unutar mrežnog preglednika te ima direktan pristup svim elementima dokumenta. JavaScript je objektno-orijentiran skriptni jezik koji se isključivo izvršava na korisnikovom računalu (na strani klijenta). Najčešća upotreba programiranja JavaScript koda jest prilikom pisanja funkcija ugniježđenih unutar HTML stranica. Upravo zbog činjenice da se kôd izvršava na strani korisnika, a ne na nekom udaljenom poslužitelju, moguća je brža reakcija preglednika na korisničke radnje čime se postiže dinamičnost same mrežne aplikacije koja nije bila moguća isključivom upotrebom HTML-a. Danas svaki Internet preglednik ima u sebi integriranu JavaScript podršku, odnosno prevoditelj (eng. interpreter) koji interpretira JavaScript izvorni kôd i izvršava skriptu. Danas je JavaScript najčešće korišteni skriptni programski jezik u svijetu. Od samog početka vrlo je brzo postigao veliku popularnost među programerima u izradi mrežnih stranica.

B. Mao i sur. u svojem radu analiziraju mogućnosti vizualizacije prostorno vremenskih podataka na mreži korištenjem HTML5 prikaza [17]. Korištenjem platna (canvas) koji je definiran unutar HTML5 specifikacije, u JavaScript jeziku je moguće kreirati grafički prikaz. Isto tako razvojem standardnih formata podataka kao što su XML i JSON i metodama pozadinskog učitavanja istih dolazi do razvoja velikog broja skupova gotovih funkcija (eng. frameworks) i biblioteka (eng. libraries) kojima je olakšan i ubrzan razvoj mrežnih stranica i mrežnih aplikacija. Osim formata za pozadinsko učitavanje podataka ponekad se koriste i specijalizirani protokoli kao što su WebSocket [17]. U primjeru iz gore pomenutog rada je kao HTML poslužitelj korišten Tomcat 7, dok je kao WebSocket poslužitelj korišten Jetty WebServer. Sa klijentske strane je bio standardni mrežni preglednik, pošto je podrška za WebSocket protokol ugrađena u sve relevantne mrežne preglednike. Korištenjem WebSoketa moguće je uspostaviti punu dvosmjernu komunikaciju između klijenta i poslužitelja putem koje se dohvaćaju podaci potrebni za vizualizaciju. Testna implementacija je napravljena korištenjem Microsoft Windows XP SP3 osobnog računala. Prikazana je relativno mala količina podataka, i kao moguć problem u prikazu veće količine podataka predložena je prostorna generalizacija.

Dostupni su već gotovi specijalizirani paketi za iscrtavanje grafičkih prikaza. Neki od njih navedeni su u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Biblioteke za prikaz grafova korištenjem JavaScripta

Naziv	Razvijatelj	Dokumentacija	Primjeri
Highcharts	Highsoft	https://api.highcharts.com/highcharts/	https://www.highcharts.com/demo
Google charts	Google	https://developers.google.com/chart/	https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery
Chart.js	Chart.js	http://www.chartjs.org/docs/latest/	http://www.chartjs.org/samples/latest/
plotly.js	Plotly.js	https://plot.ly/javascript/	https://plot.ly/api/

Općenito za kreiranje grafičkog prikaza pomoću JavaScripta potrebno je:

- Odrediti u kojem će se objektu na mrežnoj stranici graf iscrtavati (obično je to <div> element.
- Definirati svojstva i vrstu grafičkog prikaza.
- Odrediti interaktivne elemente prikaza i definirati funkcije odgovora na akcije korisnika.
- Osigurati podatke koji će se prikazivati (iscrtavati).

S. Alimadadi i sur. u preglednom radu za razumijevanje interakcija zasnovanih na događajima unutar JavaScript programskog jezika daju detaljan opis načina izvršavanja i same objektne elemente jezika [18]. JavaScript se pri izvršavanju oslanja na objektni model dokumenta (eng. Document Object Model DOM). Javascript je pokretan događajima i omogućuje programiranje detekcije na različitim dijelovima objektnog modela. Većina događaja je uzrokovana interakcijama korisnika osim tajmera i asinkronih poziva. Da stvari budu još složenije, isti događaj se može detektirati na više različitih, hijerarhijski ustrojenih dijelova objektnog modela dokumenata. Posebnu pažnju je također potrebno posvetiti asinkronim događajima, odnosno čekati ishod samog asinkronog poziva, ako je njegov rezultat bitan za daljnje izvršavanje koda.

Sve nabrojano omogućuje dinamičkim prikazima da budu interaktivni, odnosno da korisniku daju mogućnost prilagodbe prikaza. Neke od mogućnosti dinamičkih grafičkih prikaza su:

- Isključivanje ili uključivanje prikaza serije podataka.
- Zumiranje prikaza na određeno područje
- Prikaz točne vrijednosti za odabranu točku na grafu.
- Kreiranje statične slike grafičkog prikaza.

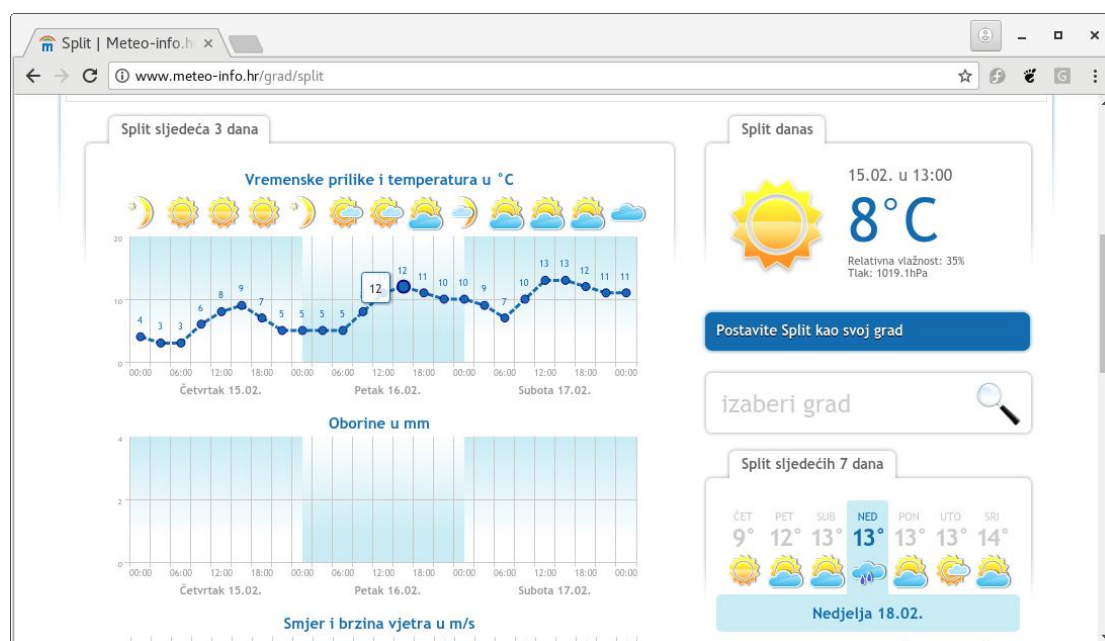
3.2.1. Hihgcharts

Highcharts je JavaScript biblioteka koja omogućuje jednostavno kreiranje raznih vrsta interaktivnih grafičkih prikaza koristeći samo čisti JavaScript i HTML5. Besplatna je za korištenje za nekomercijalnu upotrebu. Dokumentacija je opširna i dostupna. Otvorenog je koda i razvijana je od strane zajednice, kao i od strane tvrtke Highsoft koja pruža i komercijalnu podršku korisnicima.

Glavne prednosti ove biblioteke su:

- Prilagodljivost i jednostavna upotreba
- Prikazi prilagođeni malim ekranima (responsivnost)
- Brzina

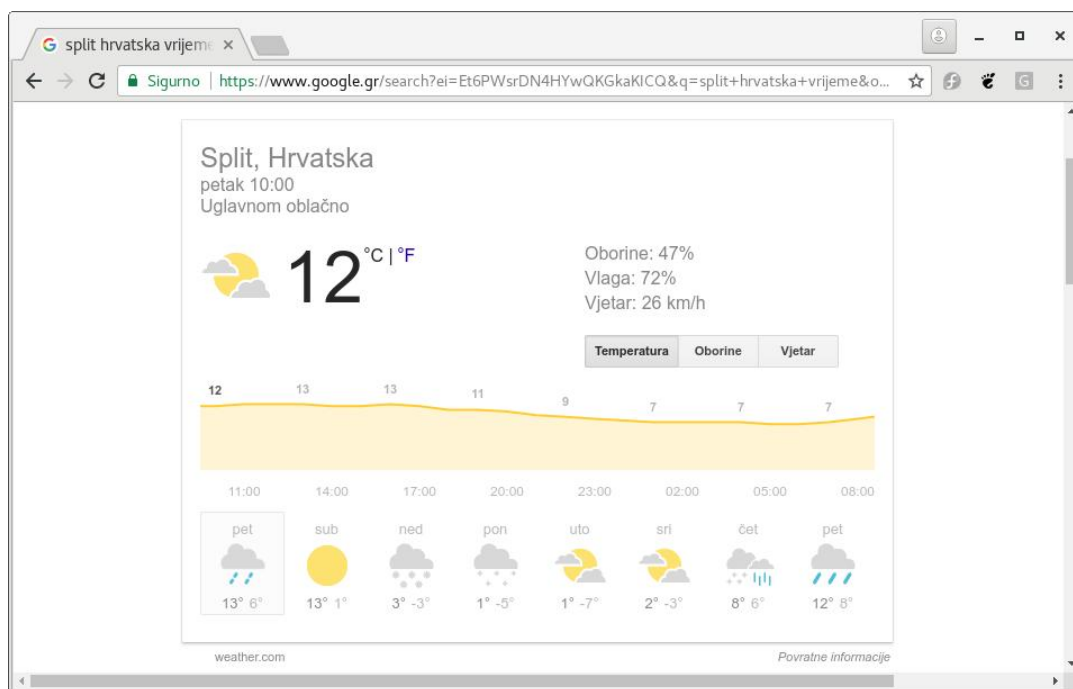
Highcharts je dosta korištena biblioteka i može se pohvaliti sa dosta velikih korisnika kao što su: IBM, MasterCard, Microsoft, Facebook, StackOwerflow



Slika 3.4. Primjer dinamički kreiranog grafičkog prikaza (Highcharts) [19]

3.2.2. Google charts

Google charts je biblioteka razvijena od strane Googlea. Potpuno je besplatna za korištenje i podržava više različitih vrsta grafova. Otvorenog je koda iako Google u uvjetima korištenja traži da se biblioteka učitava isključivo sa njihovih poslužitelja (nije ju moguće koristiti sa vlastitog poslužitelja). Poput HighChartsa podržava puno vrsta prikaza, male ekrane i vrlo prilagodljive prikaze. Prema nekim procjenama Google charts biblioteka realizira trećinu svih dinamičkih JavaScript grafičkih prikaza. Uz biblioteku je također dostupna baza predložaka spremnih za korištenje (jednostavne grafike, mape ili vremenske grafove).



Slika 3.5. Primjer dinamičkog prikaza u tračilici Google [20]

3.2.3. Dinamičko asinkrono učitavanje podataka

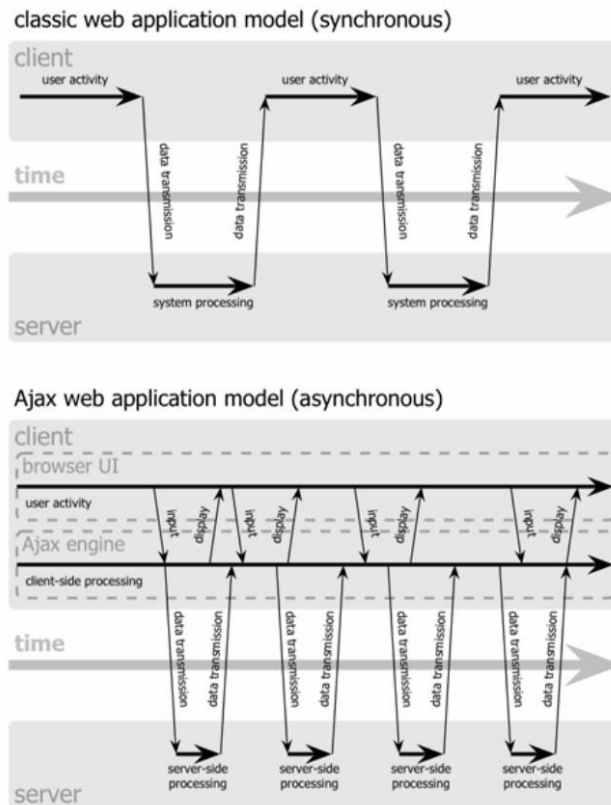
Podaci potrebni za iscrtavanje grafičkih prikaza mogu biti učitani zajedno sa mrežnom stranicom koja sadrži prikaz, ili naknadno učitani. U slučaju naknadnog učitavanja koristi se AJAX.

Pod pojmom AJAX se podrazumijeva skup metoda integriranih unutar JavaScripta za pozadinski prijenos podataka između Internet preglednika i poslužitelja. Na taj način je mrežnim aplikacijama omogućeno primanje i slanje podataka sa poslužitelja u pozadini, bez ometanja sadržaja i ponašanja same stranice.

Učitavanje je moguće učiniti sinkrono i asinkrono. Kod sinkronog učitavanja JavaScript procedura se ne izvršava sve dok podaci nisu dohvaćeni, i tek tada nastavlja izvršavanje. Kod asinkronog učitavanja kontrola se odmah vraća nazad, a samo iscrtavanje se pokreće pri pred definiranom događaju završetka učitavanja i to u slučaju da je učitavanje prošlo bez grešaka. U zadnje vrijeme neki preglednici (Chrome) više ni ne dozvoljavaju sinkrono učitavanje radi boljeg korisničkog iskustva.

Podaci koji se naknadno učitavaju u većini slučajeva su u JSON (JavaScript Structure Objects Notification) formatu.

U svom preglednom radu J. J. Garrett predstavlja AJAX kao novi pristup u izradi mrežnih aplikacija [21]. Osim detaljnog opisa načina na koji funkcioniра, autor također ispravno predviđa njegovu sve masovniju primjenu u budućnosti.



Slika 3.6. Usporedba klasičnog sinkronog i AJAX asinkronog učitavanja stranice [21]

3.3. Dinamički mrežni kartografski prikazi

Dinamički kartografski prikaz podrazumijeva određen minimum operacija i interakcija sa samom kartom. To je kao prvo i osnovno mogućnost zumiranja karte na željeno područje. Dodatno moguće su interakcije sa objektima na karti, prikaz koordinata sa karte, promjena osnovnog i dodatnih slojeva na karti. Do razvoja preglednika i Javascript programskog jezika ovakav se prikaz mogao dobiti samo pomoću specijaliziranih računalnih programa i koristio ga je ograničen skup ljudi. Pojavom dinamičkih prikaza u mrežnom okruženju kartografski prikazi su korišteni od velikog broja korisnika i prisutni na sve većem broju mrežnih stranica.

3.3.1. Biblioteke za mrežne kartografske prikaze temeljene na JavaScript jeziku

Jednostavniji način da se na mrežnoj stranici prikaže dinamički kartografski prikaz je korištenje nekih od biblioteka temeljenih na JavaScript programskom jeziku. JavaScript se izvršava unutar preglednika Interneta sa klijentske strane. Sama

biblioteka sadrži već gotove objekte, funkcije i procedure čijim se korištenjem kreira sam prikaz karte. Na mrežnoj se stranici dodaje učitavanje samog koda biblioteke, i to ili sa stranica razvijatelja, ili sa istog servera na kojem je i sama stranica. Osnovni se slojevi kreiraju korištenjem nekih od dostupnih “Tile servera” (poslužitelji gotovih pred definiranih dijelova karte). Preko osnovnog sloja se dodaju korisnički objekti koji mogu biti oznake, linije ili poligoni.

Prvih deset najboljih biblioteka nude pregršt mogućnosti. Neke od njih su slične unutar više biblioteka, dok su neke jedinstvene. Neke od mogućnosti su interaktivne i statične karte, animirane karte, geokodiranje, izračun ruta u prometu, podaci o elevaciji pojedine točke i gustoća prometa [22].

Kod odabira koju biblioteku koristiti bitni su:

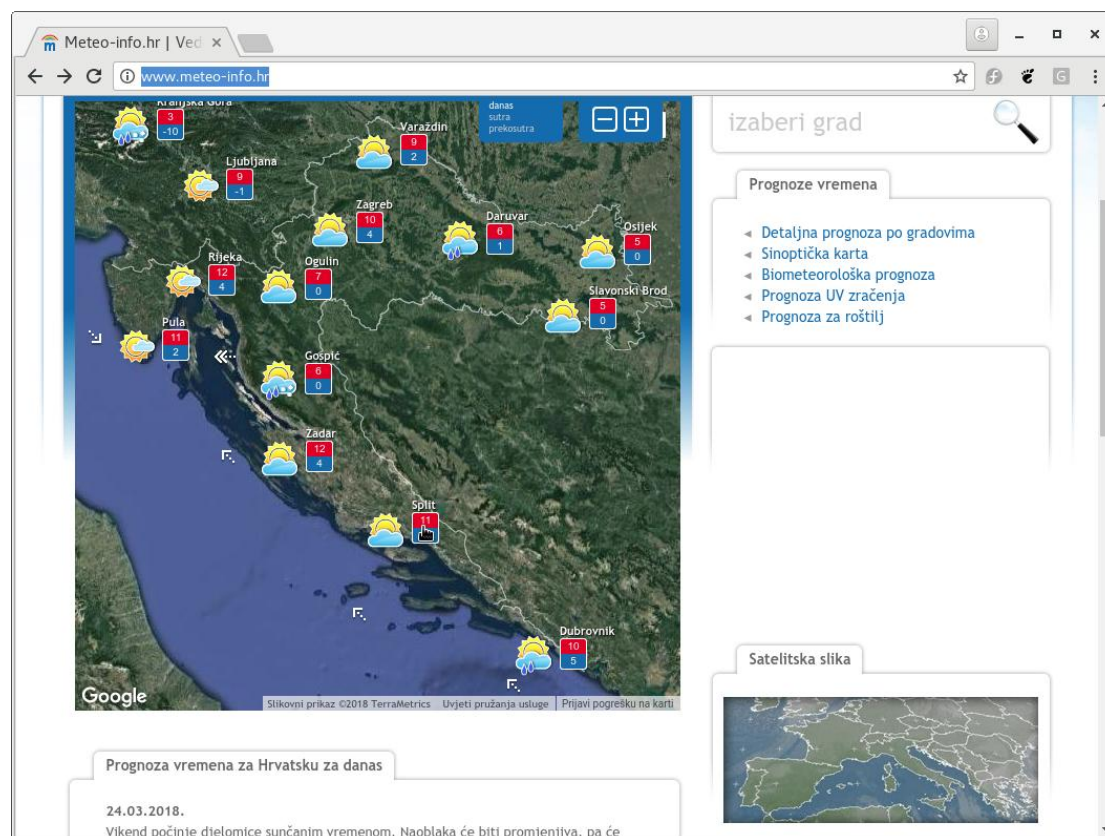
- Popularnost biblioteke
- Potencijal odnosno implementirane mogućnosti
- Dokumentacija
- Lakoća korištenja

Tablica 3.2. Najboljih 10 kartografskih JavaScript biblioteka [22]

Naziv	Razvijatelj	Dokumentacija	Primjeri
Google Maps	Google	https://developers.google.com/maps	http://www.morethanamap.com/
Microsoft Bing Maps	Microsoft	http://www.microsoft.com/maps/choose-your-bing-maps-API.aspx	https://www.bingmapsportal.com/isdk/ajaxv7#CreateMap1
OpenLayers	OpenLayers	http://openlayers.org/	http://openlayers.org/en/v3.2.0/examples/
Foursquare	Foursquare	https://developer.foursquare.com/	
OpenStreetMap	OpenStreetMap	http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API	http://wiki.openstreetmap.org/wiki/List_of_OSM_based_Services
MapQuest	MapQuest	http://developer.mapquest.com/	http://demos.mapquest.com/
Mapbox	Mapbox	https://www.mapbox.com/developers/api/	https://www.mapbox.com/mapbox.js/example/v1.0.0/
CartoDB	CartoDB	http://cartodb.com/develop	http://cartodb.com/gallery/
Esri ArcGIS	Esri	https://developers.arcgis.com/javascript/	https://developers.arcgis.com/en/#visualization-demo
Yahoo BOSS PlaceFinder	Yahoo	https://developer.yahoo.com/boss/placefinder/	

3.3.2. Google maps API

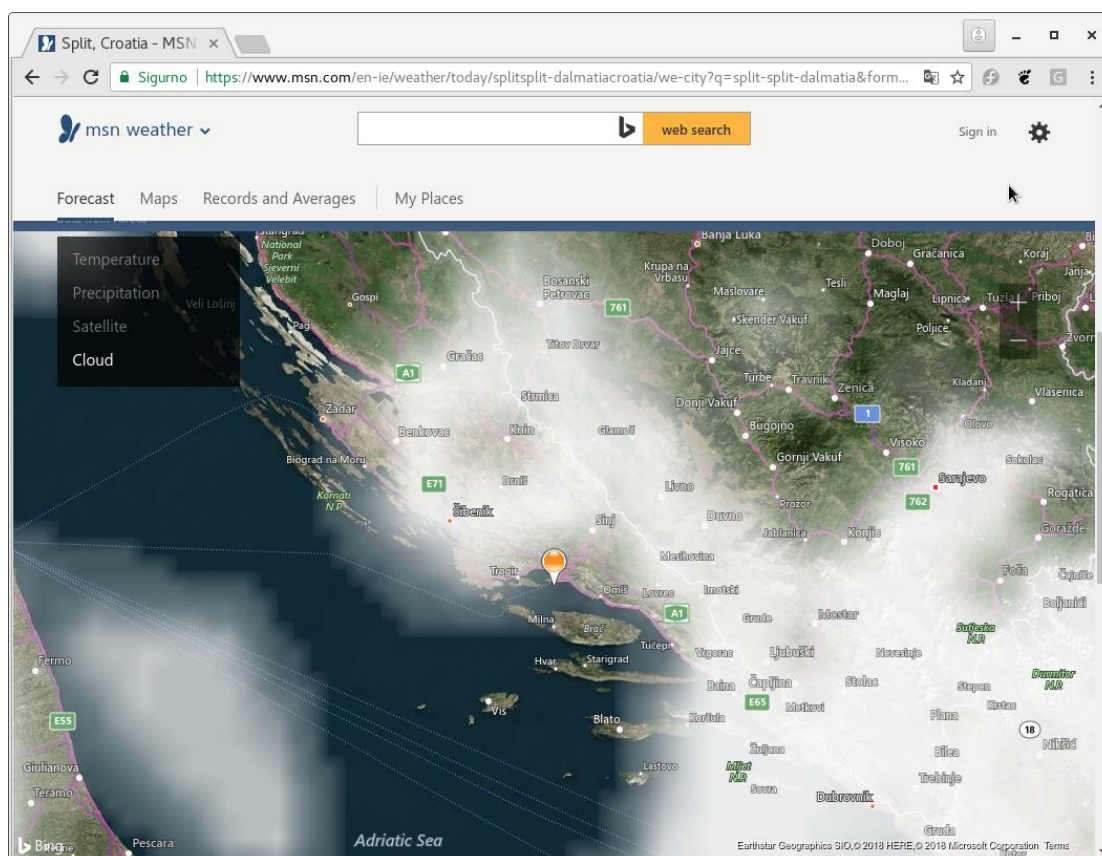
Google maps API je vrlo korištena biblioteka razvijena od strane kompanije Google. Kao osnovni slojevi se standardno koriste Google satelitski, kartografski ili kombiniran satelitski sloj sa kartografskim oznakama. Korištenje biblioteke se ne naplaćuje ni za komercijalnu uporabu sve dok broj učitavanja karata ne prelazi 25000 učitavanja unutar jednog dana. Od 18. lipnja 2018. Godine za uporabu Google karata je nužno otvoriti račun i vezati uz njega broj kreditne kartice. Svaki mjesec se dobije iznos od 200\$ na računu koji pokriva navedeni limit korištenja. API osim oznaka (standardnih i prilagođenih) omogućuje iscrtavanje linija i poligona. Kod iscrtavanja poligona bitno je smanjiti broj točaka u poligonu (generalizacija prikaza) jer u suprotnom može doći do pogreške u prikazu ako je broj točaka u poligonu veći od 4000. U prikazu je integriran i pregled okoliša (Street View). To je mogućnost da se interaktivno pregledava okoliš snimljen sa javnih prometnica na način da se simulira prolazak kroz iste. Satelitske snimke u osnovnom sloju su promjenjivih maksimalnih rezolucija na način da su u naseljenim mjestima snimke većih rezolucija, dok su izvan naseljenih mjesta manjih. Za veliki broj gradova izrađeni su i trodimenzionalni modeli pomoću kojih je moguće interaktivno mijenjati perspektivu pogleda (ne samo pogled odozgo, nego iz bilo kojeg smjera).



Slika 3.7. Primjer kartografskog prikaza primjenom Google maps biblioteke [23]

3.3.3. Bing maps

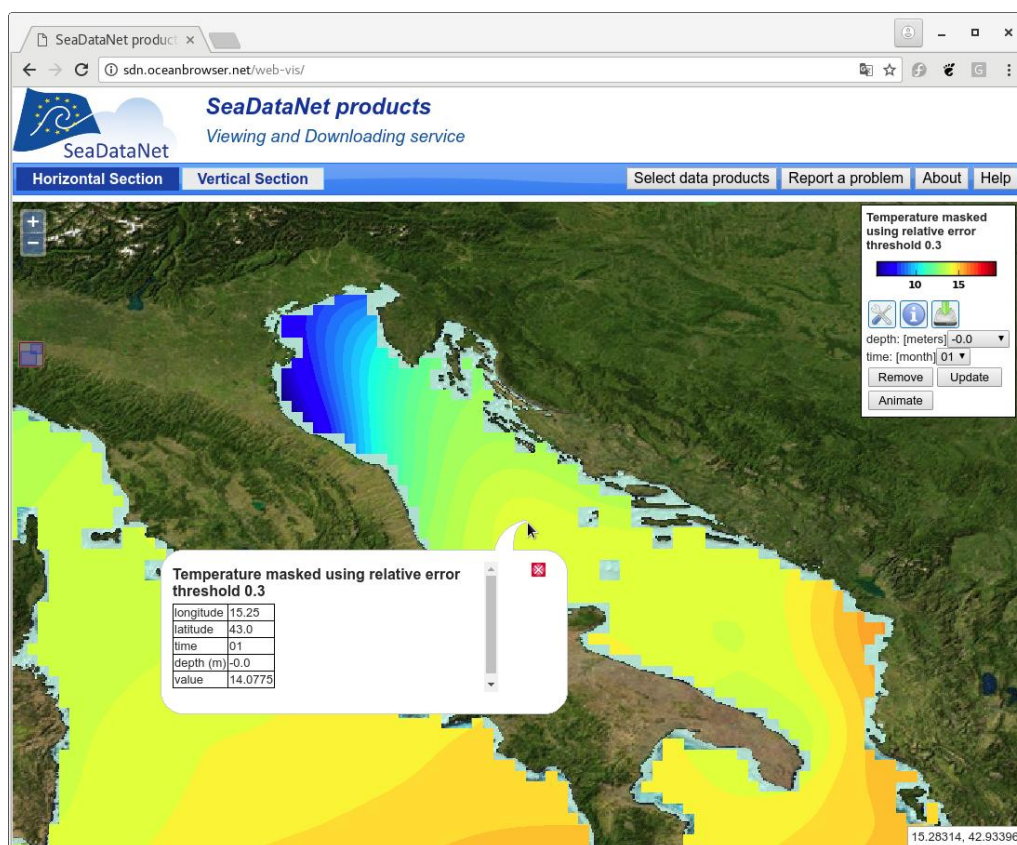
Bing karte su geoprostorna platforma tvrtke Microsoft. Trenutno je aktualna verzija 8 biblioteke za mrežne stranice - SDK (Software Development Kit). Osnovni slojevi su karta i satelitski snimci. Korištenje biblioteke je besplatno za obrazovne i neprofitne ustanove, te za ostale za promet manji od 10000 učitavanja mjesečno. Za korištenje se nužno registrirati i dobiti programski ključ. Slično kao i kod Google karata moguć je i pregled okoliša (u Bing kartama se to zove “birds eye”). Pregled okoliša nije svugdje moguć (Hrvatska nije pokrivena) i donekle zaostaje za Googlovom implementacijom. Satelitske snimke su na svim područjima iste rezolucije što Bing prikazima daje prednost nad Google snimcima izvan naseljenih mjesta. Na početku se za prikaz karata koristila danas napuštena Microsoftova SilverLight tehnologija, da bi se nakon toga ipak prešlo na standardizirani i opće prihvaćen HTML i JavaScript. Microsoft je dozvolio slobodno korištenje Bing karata, satelitski snimaka i servisa za OpenStreetMap neprofitni projekt kojem je cilj kreiranje otvorene i slobodne karte od strane zajednice.



Slika 3.8. Primjer kartografskog prikaza primjenom Bing karata [24]

3.3.4. OpenLayers

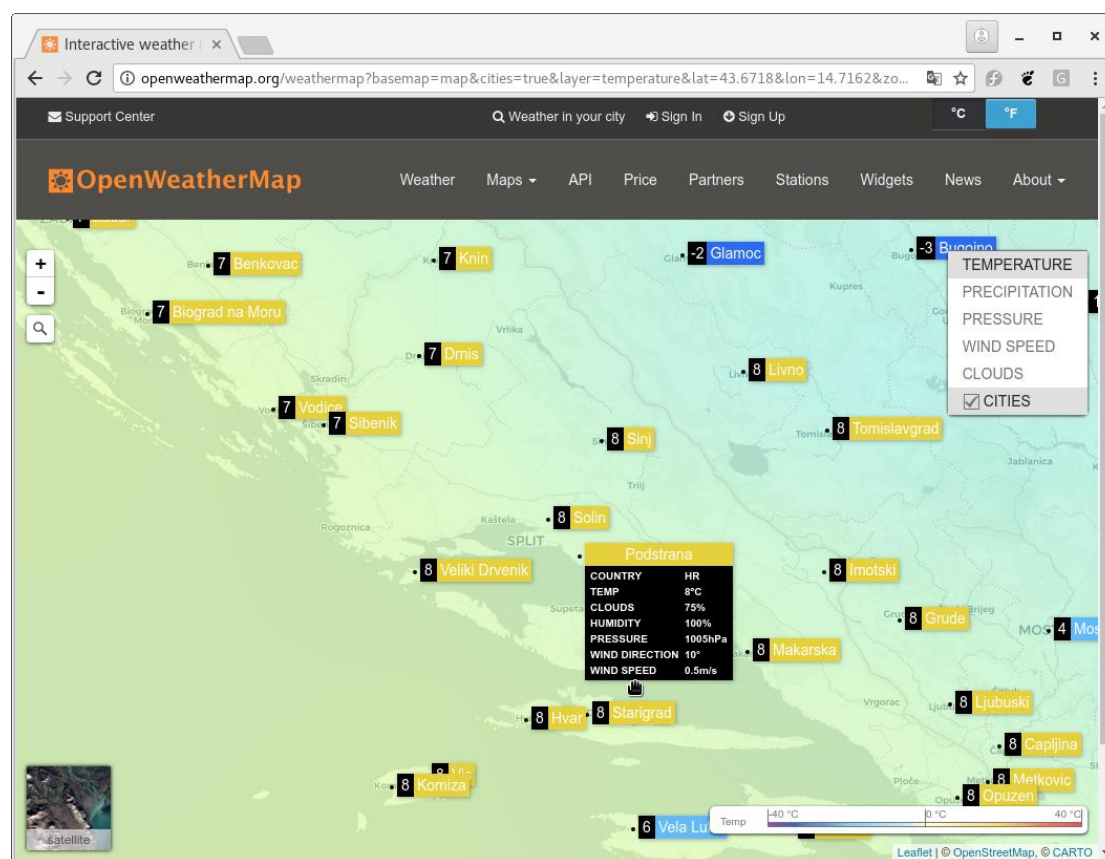
OpenLayers je klijentska JavaScript biblioteka, odnosno skup gotovih programskih funkcija, otvorenog koda, namijenjena za stvaranje interaktivnih mrežnih karata i njihovo prikazivanje u preglednicima. Omogućava izradu kompletnih kartografskih aplikacija, s mogućnošću prilagodbe svake komponente karte (slojeva, kontrola, događaja i drugo) prema vlastitim potrebama. Pruža podršku za rad sa brojnim formatima poput GeoRSS, KML, GML, GeoJSON i kartografskim podacima iz bilo kojeg poslužitelja koji koriste OGC standarde kao što su WMS i WFS. Razvijen je kao projekt Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) sa svrhom da posluži kao osnovno mrežno sučelje za prikaz kartografskog sadržaja u izgradnji nekomercijalnih geoinformacijskih mrežnih aplikacija. Svrha OpenLayers-a je i razdvajanje kartografskih alata i prostornih podataka, kako bi svi alati mogli raditi u kombinaciji sa svim podacima. Često se koristi i u kombinaciji sa programskim paketima otvorenog koda za poslužitelje kao što je Geoserver. Kao osnovni sloj često se koristi se OpenStreetMap.



Slika 3.9. Primjer OpenLayers prikaza [25]

3.3.5. Leaflet JavaScript biblioteka

Leaflet je JavaScript biblioteka otvorenog koda. Slična je OpenLayers biblioteci i usmjerena je ka jednostavnoj primjeni sa uglavnom OpenStreetMap osnovnim slojem. Isto tako je lakša (manje koda) od OpenLayersa. Lakša je za implementaciju i orijentirana oko HTML objekata za razliku od OpenLayersa koji su orijentirani ka GIS svojstvima. U osnovi ima manje mogućnosti prikaza, ali je proširiva dodacima. Ima vrlo široku bazu korisnika (Facebook, FourSquare, GitHub, Flickr). Za prikaz satelitskih snimaka koristi Bing karte. Za razliku od Google ili Bing karata Leaflet je čista JavaScript biblioteka bez vlastitih izvora osnovnih slojeva. Besplatna je i za komercijalnu upotrebu bez ograničenja (BSD licenca).



Slika 3.10. Primjer prikaza korištenjem Leaflet biblioteke [26]

Primjer korištenja Leaflet biblioteke zajedno sa D3.js i Crosfilter biblioteka je projekt za vizualizaciju trajektorija “spatiotemporal-visualizer” [27]. Autor H. Sequeira je projekt opisao u preglednom radu gdje je cilj doći do efikasnog alata za vizualizaciju trajektorija u vremenu i prostoru. Za konkretnu realizaciju su korišteni samo alati otvorenog koda. Detalji o samoj implementaciji i primjer na mreži nisu navedeni, iako se radi o isključivo mrežnoj implementaciji prikaza. Još jedan primjer možemo pronaći i kod mrežne vizualizacije podataka o kretanju taksi vozila [28]. U ovom radu H. Xiong i sur. opisuju sustav za vizualizaciju velike količine prostorno

vremenskih podataka. Osim Leaflet biblioteke u implementaciji je korištena No-SQL Mongo DB baza podataka i Tomcat kao mrežni poslužitelj, dok se pri dohvatu podataka koristio Ajax.

3.4. Kartografski mrežni servisi i standardi

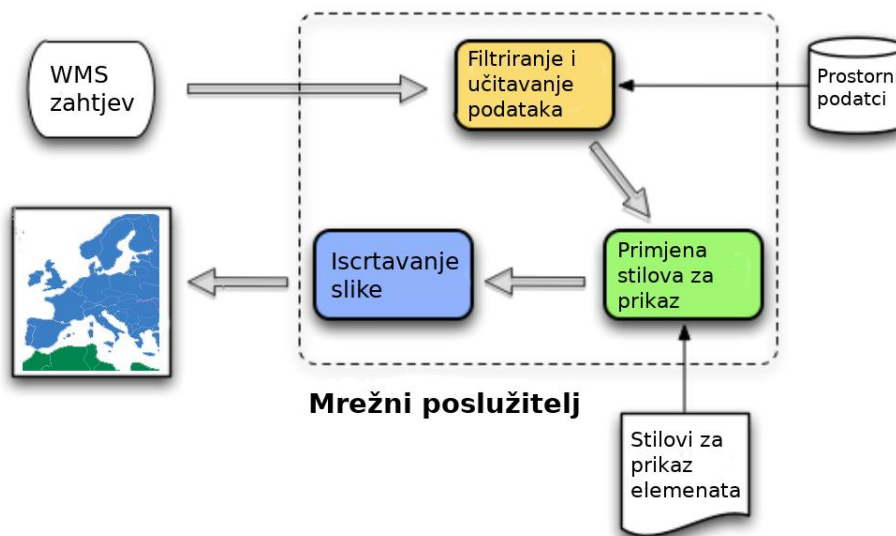
Mrežna usluga ili servis je metoda komunikacija između dva uređaja preko mreže (Interneta). Klijent može zatražiti od poslužitelja usluge koje poslužitelj nudi kao mrežne servise. Mrežni servis predstavlja jednu ili više informacija ili akcija. Za kartografske prikaze na mreži razvijeni su posebni servisi koji omogućavaju dijeljenje i prikaz prostornih podataka. Ovi servisi su standardizirani i omogućuju interoperabilnost različitih komponenata potrebnih za kreiranje mrežnih kartografskih prikaza.

Osnovni servisi su:

- Mrežni servis karte (Web Map Service - WMS)
- Mrežni servis svojstava (Web Feature Service - WFS)
- Mrežni servis pokrivenosti (Web Coverage Service - WCS)

3.4.1. Mrežni servis karte - WMS

Ovo je standardni protokol putem kojega mrežni kartografski poslužitelji kreiraju georeferencirane kartografske prikaze u rasterskom obliku. Sami izvori geoprostornih podataka ne moraju biti u rasterskom obliku. OGC je razvio ovaj protokol i prvi put ga objavio 1999. Godine.



Slika 3.11. Shematski prikaz mrežnog servisa karte (WMS)

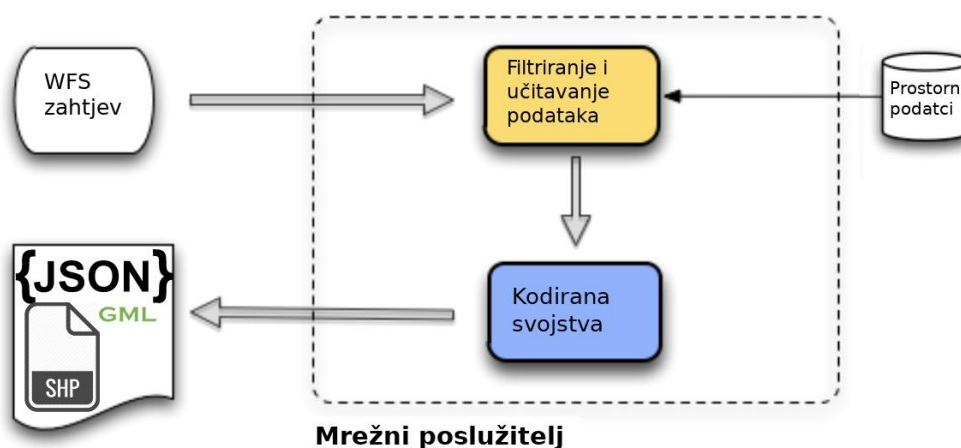
Na slici 3.11. je prikazan postupak: klijent šalje zahtjev, poslužitelj generira kartu na temelju parametra iz poslanog zahtjeva, server vraća gotovu kartu (eng. map image). Izlazni formati su: PNG, PNG8, JPEG, GIF, TIFF, TIFF8, GeoTIFF, GeoTIFF8, SVG, PDF, GeoRSS, KML, KMZ, OpenLayers.

Servis ima definiran određen broj operacija (zahtjeva). To su:

- GetCapabilities - Informacije o WMS servisu, operacije i parametre koje podržava, popis dostupnih slojeva
- GetMap - Dohvaćanje karte određenog sadržaja ovisno o definiranim parametrima u upitu (slojevi, koordinate vrhova okvira..)
- GetFeatureInfo - Podaci o geometriji i atributima objektna klase
- DescribeLayer - Dodatne informacije o sloju
- GetLegendGraphic - Legenda kartografskog prikaza

3.4.2. Mrežni servis svojstava - WFS

Ovaj servis služi za dobivanje geoprostornih obilježja/prostornih podataka. Standard je za posluživanje vektorskih geoprostornih podataka. Dohvaćeni podaci su najčešće u vektorskom obliku odnosno geometrija s atributima. Omogućava razne analize u daljnjem radu, kreiranje drugih karta i aplikacija, transformacije između formata, vizualizaciju i slično.



Slika 3.12. Shematski prikaz mrežnog servisa svojstva (WFS)

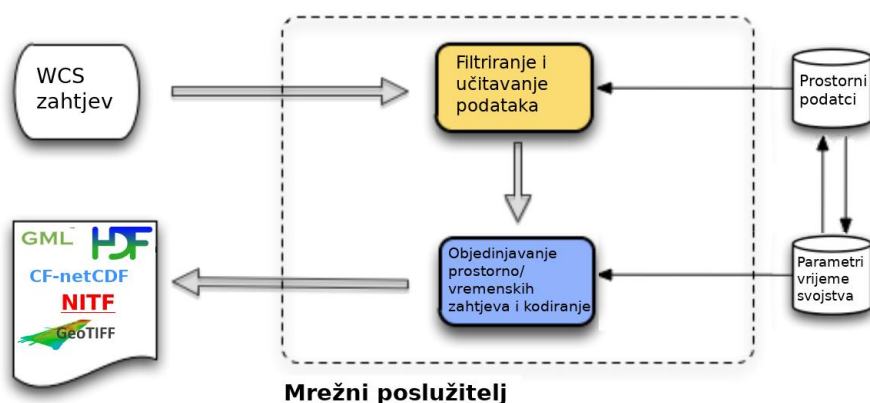
Na slici 3.12. Prikazan je postupak: na zahtjev klijenta poslužitelj dohvaća podatke i kodira ih u traženom obliku. Koriste se različiti ulazni format podataka, dok su izlazni formati: GML, ESRI Shape, JSON.

Definirane operacija (zahtjevi) su:

- GetCapabilities - Informacije o WFS servisu, operacije i parametre koje podržava, lista dostupnih slojeva
- DescribeFeatureType - Opis obilježja koji se dohvaća
- GetFeature - Dohvaća obilježja/objekte iz baze podataka, uključujući geometriju i attribute

3.4.3. Mrežni servis pokrivenosti - WCS

Mrežni servis pokrivenosti definira mrežnu implementaciju za pristup podacima o pokrivenosti. Pokrivenost u ovom slučaju predstavlja geoprostornu informaciju koja opisuje fenomen koji se mijenja kroz prostor i vrijeme. Putem ovog servisa se dohvaćaju podaci za renderiranje/prikaz sa klijentske strane, ili za daljnu obradu kao npr. ulaz u numerički model. Servis omogućuje klijentu da dohvati dio podataka sa servera na osnovi prostornih i drugih kriterija. Za razliku od mrežnog servisa karte (WMS) koji vraća samo slike generirane na serveru, ovaj servis uz same podatke daje i njihov detaljan opis koji omogućuje da se podaci dodatno obrade i interpretiraju, a ne samo jednoznačno prikažu. Mrežni servis svojstava (WFS) također daje podatke a ne slike, ali on daje podatke za diskretna geoprostorna svojstva nepromijenjiva u vremenu, dok servis pokrivenosti dodaje multidimenzionalnu matricu svojstava. Servis omogućuje dohvaćanje osnovnih prostornih i vremenskih podskupova podataka. Ograničavanje skupa podataka putem upita vrši se na dva osnovna načina. Prvi je “rezanje” (trimming) podataka gdje se dohvaćaju sva vremena/parametri (dimenzije) podataka ali za ograničeno područje. Drugi je filtriranje (slicing) podataka gdje se za cijelo područje dohvaća samo neko vrijeme/parametar i tako se smanjuje dimenzija podataka. Kombiniranjem ova oba načina može se doći do željenog poskupa za traženi prostorno/vremenski upit.



Slika 3.13. Shematski prikaz mrežnog servisa pokrivenosti (WCS)

Na slici 3.13. Prikazan je shematski sam servis. Prostorni podaci i sami parametri/vrijeme u praksi su unutar iste baze podataka. Na shemi su razdvojeni kako bi se ilustrirala spomenuta dva osnovna načina ograničavanja podskupa podataka.

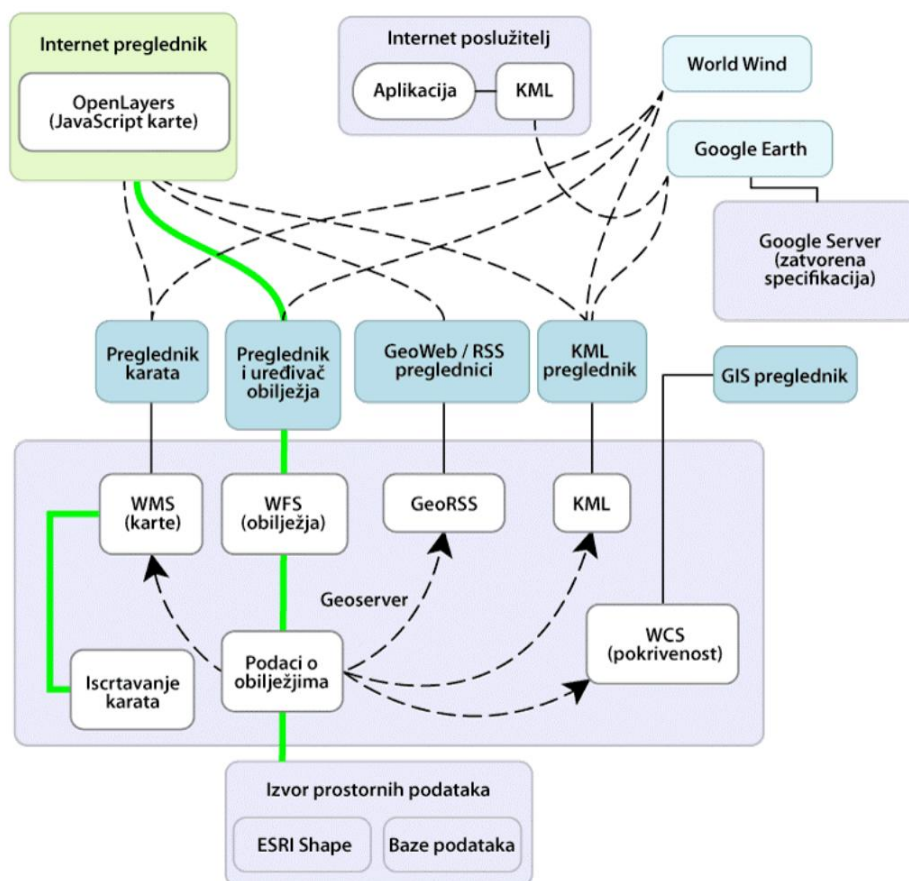
Definirane operacije (zahtjevi) su:

- GetCapabilities: informacije o servisu, svojstva i ponuđeni parametri
- DescribeCoverage: opis pokrivenosti, prostorno-vremenski/parametarski
- GetCoverage: dohvaća same podatke u prikladnom formatu na osnovi dostavljenog upita

3.4.4. Open Geospatial Consortium servisi

Servisi opisani u prethodna tri poglavlja su definirani i opisani kao Open Geospatial Consortium standardi. Open Geospatial Consortium (Udruženje za otvorenost prostornih podataka) je neprofitna organizacija za standardizaciju nastala 1994. godine. Okuplja preko 500 komercijalnih, vladinih, neprofitnih i istraživačkih organizacija. Ovi servisi predstavljaju promjenu u načinu na koji se geografske informacije stvaraju, mijenjaju i razmjenjuju na internetu. Primjerice, umjesto dijeljenja geografskih informacija na razini datoteke pomoću FTP protokola, WFS nudi izravan fino obrađen pristup zemljopisnim informacijama na razini svojstava i značajki. Usluge servisa omogućuju klijentima da samo dohvaćaju ili mijenjaju podatke koje traže, umjesto da dohvaćaju datoteku koja sadrži podatke koje traže, a možda i mnogo više. Ti se podaci zatim mogu koristiti za različite svrhe, uključujući i druge svrhe, osim onih namijenjenih njihovim proizvođačima. U dokumentaciji standarda dostupne su detaljne specifikacije potrebne za njihovu implementaciju [29].

Većina standarda propisanih od strane udruženja ovisi o grubo definiranom ustroju opisanom u skupu dokumenata zajedničkim imenom zvanih opći tehnički opis (Abstract Specification). Ovi dokumenti opisuju osnovni podatkovni model za predstavljanje geografskih obilježja, te se na njima temelji niz specifikacija primjenom kojih je omogućen zajednički rad i razmjena podataka različitih tehnologija koje se bave prostornim i geolociranim podacima.



Slika 3.14. Povezanost i korištenje standarda i servisa po OGC specifikacijama

Na slici 3.14. su vidljivi korisnici servisa na više različitih razina, od specijaliziranih GIS programa, preko mrežnih poslužitelja do mrežnog preglednika uz korištenje JavaScripta (OpenLayers). Geoserver je naveden kao referentna implementacija standarda. Osim veza navedenih na prikazu moguće su i razne druge kombinacije kojih razvojem samih standarda i GIS tehnologije ima sve više. Kao dodatak servisima sve više se koriste (u nekim slučajevima postaju i obavezni) i servisi za pronalazak i katalogiziranje dostupnih mrežnih podataka na Internetu. GeoNetwork je referentna implementacija za ovu vrstu servisa. Koristeći standardizirane upite servisa i dodavanjem širih metapodataka dobijaju se pregledni i centralizirani katalozi prostornih podataka. Standardizacija mrežnih servisa omogućuje povezivanje podataka sa različitih izvora radi analize i dobivanja dodatne vrijednosti, kao što je pokušaj kreiranja portala kopnenih voda na Novom Zelandu [30]. Autori H. Klug i A. Kmoch su u svom radu opisali kreiranje OGC servisa za hidrologiju u svrhu bolje dostupnosti i vizualizacije podataka. Kod objedinjavanja podataka sa više različitih izvora važnu ulogu ima standardizacija prostornih slojeva. Kod konkretne implemtacije se razmatrala upotreba PostgreSQL i MySQL za pohranu podataka, UMN Mapserver i Geoserver kao poslužitelji prostornih podataka, Tomcat i Jetty kao mrežni poslužitelji, te OpenLayer, Mapbender i GeoExt kao javascript biblioteke sa klientske strane.

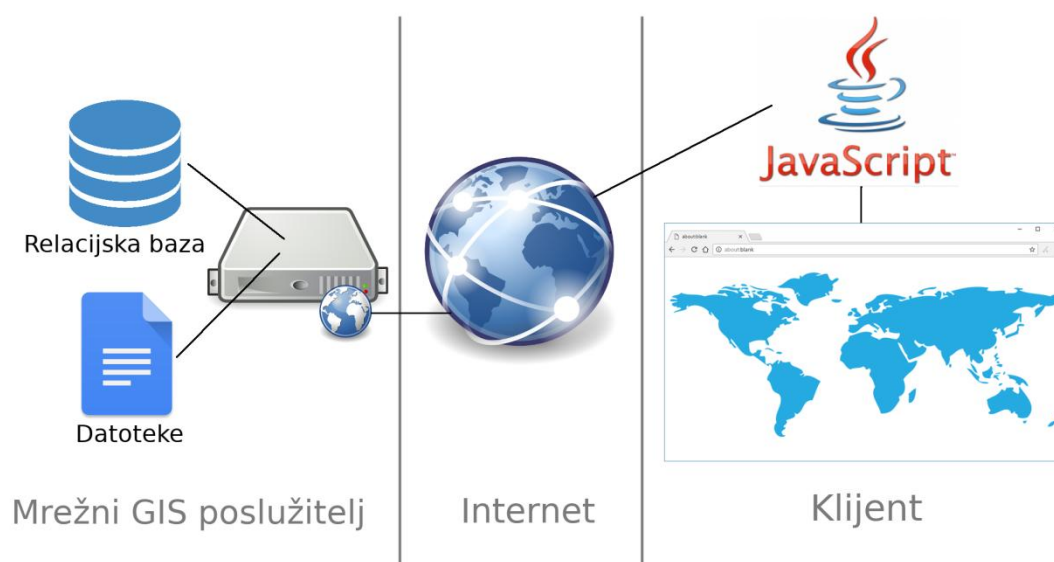
3.5. Programski paketi za poslužitelje namijenjeni kreiranju dinamičkih kartografskih prikaza - mrežni GIS

Mrežni GIS je distribuirani informacijski sustav koji se sastoji barem od poslužitelja i klijenta. Klijent je korisnik na mreži koji sadržaj konzumira samo preko mrežnog preglednika. Ovakvi programski paketi omogućuju također uz prikaz samih slojeva, dodatno servise putem kojih se slojevi mogu uključiti u bilo koji prikaz. Kao izvor podataka ovi slojevi mogu koristiti datoteke sa servera ili neku od prostornih baza podataka.

Osnovna svojstva mrežnog GISa su:

- Kreiraju prikaze u obliku mrežnih stranica sa jedinstvenom adresom (URL).
- Komunikacija sa klijentima se odvija putem HTTP protokola.
- Na serveru se izvršavaju GIS operacije (preklapanje slojeva).
- Izlaz sa servera može biti u više oblika - HTML, slike, XML, JSON i slično.

Mrežni GIS poslužitelji se instaliraju na posebna poslužiteljska računala sa jedinstvenom mrežnom adresom. Obično se na njima koristi neki od poslužiteljskih operativnih sustava (u velikoj većini slučajeva neka od distribucija Linux operativnog sustava). Na istom računalu može biti instalirana i relacijska baza, ali isto tako mrežni GIS poslužitelj može uključivati i više od jednog računala (ovisno o traženim performansama sustava).



Slika 3.15. Shematski prikaz rada mrežnog GIS poslužitelja

Proces prikaza kreće od zahtjeva od strane klijenta putem http protokola. Mrežni GIS poslužitelj prvo pregledava da li tražene servise ima već spremne u priručnoj memoriji (cache). Ako ih nema onda prosljeđuje zahtjev izvoru podataka i kreira

odgovarajući format za odgovor. Na kraju šalje odgovor putem Interneta klijentu, gdje se podaci prikazuju.

Neki od najviše korištenih su:

- Geoserver
- UMN MapServer
- ArcGIS Server

3.5.1. Geoserver programski paket

Geoserver je programski paket otvorenog koda pisan u programskom jeziku Java. Za korištenje se preferira Oracle implementacija Jave verzije 8, ali dobro radi i korištenjem otvorene OpenJDK 8 implementacije. Osim samog prikaza omogućuje i dijeljenje, obradu i uređivanje prostornih podataka. Dizajniran za interoperabilnost kao izvor prostornih podataka podržava razne izvore u skladu sa otvorenim standardom.

Neki od podržanih izvora podataka su:

- PostGIS
- Oracle Spatial
- ArcSDE
- DB2
- MySQL
- Shapefiles
- GeoTIFF
- GTOPO30
- ECW, MrSID
- JPEG2000

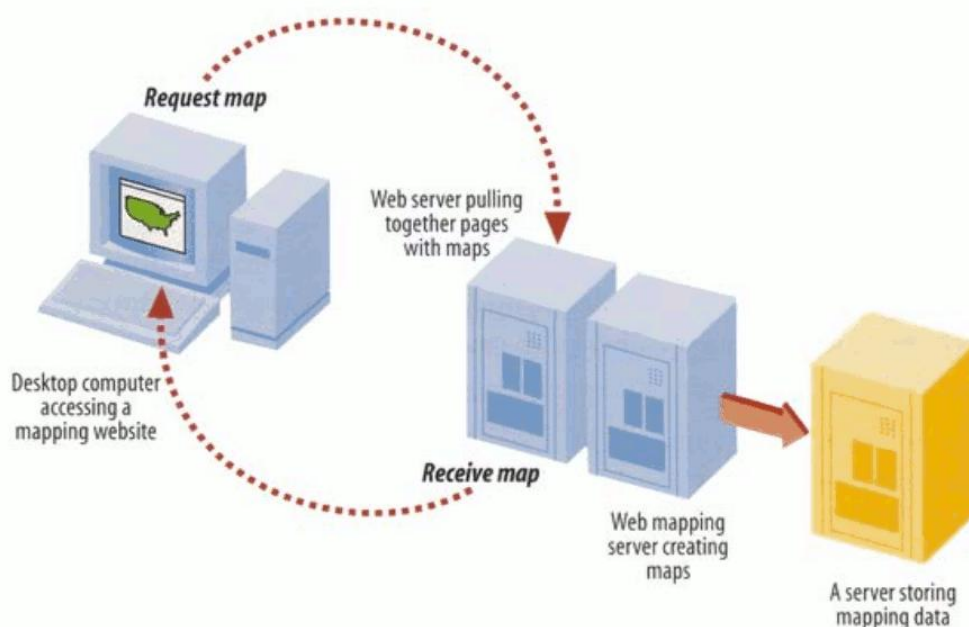
Geoserver je referentna implementacija udruženja za otvorenost prostornih podataka (Open Geospatial Consortium) mrežnog servisa svostva (Web Feature Service - WFS). Sadrži i OpenLayers (JavaScript biblioteka) klijent za predpregled slojeva. Neki od izlaznih formata kroz standardne protokole su: KML, GML, Shapefile, GeoRSS, PDF, GeoJSON, JPEG, GIF, SVG, PNG, kao što navodi S. Iacovell u svojoj knjizi, “kuharici” za instalaciju i korištenje Geoservera [31].

Geoserver je mrežna aplikacija i za svoj rad treba neki od standardnih pokretača Java mrežnih servisa (Java servlet). Neki od najpoznatijih i najčešće korištenih su: Apache Tomcat, Jetty, GlassFish.

Iako je Geoserver slobodna aplikacija otvorenog koda iza koje ne stoji neka velika kompanija, postoje organizacije/kompanije koje zainteresiranim korisnicima

pružaju komercijalnu podršku pri korištenju Geoservera. Te iste organizacije su i razvijatelji samog Geoservera, tako da ga mogu i prilagođavati pojedinim specifičnim potrebama svojih korisnika. Ključni razvijatelji i davatelji komercijalnih podrška za Geoserver su: Boundless - kompanija iz Sjedinjenih Američkih država koja je vođa Geoserver zajednice i glavni razvijatelj, GeoSolutions - Talijanska kompanija koja stoji iza mnogih implementacija Geoservera, vrlo aktivna u zajednici, Transient Software Limited - kompanija iz Novog zelanda i Astun Technology - kompanija iz Ujedinjenog kraljevstva.

Pri iscertavanju kartografskih prikaza kod korisnika objekt karte na mrežnoj stranici komunicira s mrežnim poslužiteljem za prikaz podataka na karti. Sami podaci su pohranjeni na posebnom poslužitelju podataka. Na primjer, kada korisnik zumira kartu, klijent karte zahtijeva pločice karte s poslužitelja karte i prikazuju se na karti. Poslužitelj će generirati nove karte koje odgovaraju razini zumiranja. Novonastale karte bit će poslone na objekt karte, a klijent mrežne karte će ga prikazati na karti koja je integrirana u mrežnu stranicu. Slika 3.16. prikazuje taj proces. U svojoj magistarskoj radnji K. Kommana je opisao implementaciju Geoservera za distribuciju prostornih podataka [32]. Konkretni detalji implementacije nisu navedeni osim samog Geoservera, PostGIS baze i OpenLayersa.



Slika 3.16. Shematski prikaz klijentsko-serverskog načina rada Geoservera sa tri osnovne komponente: klijent, Geoserver i pohrana podataka [32]

Jedna od ključnih tehnologija na kojima je baziran GeoServer je GeoWebCache tehnologija kojom se omogućuje iznimno brzo kartiranje unaprijed spremljenih dijelova karte u međuspremnik (eng. cache). Također jedna od bitnih karakteristika je i podrška za otvoreni standard za definiranje stila prikaza karte (Styled Layer Descriptor - SLD).

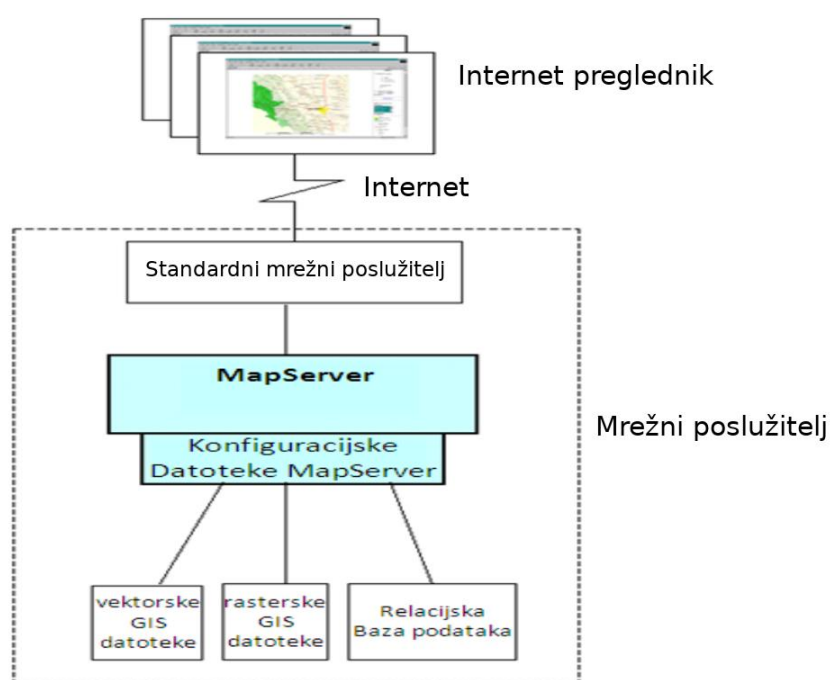
Zbog svojih značajki GeoServer je, uz UMN MapServer, najpopularnija i najraširenija aplikacija za prikazivanje interaktivnih karata na Internetu.

Kod izbora izvora prostornih podataka za Geoserver kako bi se postigle najbolje performanse, očekivano, najbolji je izbor baza podataka uz korištenje baznih indeksa. Nakon toga po brzini idu Shapefiles i na kraju baza sa neindeksiranim podacima. To su rezultati koje je dobio J. Růžička u svojem istraživanju u kojem je usporedio brzinu učitavanja oko 8 GB prostornih podataka putem Geoservera na Linux poslužitelju. Baza podataka je bila PostgreSQL sa prostornim PostGIS dijelom [33].

3.5.2. UMN MapServer programski paket

UMN MapServer je programski paket otvorenog koda za kreiranje mrežnih kartografskih prikaza. Razvijen je na sveučilištu Minesota i zato se naziva UMN (University of Minnesota) Map server kako bi se razlikovao od komercijalnog ali daleko manje korištenog Map servera. MapServer je originalno razvijen uz potporu Američke svemirske agencije (NASA) kako bi se satelitski snimci bili dostupni na Internetu. Ovaj programski paket je opisan u radu R. R. Vatsavai i sur. gdje su posebno istaknute njegove performanse i otvorenost [34].

Kartografski mrežni prikaz kreiran pomoću Mapservera sastoji se od barem tri dijela. Potrebno je imati prostorne podatke u obliku koji Mapserver prepoznaje, zatim konfiguracijsku datoteku koja zadaje Mapserveru na koji način interpretirati te prostorne podatke i na kraju datoteku koja određuje sučelje prema korisniku (mrežna stranica). To može biti datoteka pisana u HTML-u, PHP-u ili nekom drugom jeziku kojeg čitaju Internetski preglednici. Konfiguracijska datoteka zadaje objekte Mapservera unutar jednog projekta. Svaki objekt ima svoje parametre i podobjekte.



Slika 3.17. Shematski prikaz rada MapServera

MapServer je, u osnovi, CGI (engl. Common Gateway Interface) program koji se nalazi na mrežnom poslužitelju i čeka zahtjeve. MapServer odgovara na zahtjev u skladu sa prenesenim parametrima kroz URL i Map datoteke te stvori sliku zatražene karte. Zahtjev može također biti za slikom legende, slikom mjerila, slikom referentne karte te vrijednosti prenesene kao CGI varijable. Slika 3.17. prikazuje tipični dijagram MapServer aplikacije.

Od verzije 6.0 dostupan je i MapCache dodatak za spremanje i brzi dohvat unaprijed generiranih dijelova karte.

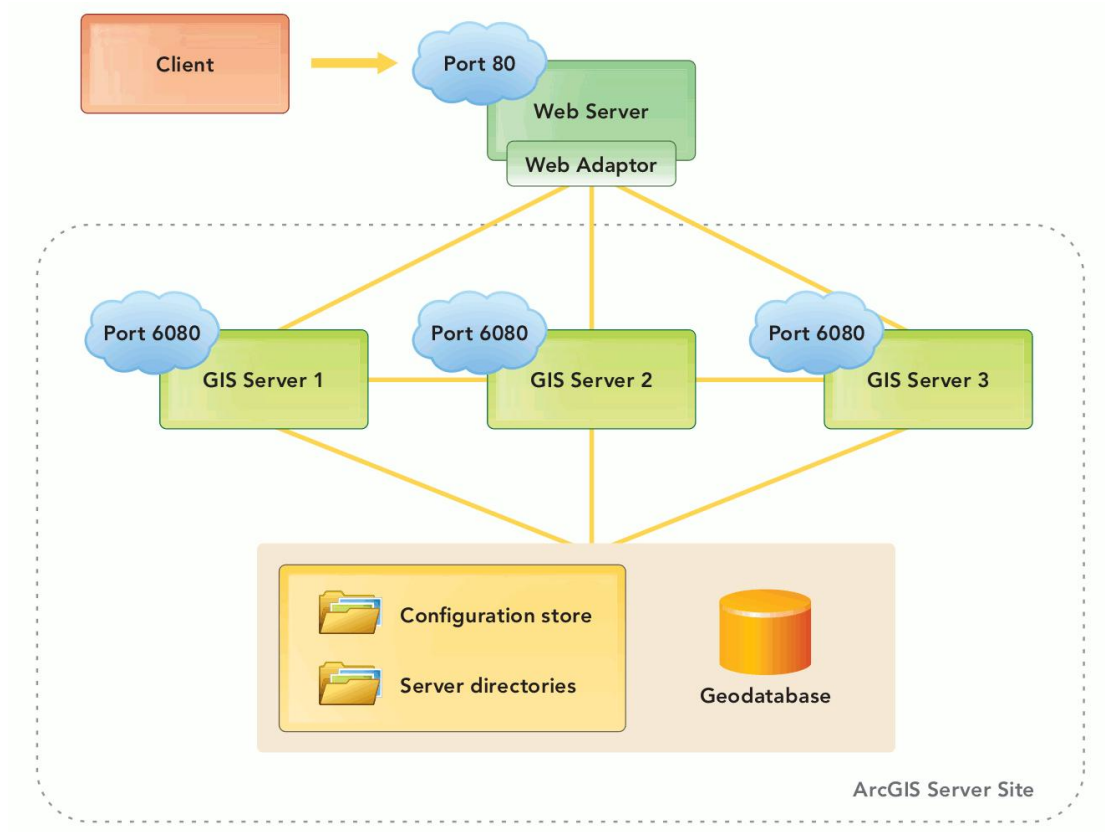
3.5.3. ArcGIS Server programski paket

ArcGIS server je komercijalni programski paket kompanije ESRI. ESRI (Environmental Systems Research Institute) je privatni institut sa sjedištem u Kaliforniji, Sjedinjene Američke države. To je opsežna i integrirana softverska platforma za izgradnju operativnog GIS-a. ArcGIS sadrži četiri ključna dijela softvera: geografski informacijski model za modeliranje aspekata stvarnog svijeta; Komponente za pohranjivanje i upravljanje geografskim informacijama u datotekama i bazama podataka; skup izvanrednih aplikacija za stvaranje, uređivanje, manipuliranje, mapiranje, analiziranje i širenje geografskih informacija; i skup web usluga koje pružaju sadržaj i mogućnosti (podatke i funkcije) mrežnim klijentima. Dijelovi softverskog sustava ArcGIS mogu se postaviti na mobilne uređaje, prijenosna i stolna računala i poslužitelje [35].

Poslužiteljski programski paket je moguće instalirati na Solaris, Linux i Windows poslužiteljske operativne sustave. ArcSDE je poseban dio paketa zadužen da omogući konekciju ArcGIS servera na relacijske baze podataka. Podržane su Oracle, PostgreSQL, DB2, Informix i Microsoft SQL Server relacijske baze.

Programski paket se prodaje u tri varijante (edicije): Basic, Standard, i Advanced. ArcGIS Server Basic je primarno samo za upravljanje multikorisničkim prostornim bazama podataka. Neki od mrežnih servisa koje podržava ArcGIS Server Standard i Advanced osim standardnih (mrežni servis karte - WMS, mrežni servis svojstava - WFS i mrežni servis pokrivenosti - WCS) su: Feature (za editing putem mreže), Geodata (za replikaciju prostornih baza), Geocode (za pronalazak i prikaz lokacija i adresa), Geometry (za prostorne izračune kao što su izračun površine ili udaljenosti), Geoprocessing (za numeričke modele i prostorne analize), Globe (za 3D i renderiranje globusa), Image (za posluživanje rasterskih slika kao što su satelitske slike ili ortofoto slike), Keyhole Markup Language (KML), Map (za optimiziranje kartografskih servisa).

ArcGIS Server programski paket je u svom današnjem obliku prvi put izdan 2004. godine.



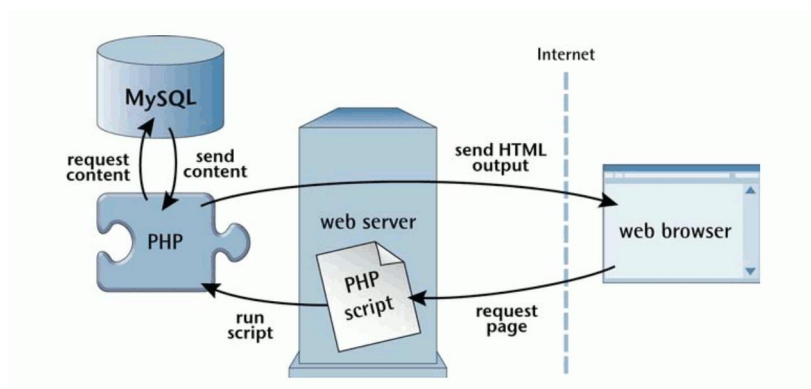
Slika 3.18. Shematski prikaz ArcGIS server programskog paketa sa više instanci kartografskih poslužitelja [36]

Primjer korištenje ArcGIS programskog paketa za složenu prostorno-vremensku vizualizaciju oceanografskih mjerenja je prikazan u radu H. Yawev i sur. [37]. U radu je prikazana vizualizacija više različitih oceanografskih parametara. Korišten je ArcGIS i Microsoft IIS mrežni poslužitelj

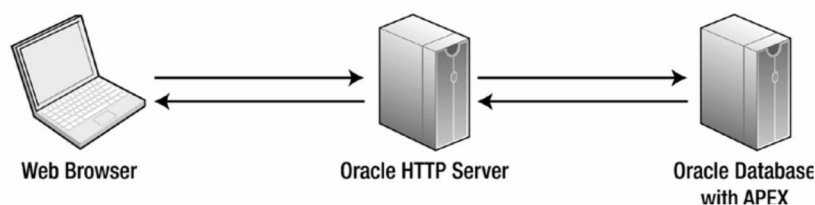
3.6. Korištenje relacijskih baza podataka

Relacijske baze podataka su danas nezaobilazne kada se implementiraju dinamičke mrežne stranice. Mrežne stranice koje prikazuju prostorno vremenske podatke ovdje nisu izuzetak. Relacijske baze podataka se koriste kao izvor podataka za grafičke prikaze podataka kao i za prikaz mrežnih kartografskih prikaza. Korištenje baza podataka omogućuj jednostavniju implementaciju, kao i veće mogućnosti samih prikaza korištenjem prilagođenih upita prema bazi. Tako se iz ukupnog skupa dostupnih podataka brzo i jednostavno izvlači određeni podskup na temelju korisnikovih ulaza na samom mrežnom sučelju. Upiti se izvršavaju korištenjem standardiziranog “jednostavnog jezika za upite” (SQL - eng. Simple Query Language). Relacijska baza podataka nije direktno izložena prema korisniku mrežne stranice nego se koristi pomoću raznih “aplikacijskih servera” odnosno programske podrške implementirane na poslužitelju koja kontaktira bazu i generira dinamičke mrežne

stranice. Aplikacijski server može biti općeg tipa (za kreiranje dinamičkih mrežnih stranica) ili programski paketi specijalizirani za dinamičke kartografske prikaze.



Slika 3.19. Shematski prikaz kreiranja mrežne stranice korištenjem relacijske baze podataka i PHPa [38]



Slika 3.20. Shematski prikaz kreiranja mrežne stranice korištenjem Oracle relacijske baze podataka i aplikacijskog servera [39]

Najčešće korištene relacijske baze podataka su MySQL (u zadnje vrijeme popularnija kao MariDB) i PostgreSQL relacijske baze otvorenog koda. Od komercijalnih baza podataka se koriste Oracle baza i SQL Server od Microsofta. Relacijske baze podataka mogu biti na istom poslužitelju zajedno sa aplikacijskim serverom, ili ako je potrebno radi boljih performansa na posebnom poslužitelju. Većinom se radi o poslužiteljima sa Linux operativnim sustavom, na kojem je moguće upogoniti čak i SQL Server Microsoftovu bazu podataka (uz naravno mogućnost korištenja i nekog od Windows poslužiteljskih operativnih sustava).

3.7. Relacijske baze i JSON

Pri kreiranju dinamičkih grafičkih prikaza se kao izvor podataka često koristi JSON (JavaScript Structure Objects Notification) format. Podatci se u ovom formatu često naknadno učitavaju kako bi se prikazali pomoću grafičkih prikaza (poglavlje 4.1). JSON je u ovoj ulozi potisnuo stariji XML (jezik za označavanje podataka, eng. EXtensible Markup Language), prvenstveno jer podržava definiranje i korištenje nizova podataka unutar strukture pojedinog zapisa. Osim toga JSON je lakši za

manipulaciju razvijateljima i omogućuje definicije objekata.

```
1  {
2    "ime": "Ivan",
3    "prezime": "Horvat",
4    "zaposlen": true,
5    "godine": 27,
6    "adresa": {
7      "ulica": "Duga ulica",
8      "kucnibroj": "1A",
9      "grad": "Split",
10     "postanskibroj": 21000
11  },
12  "brojevitelefona": [
13    {
14      "tip": "kućni",
15      "broj": "212 555"
16    },
17    {
18      "tip": "ured",
19      "broj": "646 567"
20    },
21    {
22      "tip": "mobilni",
23      "broj": "123 456-7890"
24    }
25  ],
26  "djeca": [],
27  "supruznik": null
28 }
```

Slika 3.21. Primjer JSON zapisa koji opisuje osobu

Kako bi se razvijateljima programskih rješenja olakšala uporaba JSON formata mnoge relacijske baze podataka podržavaju taj format:

- MySQL (verzija 11.6) JSON tip podataka pretraživ po atributima i funkcije za baratanje JSON podacima.
- MariaDB (verzija 10.2) funkcije za baratanje JSON podacima.
- PostgreSQL (verzija 9.3) tip podataka pretraživ po atributima i funkcije za baratanje JSON podacima.
- Oracle (verzija 12) JSON tip podataka pretraživ po atributima i funkcije za baratanje JSON podacima.
- SQL Server (verzija 2016) funkcije za baratanje JSON podacima.

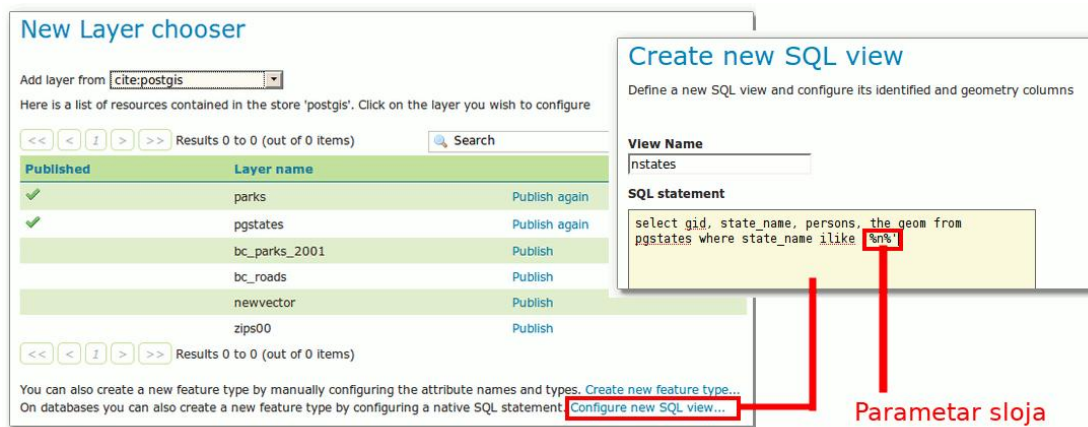
3.8. Relacijske baze i prostorni podatci

Neke od relacijskih baza podataka imaju posebne tipove podataka za pohranu i manipulaciju prostornim podacima. U tim prilagođenim strukturama se pohranjuju i informacije o projekciji i vrsta prostorne geometrije zajedno sa samim prostornim podacima. Osim samih tipova podataka implementirane su i funkcije koje omogućuju određene prostorne analize unutar same baze podataka. Kako bi upiti i analize bili efikasnije izvršavani baze omogućuju i kreiranje prostornih indeksa.

Često korištene relacijske baze sa popisom prostornih mogućnosti:

- PostgreSQL - PostGIS je dodatak bazi sa prostornim mogućnostima
 - Tipovi za različite vrste geometrija
 - Prostorne funkcije izračuna (udaljenost, površina)
 - Prostorne funkcije operacija (presjek, unija)
 - Prostorno indeksiranje
 - Podrška za rastere (PostGIS WTK Raster)
- Oracle Locator - prostorni dio Oracle baze standard edition. Osnovni GIS tipovi podataka i osnovne funkcionalnosti
 - Tipovi za različite vrste geometrija
 - Prostorne funkcije izračuna (udaljenost, površina)
 - Prostorne funkcije operacija (presjek, unija)
 - Prostorno indeksiranje
- Oracle Spatial - dodatne prostorne mogućnosti kao dio Oracle baze enterprise edition. Napredne GIS mogućnosti za posebne GIS aplikacije (dodatno uz locator)
 - Napredne transformacije koordinatnih sustava
 - Prostorne funkcije boljih performansi (brzi paralelni upiti)
 - Napredne mogućnosti particioniranja tablica i poboljšani prostorni indeksi
- MySQL - prostorni dio baze koji odgovara OpenGIS klasama. Osnovni GIS tipovi podataka i osnovne funkcionalnosti (u zadnjoj verziji iste funkcionalnosti podržava i MariaDB baza)
 - Tipovi za različite vrste geometrija
 - Prostorne funkcije izračuna (udaljenost, površina)
 - Prostorne funkcije operacija (presjek, unija)
 - Prostorno indeksiranje
- SQL Server - Microsoft relacijska baza. Osnovni GIS tipovi podataka i osnovne funkcionalnosti
 - Tipovi za različite vrste geometrija
 - Prostorne funkcije izračuna (udaljenost, površina)
 - Prostorne funkcije operacija (presjek, unija)
 - Prostorno indeksiranje

Navedene prostorne mogućnosti čine relacijske baze podataka pogodnim izvorima podataka za specijalizirane programske pakete namijenjene kreiranju dinamičkih kartografskih prikaza na mreži (poglavlje 5.3 - Geoserver, UMN MapServer, ArcGIS Server). Posebno se pri korištenju relacijskih baza kao prednost nad statičnim izvorima prostornih podataka iz datoteka izdvaja mogućnost “parametrizacije” prostornog sloja iz baze. “Parametrizacija” znači da se parametar sa korisnikova upita može lako upotrijebiti kao kriterij na osnovu kojega se može izvući podskup prostornih objekata koji sadrže željeno svojstvo.



Slika 3.22. Primjer kreiranja parametriziranog prostornog sloja iz relacijske baze podataka u Geoserveru

Primjer korištenja relacijske baze, konkretno PostgreSQL baze pri kreiranju složenog sustava za vizualizaciju prostorno-vremenskih podataka je sustav za predviđanje i praćenje tsunamija opisan u disertaciji B. Keon [40]. Korištena je PostgreSQL baza sa PostGIS prostornim dodatkom. Baza je bila instalirana na Linux poslužitelju i bila je jezgra složenog sustava za vizualizaciju na mreži rezultata numeričkog modela. Dio sustava bili su i mrežni poslužitelj (PHP i Apache), te poslužitelj za pokretanje numeričkog modela, oba također na Linuxu (RHEL 6). Daljni razvoj istog sustava sa dodatnim mogućnostima opisan je u radu [41]. Pomenut primjer je i iznimka po tome što je rezultat dostupan na Internetu na adresi <http://www.prism.oregonstate.edu/>.

4. PRIMJERI PRIKAZA PROSTORNO VREMENSKIH

PODATAKA

Prikaza prostorno vremenskih podataka na Internetu se u većini slučajeva odnosi na meteorološke podatke. Osim meteoroloških moguće je pronaći ali u daleko manjem broju i ostale okolišne podatke kao što su oceanografski ili ostali okolišni parametri povezani sa ekologijom. U literaturi se mogu pronaći različiti teoretski opisi sustava. Neki su napravljeni kroz projekte sa svrhom zaštite okoliša, kao što je sustav za praćenje i prognozu kretanja naftnih mrlja u Grčkoj. Sustav su u svome radu opisali M. Kulawiak i sur. i razvijen je u okviru MARCOAST projekta [42]. Specifičnost ovog rada je što daje usporedbu komercijalnog Esri ArcIMS sustava sa Geoserverom i OpenLayersom otvorenog koda, uz zaključak da se sa drugo navedenim postižu bolji rezultati. Drugi primjer je rad M. Hechera i sur. Vežan uz prikaz prostornih meteoroloških podataka na mreži [43]. Ovdje uz kartografske možemo pronaći i grafove koji se odnose na prikazano područje. Rad se bavi teoretskom podlogom za izradu sustava za vizualizaciju podataka na mreži. Treći primjer je rad S. Harbole i V. Coorsa koji razmatra moguće primjene mrežnih analiza i vizualizacija prostornih podataka za “pametne gradove” [44]. Kroz literaturu se mogu naći teoretske podloge, ali i korisne praktične informacije vezane za samu implementaciju raznih sustava. Jedan od problema je što je razvoj tehnologije i programa tako brz, tako da kada određeni rad izađe i postane dostupan, sustavi koje opisuje obično se više ne koriste sa tom inačicom (verzijom) programa, ili u takvom okolišu. Drugi je problem što je pristup sustavima opisanima u radovima, ako i jesu zaista implementirani obično pod autorizacijom, uz upitnu operativnost nakon nekog vremena, tako da se ne mogu analizirati sa praktične strane.

Postoji veliki broj specijaliziranih prostornih mrežnih portala za prikaz informacija o pojedinim gradovima ili područjima, ali u tim se slučajevima radi o statičnim prostornim slojevima bez vremenske komponente.

Posebna vrsta prikaza su portali koji nude usluge i servise prostornih pretraga adresa i pronalaženja ruta od jedne do druge lokacije, gdje također imamo samo prostornu komponentu. Neki od ovakvih servisa uključuju u svoje izračune i podatke o trenutnoj gustoći prometa na nekom području i uključuju ih u izračun potrebnog vremena putovanja. Ovakve komponente iako vremenski promjenjive u stvari ne dodaju vremensku komponentu iz razloga što se izračun uvijek odnosi na trenutnu situaciju i korisnik ne može mijenjati vrijeme na koje se odnosi izračun.

Prikazom nekih tipičnih i često korištenih mrežnih stranica ilustrira se primjena tehnologija opisanih u prethodnim poglavljima u praksi. Isto tako se mogu pratiti raznolika rješenja problema prikaza, od jednostavnijih, manje prilagodljivih i manje okrenutih korisniku do složenih i zahtjevnih dinamičkih prikaza.

Tamo gdje je to moguće saznati iz opisa samog servisa, ili iz uvida u sam kod stranice i korištene tehnike prikaza biti će opisano i tehničko rješenje koje se koristi

za realizaciju pojedine mrežne stranice iz primjera. Gdje nije moguće točno utvrditi pojedine tehničke komponente biti će dana pretpostavka o korištenim rješenjima i alatima.

4.1. DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod

Mrežna stranica Državni hidrometeorološkog zavoda na adresi <http://meteo.hr/> prikazuje vremensku prognozu za Hrvatsku, rezultate numeričkih modela i izmjerene podatke sa službenih meteoroloških postaja zavoda. Stranica je u kolovozu 2018. godine dobila novi izgled (redizajnirana je), tako da je sada prilagođena i za prikaz na manjim ekranima (resposivna je). Načini prikaza prostorno-vremenskih podataka nisu značajnije mijenjani. Stranica je realizirana uz upotrebu PHP jezika za kreiranje dinamičnih mrežnih stranica.

Za prikaz mjerenih podataka koristi se jedino tablični oblik bez dodatnih mogućnosti prikaza i vizualizacija podataka. Za biranje vremenske komponente koristi se niz poveznica iznad tablice koje kod prikaza ponovno učitavaju stranicu sa tablicom za željeno vrijeme mjerenja (ne koristi se učitavanje podataka u pozadini - AJAX).

Vrijeme u Hrvatskoj 05.09.2018. u 23 h

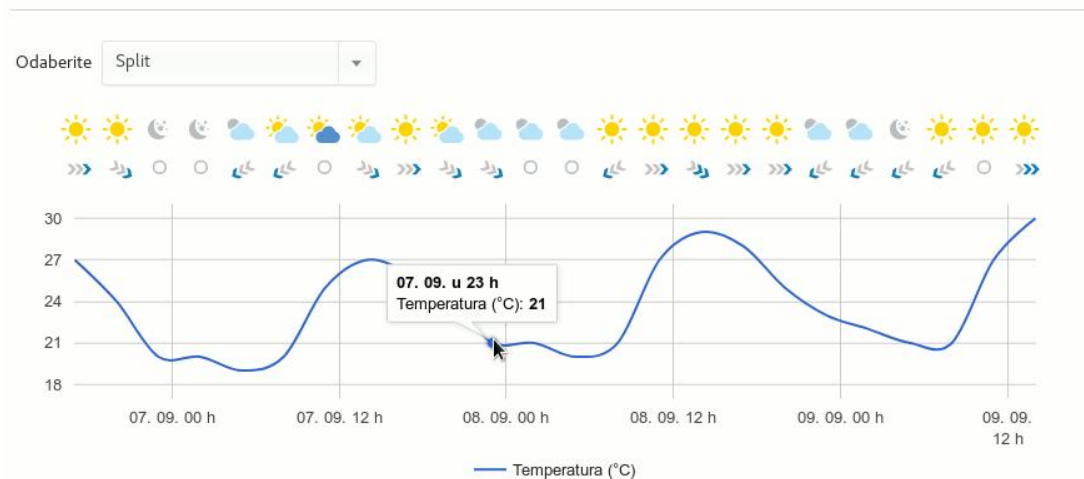


Postaja	Vjetar: smjer i brzina (m/s)	Temperatura zraka (°C)	Relativna vlažnost (%)	Tlak zraka (hPa)	Tendencija tlaka (hPa/3h)	Stanje vremena
Bilogora	NW 3.7	19.2	67	1014.7	0.0	vedro
Bjelovar	NW 0.3	16.9	93	1015.3	0.0	-
Crikvenica	NE 1.8	20.2	69	1014.8	+0.7	-
Daruvar	SW 0.2	15.7	95	1016.2	+0.1	-
Dubrovnik	NW 1.4	23.8	46	1012.4	+0.1	-
Dubrovnik-aerodrom	N 7.0	23.0	50	1012.5	+0.2	vedro
Gospić	W 0.5	14.6	92	1016.9	+0.7	-

Slika 4.1. Tablični prikaz mjerenih podataka sa stranice meteo.hr [45]

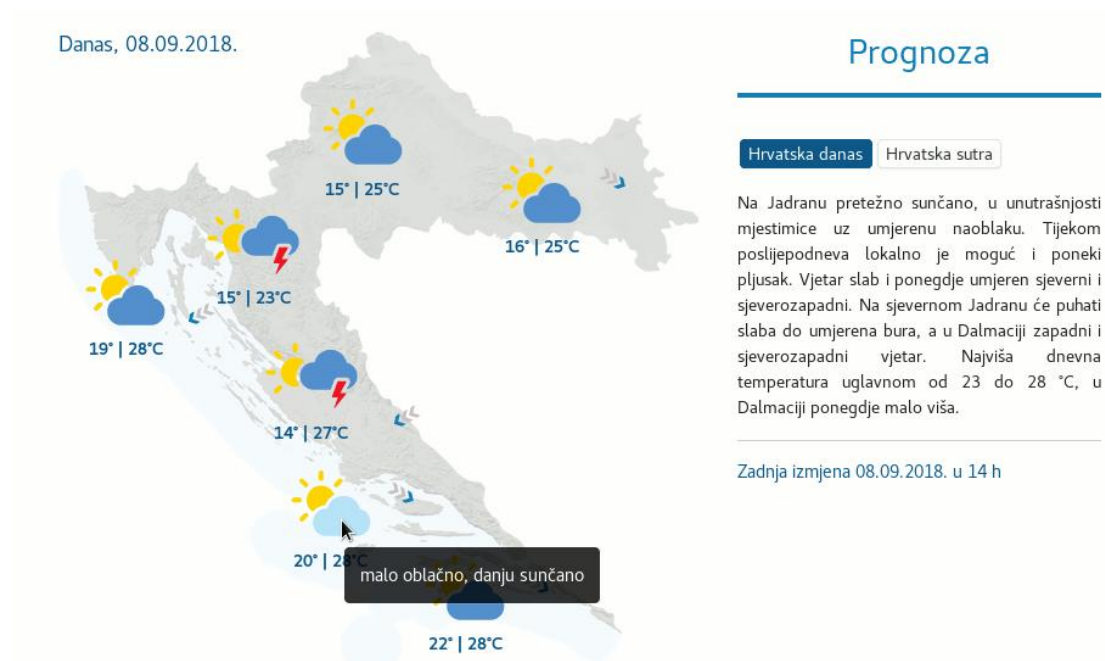
Za prikaz rezultata numeričkog modela ALADIN za određenu lokaciju kroz vrijeme se koristi grafički prikazi. Prikaz je interaktivan i realiziran pomoću Google charts JavaScript programskog paketa. Podaci za iscrtavanje grafičkog prikaza se uvijek učitavaju zajedno sa samom mrežnom stranicom (ne učitavaju se zasebno). Podatci su dani za svaka 3 sata uz posebne piktograme za vjetar i naoblaku.

ALADIN 3 dana - izravni rezultat numeričkog modela



Slika 4.2. Grafički prikaz sa stranice meteo.hr [45]

Kod prikaza prostornog rasporeda meteoroloških prilika na stranici se koriste statične slike. Za prikaz rezultata ALADIN modela slike su skroz statične bez mogućnosti ikakve interakcije. Za prikaz upozorenja koristi se karta sa mapiranim područjima koja služe kao poveznica na upozorenja za određeno područje. Za prikaz vremenskih prilika i dnevnih prognoza koristi se statična pozadinska slika preko koje su na pojedinim lokacijama prikazani manji simboli (slike) sa opisom pri prelasku pokazivača (osnovna ograničena interakcija).



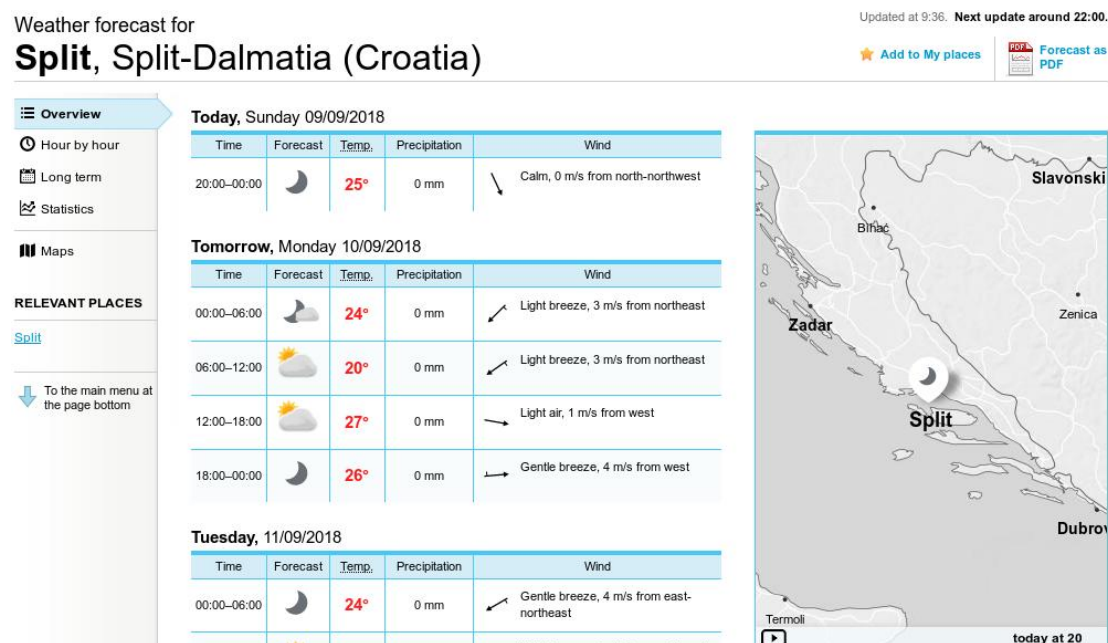
Slika 4.3. Prikaz dnevnih vremenskih prilika [45]

Po korištenim načinima prikaza mrežna stranica <http://meteo.hr/> koristi osnovne načine prikaza uz ograničene mogućnosti za interakciju od strane korisnika. Postoji prostor i za bolju optimizaciju učitavanja podataka kod prikaza (učitavanje samo podataka u pozadini bez ponovnog učitavanja cijele stranice).

4.2. Yr prognoze Norveškog meteorološkog instituta

Mrežne stranice Yr prognoze Norveškog meteorološkog instituta na adresi <https://www.yr.no/> daju vremenske prognoze za Norvešku i za cijeli svijet. Osim po poprilično točnim prognozama, stranice su poznate i po naprednijim tehnikama vizualizacija podataka, odnosno prikaza prognoza. Stranica je multijezična, i prognoze su dostupne na skandinavskim jezicima i na engleskom jeziku. Stranica nije prilagođena za male ekrane (resposivna), nego postoji zasebna mobilna verzija stranice. Stranica pruža prognoze i grafičke prikaze za oko 9 miliona lokacija iz cijelog svijeta. Meteorološki podaci su besplatno dostupni i kao mrežni servisi. Stranica je realizirana uz korištenje Microsoftove ASP.NET tehnologije otvorenog koda.

Kod osnovnog prikaza vremenske prognoze za pojedinu lokaciju prikazane su tablično vremenski organizirani podaci koji se sastoje od numeričkih podataka i simbola. Pored tablice se nalazi osnovni kartografski prikaz lokacije uz mogućnost pokretanja animacije koja prikaz mijenja od trenutnog vremena do prognoza za iduća dva dana.



Slika 4.4. Osnovni prikaz prognoze za pojedinu lokaciju na stranici yr.no [46]

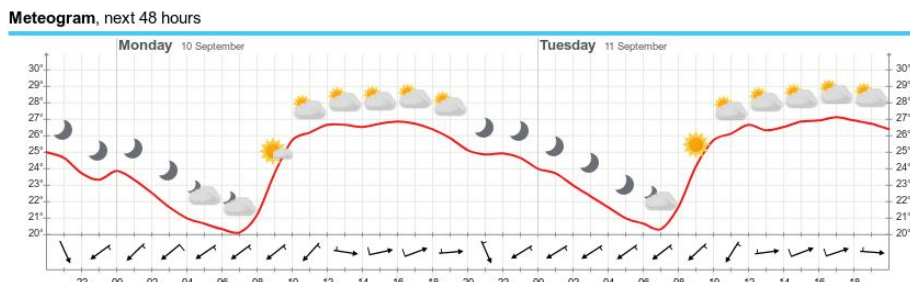
Za prikaz rezultata modela kroz vrijeme koristi se grafički prikaz koji je realiziran uz korištenje JavaScript funkcija iz vlastitog razvoja, a sastoji se od linijskog prikaza kretanja temperature uz simbole za vremenske prilike i vjetar. Prikaz nije interaktivan, nego su isti podaci ispod prikaza prikazani tablično.

Hourly forecast for Split, Split-Dalmatia (Croatia)

Updated at 9:36. Next update around 22:00.

Add to My places Forecast as PDF

- Overview
- Hour by hour**
 - Detailed
- Long term
- Statistics
- Maps
- RELEVANT PLACES
- Split
- To the main menu at the page bottom



Today and tonight, 09 September 2018

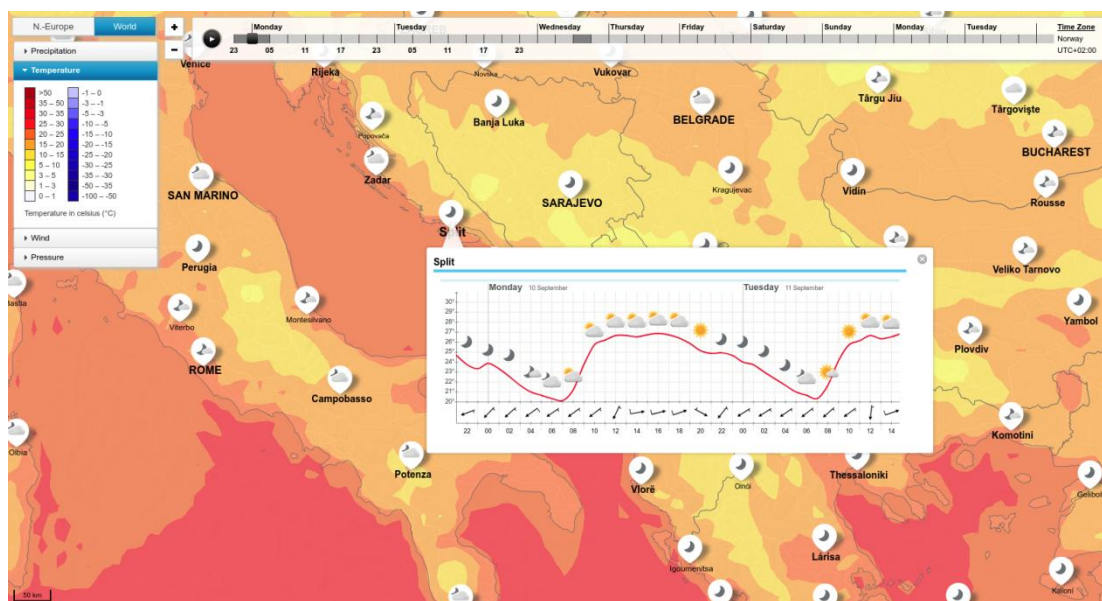
Time	Forecast	Temp.	Precip.	Wind
Sunday 20:00		25°	0 mm	Calm, 0 m/s from north-northwest
Sunday		25°	0 mm	Light air, 1 m/s from

11 September 2018

Time	Forecast	Temp.	Precip.	Wind
Tuesday 00:00		24°	0 mm	Gentle breeze, 4 m/s from east-northeast
Tuesday		24°	0 mm	Gentle breeze, 4 m/s

Slika 4.5. Grafički prikaz prognoze na stranici yr.no [46]

Kartografski prikazi na stranici su realizirani uz korištenje OpenLayers JavaScript klijentske biblioteke (verzije 2.13.1). Prikaz se sastoji od osnovnog sloja koji se sastoji od globalne karte sa političkom podjelom (državne granice) i preko toga prikazan jedan od pripremljenih slojeva za pojedine meteorološke parametre. Dostupni su slojevi koji prikazuju padaline, temperaturu zraka, vjetar: brzinu (boja) i smjer (simboli) i tlak zraka. Preko toga su prikazane oznake za dostupne lokacije koje prikazuju trenutno vrijeme i gdje se klikom miša otvara prikazno područje (oblačić) sa grafičkim prikazom prognoze. Pripremljeni slojevi za meteorološke parametre su rasterski u obliku pločica (eng. tiles). Na vrhu kartografskog prikaza je vremenska crta sa klizačem, gdje se pomakom klizača može odabrati željeno vrijeme i isto tako pokrenuti animacija koja redom učitava i prikazuje različite scene uz vremenski pomak u budućnost.



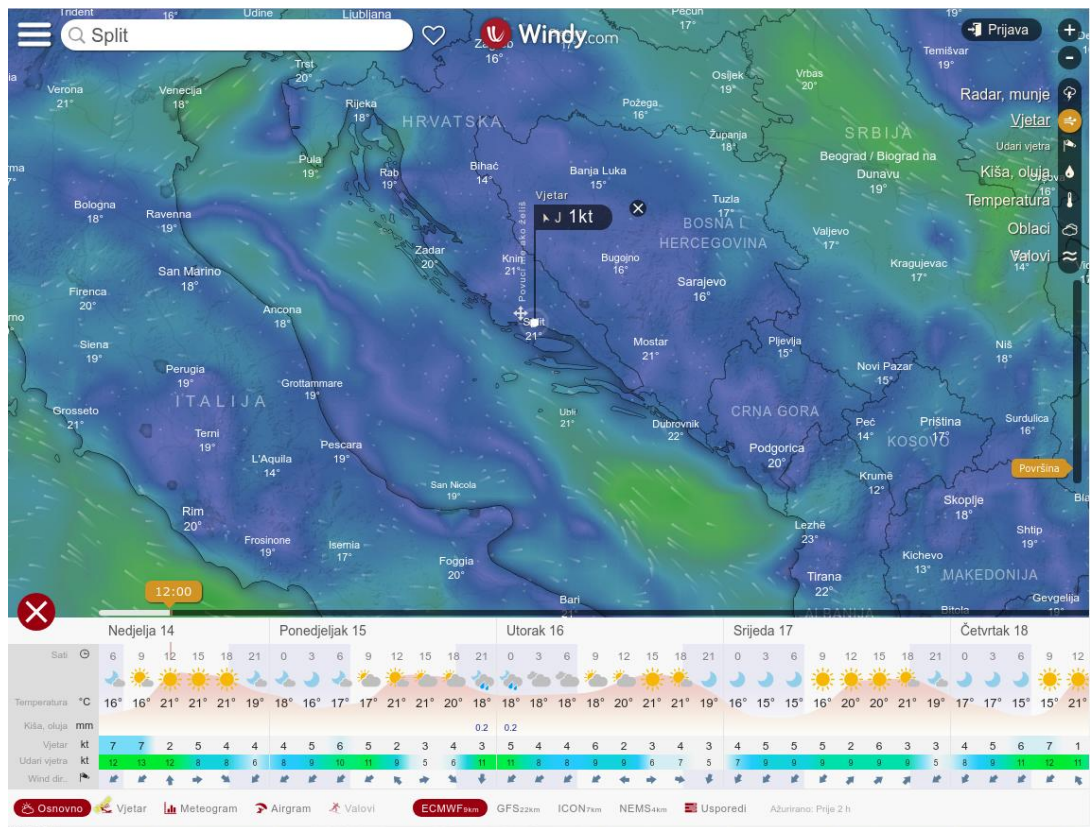
Slika 4.6. Kartografski prikaz prognoze vremena sa stranice yr.no [46]

Na mrežnoj stranici <https://www.yr.no/> osim velikog broja dostupnih lokacija, možemo pronaći i neke naprednije metode vizualizacija podataka. Najsloženiji je kartografski prikaz koji je interaktivan (korisnik može birati položaj i veličinu područja) uz klikabilne oznake lokacija. Ograničenja prikaza su da je onemogućen veći zoom (precizniji prikaz određenog područja) i da su prikazi rasponi statični i relativno grubi (jedna boja na prikazu temperature pokriva 5 °C). Ova ograničenja su razumljiva pošto su svi prikazi unaprijed pripremljeni sa serverske strane, i pružanje preciznijih prikaza za finijim rasponima zahtjevalo bi od pružatelja usluge angažiranje daleko većih računalnih resursa. Samo za područje Norveške na stranici su dostupni dodatni slojevi: meteorološki radar za padaline, UV zračenje, površinska temperatura mora, površinske morske struje, visina i smjer valova i salinitet mora. Ovi slojevi su realizirani na isti način kao i ostali globalno dostupni slojevi (unaprijed generirani rasterski).

4.3. Windy servis za prikaz vremenskih prognoza

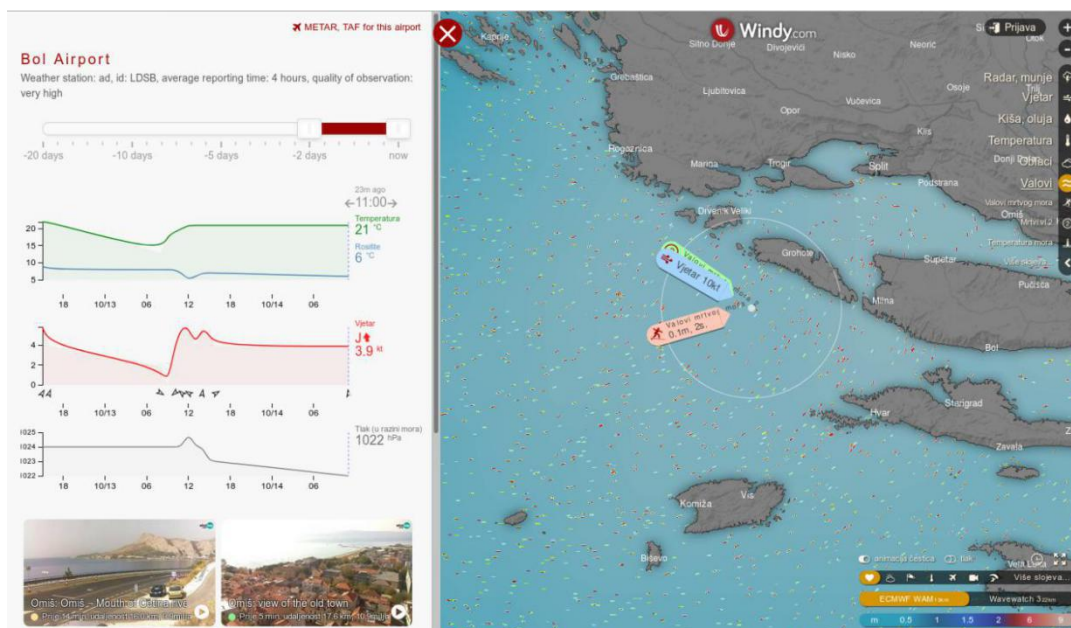
Geovizualizacija oceanografskih podataka na mreži je također moguća korištenjem “dinamičkih čestica” (eng. dynamic particles). J. Kim u svom radu opisuje njihovo korištenje pri vizualizaciji oceanografskih parametara na mreži [47]. Dinamičke čestice su dodani animirani elementi na kartografskom prikazu koji prikazuju dinamiku određenog parametra (vjetar, valovi, površinske struje). Ova animacija se realizira na mreži pomoću biblioteka otvorenog koda i standarda: HTML5, WebGL, Canvas, D3, i Leaflet. Sama ideja je potekla iz potrebe za modernijim, intuitivnijim i interaktivnijim prikazima parametara koji se tijekom vremena mijenjaju u prostoru. Jedan od servisa koji koristi ovu tehniku je i Windy. Windy je Češka tvrtka koja na mrežnoj adresi windy.com pruža globalni prikaz vremenskih prognoza. Animacije vjetra su razvijene korištenjem projekta otvorenog koda Camerona Beccaria “earth”.

Na osnovnom prikazu na karti je bojom kodirana brzina vjetra preko čega je animirano “kretanje” vjetra. Na dnu kartografskog prikaza je vremenska traka za odabir vremena prikaza. Ispod je grafički prikaz vremenske prognoze za željenu lokaciju i dodatno podaci sa obližnjih meteoroloških postaja.



Slika 4.7. Osnovni prikaz prognoze vremena sa stranice windy.com [48]

Osim osnovnog sloja koji prikazuje brzinu vjetera dostupni su i slojevi: radar/munje, kiša/oluja, temperatura, oblaci, valovi, valovi mrtvoga mora i temperatura mora. Osim kartografskih i prikaza prognoza, dostupni su grafički prikazi podataka sa mjernih postaja. Isto tako osim osnovne animacije vjetera dostupna je i animacija valova.



Slika 4.8. Prikaz valova i podataka sa mjernih postaja sa stranice windy.com [48]

Stranica windy.com je u potpunosti realizirana korištenjem JavaScript programskog jezika. Svi elementi na stranici su kreirani i nacrtani putem JavaScripta. Glavni JavaScript kod stranice je komprimiran (iz koda su izbačeni nepotrebni razmaci i prekidi linija potrebni za lakše čitanje koda), i sastoji se od gotovo dvije stotine tisuća znakova. Glavni dio koda je zaštićen autorskim pravima, ali sadrži i pojedine dijelove koda (biblioteke) drugih autora prenešene uz korištenje MIT licence. Za prikaz osnovne kartografske podloge koristi se OpenstreetMap sloj uz korištenje LeafLet biblioteke. U slučaju prikaza morskih parametara osnovni sloj je “iznad” sloja koji opisuje parametar (npr. temperatura mora), i time je elegantno riješen problem modelarskog sloja koji se u potpunosti ne poklapa sa obalnom linijom. Na stranici postoje kontrole za podešavanje prostornog prikaza, a isto tako postoje i kontrole za odabir vremena prikaza (odabir scene). Slojevi meteoroloških parametara su unaprijed pripremljeni za različite rezolucije prikaza. Zumiranje nije ograničeno, ali pri većem zumu (prikaz malog područja), više nije vidljiv sloj parametra. Karta je i interaktivna na način da se klikom na kartu dobije numerička vrijednost iz najbližeg čvora modela za prikazani parametar. Osim podataka iz modela dostupni su i podaci sa meteoroloških postaja, kao i slike sa mrežnih kamera. Podaci sa postaja se dinamički učitavaju korištenjem JSON formata, i zatim se vizualiziraju sa klijentske strane.

Stranica koristi neke od najkompleksnijih i najnaprednijih metoda vizualizacije podataka putem JavaScripta. Korisniku su dostupne mnoge opcije i kontrole. U pozadini stranice su velike količine korištenih podataka, kako iz numeričkih modela, tako i iz dostupnih meteoroloških postaja. Stranica je dobar primjer što se sve može prikazati korištenjem javno dostupnih podataka. Nedostatak je taj što stranica zahtjeva određeno vrijeme navikavanja korisnika i učenje korištenja svih dostupnih kontrola. Stranica je isključivo prognostički orjentirana, odnosno nije moguće birati vrijeme izvan trenutnog dana i dostupnih prognoza (idućih pet dana). Za mjerne postaje dostupni su podaci za prethodnih 20 dana do trenutnog dana. Nije moguće grafički ili numerički usporediti prognozirane i mjerene vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Prikaz prostorno vremenskih podataka uključuje dodavanje vremenske komponente prostornoj na više različitih načina. U mrežnom okruženju za to postići potrebno je koristiti čitav niz različitih metoda i tehnologija. Navedeno područje je vrlo usko specijalizirano i razvija se samo unazad deset do petnaest godina. Razvoj je kontinuiran i neprestano se pojavljuju nove mrežne stranice i servisi koji koriste sve naprednije metode prikaza. Svakako treba razdvojiti kartografske prikaze na mreži (mrežni GIS) od samih grafičkih prikaza podataka i prikaza vremenskih nizova podataka. Mrežni GIS ima puno više implementacija i brži razvoj od mrežnih kartografskih prikaza koji uključuju i vremensku komponentu. Veliku većinu podataka koji se prikazuju i sadrže i prostornu i vremensku komponentu su okolišni podaci odnosno mjerenja svojstva okoliša. Rastuća potreba za zaštitom okoliša dovodi do sve veće potrebe za raznim kontinuiranim mjerenjima i istraživanjima, što u konačnici dovodi do potrebe prikaza i prezentacije takvih podataka na mreži.

Problem prikaza prostorno vremenskih podataka je širi od samog prikaza na mreži. U literaturi se mogu pronaći opisi modela i načina vizualizacija za različita područja kao što je na primjer tradicionalno ekološko iskustvo i znanje čiju vizualizaciju opisuju K. Mackenzie i sur. u svome radu [49]. U ovakvim slučajevima se predlažu metode i postupci bez praktične realizacije istih.

U ovom radu su navedeni i opisani različiti postupci i metode za prikaz prostorno vremenskih podataka na mreži, kao i neki od alata nužnih za realizaciju samih prikaza. Prikazi mogu biti jednostavni koji uključuju podatke, kreiranje statičnih slika i objavu na mreži, do vrlo složenih koji uključuju relacijske baze podataka, asinkron prijenos podataka u pozadini i razne implementacije mrežnih prostornih servisa.

Za svako od područja navedeni su najčešće korišteni alati i programske podrške, njihovi razvijatelji i sve je ilustrirano primjerom prikaza na mrežnim stranicama. Na kraju su navedeni primjeri koji sintezom opisanih područja pokazuju implementaciju vremensko prostornih podataka na mreži.

Iako za svako pojedino područje korištenih tehnologija postoje opširni izvori literature (GIS, mrežni GIS, relacijske baze, mrežni servisi i protokoli), za konkretne primjene svih njih zajedno na prostorno vremenskim mrežnim prikazima dostupno je relativno malo izvora u literaturi. Radi se uglavnom o komercijalnim rješenjima ili o servisima institucija i agencija koji nisu posebno opisani u znanstvenoj literaturi. S druge strane u literaturi možemo pronaći korisne prijedloge i opise metoda i postupaka, ali često bez primjera realizacije u praksi. Za potrebe objavljivana rada određeni setovi podataka se i vizualiziraju, ali samo u nekim rjeđim slučajevima se mogu pronaći opisi konkretno korištenih metoda i eventualno dostupna mrežna stranica.

Područje koje opisuje ovaj rad uz evidentan napredak tehnologije koji je i omogućio postojanje ove problematike, ima veliki prostor za daljnja unaprjeđenja. Nakon razvoja statičnih prikaza koji se koriste za tiskane medije, da bi nakon toga bili

kao takvi prenešeni i na mrežne prikaze, potrebno je dodatno razviti metode i načine prikaza koji uključuju interakciju korisnika. Metode prikaza i preklapanja prostornih slojeva na mreži pokazuju značajan napredak, kao i interaktivni grafički prikazi podataka. Ove dvije vrste prikaza potrebno je na jednostavan i za korisnika razumljiv način “spojiti” (prostornu i vremensku komponentu). Time bi omogućili brz i jednostavan uvid u prikazane prostorne podatke i njihove promjene kroz vrijeme.

Daljni rad i istraživanja uključuju potragu za jednostavnom i učinkovitom interakcijom između prostornih i vremenskih prikaza, ali i konkretnom implementacijom iste. Povezivanjem i proširenjem raznih alata za prostorni i grafički prikaz, uz korištenje objektnog programiranja i JavaScript programskog jezika pokušati će se razviti složen, ali za korisnika lako razumljiv sustav prikaza podataka. Osim prostornih prikaza temeljenih na JavaScriptu, pokušati će se i integracija sa poslužiteljskim rješenjima za mrežni GIS, poglavito Geoserverom.

6. LITERATURA

- [1] A. Babu, S. Reddy, S. Agarwal, "An effective approach for Vizualizing Big Data", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET), kolovoz 2016., str. 77-81
- [2] E. Olshannikova, A. Ometov, Y. Koucheryavy, (2014). Towards Big Data Visualization for Augmented Reality. Proceedings - 16th IEEE Conference on Business Informatics, CBI 2014. 2. 33-37. 10.1109/CBI.2014.42.
- [3] S. Few, "Selecting the Right Graph for your Message", Perceptual Edge, rujan 2004.
- [4] S. Das, "Time Series Analysis", Economic Research Unit; Indian Statistical Institute; Kolkata-700108, Presentacija, 1994.
- [5] M. Miletić Drder, Kartografska građa u kontekstu kulturne baštine, Vjesnik bibliotekara Hrvatske 56, 4 (2013)
- [6] Maček V., Lipovšček B. Primjena geografskog informacijskog sustava na informacijske sustave društveno političke zajednice, Geografski informacijski sustavi, zbornik radova, 1993.
- [7] B. Hibbard, "The top five problems that motivated my work [data visualisation]", IEEE Computer Graphics and Applications (Volume: 24 , Issue: 6 , Nov.-Dec. 2004)
- [8] Harvey J. Miller, A Measurement Theory for Time Geography, Geographical Analysis, 21 December 2004
- [9] H. Couclelis, "Rethinking time geography in the information age", Environment and Planning A 2009, volume 41, pages 1556 ^ 1575
- [10] N. Andrienko, G. Andrienko, and P. Gatalisky, "Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review" Journal of Visual Languages & Computing, vol. 14, no. 6, pp. 503–541, 2003.
- [11] P. Gatalisky, N. Andrienko, and G. Andrienko, "Interactive analysis of event data using space-time cube" in Proceedings. Eighth International Conference on Information Visualisation, srpanj 2004, pp. 145 – 152.

- [12] G. Andrienko, N. Andrienko, M. Mladenov, M. Mock, and C. Politz, "Identifying place histories from activity traces with an eye to parameter impact" IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 18, no. 5, pp. 675–688, svibanj 2012.
- [13] Shrestha, Ayush, "Visualizing Spatio-Temporal data." Disertacija, Georgia State University, prosinac 2014., https://scholarworks.gsu.edu/cs_diss/92
- [14] Mareografska postaja Split, mrežna stranica, <http://www.hhi.hr/tide/index/ST>, 15. veljače 2018.
- [15] DHMZ Prognoza za Hrvatsku - danas, mrežna stranica, http://prognoza.hr/prognoze.php?id=hrdanas_n, 15. veljače 2018.
- [16] Preglednik Chrome verzija 64, prikaz mrežnog prometa pri učitavanju stranice, stranica http://prognoza.hr/prognoze.php?id=hrdanas_n, 23. veljače 2018.
- [17] B. Mao, Z. Wu and J. Cao, "A framework for online spatio-temporal data visualization based on HTML5", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B2, 2012, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia
- [18] Alimadadi, S., Sequeira, S., Mesbah, A., & Pattabiraman, K. (2014, May). Understanding JavaScript event-based interactions. In Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (pp. 367-377). ACM.
- [19] Meteo-info, Split sljedeća 3 dana, mrežna stranica, <http://www.meteo-info.hr/grad/split>, 15. veljače 2018.
- [20] Tražilica Google, mrežna stranica, <https://www.google.com/search?q=split+weather>, 23. veljače 2018.
- [21] Jesse James Garrett, Ajax: A New Approach to Web Applications, adaptive path, February 18, 2005
- [22] Programmable web: deset najboljih kartografskih biblioteka, mrežna stranica, <https://www.programmableweb.com/news/top-10-mapping-apis-google-maps-microsoft-bing-maps-and-mapquest/analysis/2015/02/23>, 24. veljače 2018.
- [23] Meteo-info, vedra strana prognoze, mrežna stranica, <http://www.meteo-info.hr/> 24. ožujka 2018.

- [24] Msn weather, mrežna stranica,
<https://www.msn.com/en-ie/weather/today/splitsplit-dalmatiacroatia/we-city?q=split-split-dalmatia&form=PRWLAS&iso=HR&el=r595tV9d19G%2fb61aHGEhAg%3d%3d>, 24. ožujka 2018.
- [25] SeaDataNet products - Ocean Browser, mrežna stranica,
<http://sdn.oceanbrowser.net/web-vis/>, 24. ožujka 2018.
- [26] OpenWeatherMap, mrežna stranica,
<http://openweathermap.org/weathermap?basemap=map&cities=true&layer=temperature&lat=43.6718&lon=14.7162&zoom=8>, 24. ožujka 2018.
- [27] H. Sequeira, Spatio-Temporal Visualizer: Online tool to visualize trajectory data using a time-window
- [28] H. Xiong, L. Chen, Z. Gui, A Web-based Platform for Visualizing Spatiotemporal Dynamics of Big Taxi Data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W7, 2017, ISPRS Geospatial Week 2017, 18–22 September 2017, Wuhan, China
- [29] ISO/DIS 19142 and OGC 04-094, OpenGIS® Web Feature Service 2.0 Interface Standard (2010-11-02)
- [30] H. Klug and A. Kmoch, A SMART groundwater portal: An OGC web services orchestration framework for hydrology to improve data access and visualisation in New Zealand, Computers & Geosciences 69 (2014)
- [31] Stefano Iacovella, GeoServer Cookbook, knjiga, Packt Publishing Ltd. 2014.
- [32] Kommana, Karteek, Implementation of a Geoserver Applicatoin For GIS Data Distribution and Manipulation, 2013, Master's thesis, Physical Geography and Quaternary Geology
- [33] J. Ružička, Comparing speed of Web Map Service with GeoServer on ESRI Shapefile and PostGIS, Geoinformatics FCE CTU, Vol 15, No 1 (2016)
- [34] R. Vatsavai, S. Thomas E. Lime, UMN-MapServer: A High-Performance, Interoperable, and Open Source Web Mapping and Geo-spatial Analysis System, International Conference on Geographic Information Science, 2006.
- [35] David J. Maguire, ArcGIS: General Purpose GIS Software System, Springer, Encyclopedia of GIS, 2008 edition

- [36] Law, D. (2013). ArcGIS for Server 101. ArcUser Spring 2013.
- [37] H. Yawen, S. Fenzhen, D. Yunyan, X. Rulin, Web-based spatiotemporal visualization of marine environment data*, Chinese Journal of Oceanology and Limnology Vol. 28 No. 5, P. 1086-1094, 2010
- [38] K. Yank, Build your own database driven web site using PHP & MYSQL, knjiga, SitePoint, četvrto izdanje
- [39] D. Gault, Beginning Oracle Application Express 5, knjiga, apress, 2015., ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-0467-2
- [40] B. Keon, Automated Web-based Analysis and Visualization of Spatiotemporal Data, A DISSERTATION, Oregon State University (2012)
- [41] D. Keon, B. Steinberg, H. Yeh, C. M. Pancake & D. Wright (2014) Web-based spatiotemporal simulation modeling and visualization of tsunami inundation and potential human response, International Journal of Geographical Information Science, 28:5, 987-1009
- [42] M. Kulawiak, A. Prospathopoulos, L. Perivoliotis, M. Łuba, S. Kioroglou, A. Stepnowski, Interactive visualization of marine pollution monitoring and forecasting data via a Web-based GIS, Computers & Geosciences 36 (2010)
- [43] M. Hecher, C. Traxler, G. Hesina, A. Fuhrmann and D. Fellner, Web-based Visualization Platform for Geospatial Data, 6th International Conference on Information Visualization Theory and Applications, IVAPP 2015. Proceedings : Berlin, Germany, 11 - 14 March 2015;
- [44] S. Harbola, V. Coors, Geo-Visualisation and Visual Analytics for Smart Cities: A Survey, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W11, 2018, 3rd International Conference on Smart Data and Smart Cities, 4–5 October 2018, Delft, The Netherlands
- [45] Mrežna stranica DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod, <http://meteo.hr/>, 6. rujan 2018.
- [46] Mrežna stranica Yr prognoze Norveškog meteorološkog instituta <https://www.yr.no/place/Croatia/Split-Dalmatia/Split/>, 9. rujan 2018.
- [47] Jinah Kim, Web-based Geovisualization System of Oceanographic Information using Dynamic particles and HTML5, Journal of Coastal Research, 2018.

- [48] Mrežna stranica windy.com, prikazi lokacije, valova i podataka sa mjerne postaje
<https://www.windy.com/43.512/16.440?42.597,16.440,7>, 14. listopada 2018.
- [49] K. Mackenzie, W. Siabato, F. Reitsma1, C. Claramunt, Spatio-temporal
Visualisation and Data Exploration of Traditional Ecological
Knowledge/Indigenous Knowledge, Conservation and Society 15 (2017)

7. POPIS OZNAKA I KRATICA

AJAX	Metoda asinkronog dohvata podataka unutar mrežnih stranica (Asynchronous JavaScript And XML)
API	Aplikacijsko programsko sučelje (Application Programming Interface)
BSD	Berkeley Software Distribution
CGI	Sučelje za pokretanje programa na serveru (Common Gateway Interface)
GIF	Grafički format namjenjen pohrani slika bez gubitaka (Graphic Interchange Format)
GIS	Geografski informacijski sustav
HTML	Prezentacijski jezik za izradu mrežnih stranica (HyperText Markup Language)
HTTP	Protokol za prijenos podataka na mreži (Hyper Text Transfer Protocol)
JavaScript	Skriptni programski jezik koji se izvršava u mrežnom pregledniku
JPEG	Komprimirani slikovni format s gubicima (Joint Photographic Experts Group)
JSON	Zapisivanje objekata u JavaScriptu (JavaScript Object Notation)
KML	XML notacija za prostorne podatke (Keyhole Markup Language)
OGC	Međunarodno udruženje za razvoj otvorenih geoprostornih standarada (Open Geospatial Consortium)
OSGeo	Neprofitna organizacija za suradnju u razvoju geoprostornog slobodnog softvera otvorenog koda (Open Source Geospatial Foundation)
PDF	Format zapisa dokumenata (Portable Document Format)
PNG	Otvoreni grafički format namjenjen pohrani slika bez gubitaka (Portable Network Graphics)
SDK	Skup programskih alata za kreiranje aplikacija (Software Development Kit)
SLD	Opis stilova za prikaz prostornog sloja (Styled Layer Descriptor)
SQL	Računalni jezik za rad sa relacijskim bazama podataka (Structured Query Language)
TIFF	Grafički format namjenjen pohrani slika (Tagged Image File Format)
URL	Mrežna adresa - usklađeni ili jedinstveni lokator sadržaja (Uniform Resource Locator)
WCS	Mrežni servis pokrivenosti (Web Coverage Service)
WFS	Mrežni servis svojstava (Web Feature Service)
WMS	Mrežni servis karte (Web Map Service)
XML	Jezik za označavanje podataka (EXtensible Markup Language)

8. SAŽETAK

U ovom radu dan je pregled načina prikaza na mreži prostorno-vremenskih podataka. Kroz primjere pojedinih načina prikaza opisane su i osnovne metode, kao i korišteni alati i programska podrška.

Prikazane metode i primjeri su navedeni tako da su prvo opisane najjednostavnije metode prikaza kroz statične predgenerirane slike, preko nešto naprednijih pa sve do najsloženijih vrsta prikaza putem dinamičkih mrežnih stranica gotovo u cijelosti realiziranih u JavaScriptu.

Opisane metode prikaza podataka možemo podijeliti na metode prikaza vremenski promjenjivih podataka gdje imamo razne metode kreiranja grafičkih prikaza na mrežnim stranicama, metode prikaza prostornih podataka - mrežni GIS i na kraju primjeri prikaza gdje imamo kombinacije ova dva načina prikaza podataka.

Uz same metode prikaza navedeni su i osnovni standardi i tehnologije potrebni za realizaciju mrežnih stranica sa prostorno-vremenskim prikazima kao što su programske podrške i standardi za mrežni GIS, formati i načini dohvata podataka unutar mrežnih stranica (JSON i AJAX), te relacijske baze podataka.

Uz postojeće primjere mrežnih prikaza date su i reference iz dostupne literature kao opća teoretska podloga, kao prikaz metoda vizualizacija, i kao primjer primjene sa ciljem kreiranja mrežnih prikaza.

Cilj ovog rada je dati uvid u trenutno korištene metode i načine prikaza na mreži specifičnih prostornih podataka promjenjivih u vremenu kao što su podaci koji opisuju okoliš (meteorološki, oceanografski i ekološki podaci).