

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 3900

Simulacija meteoroloških uvjeta u virtualnoj sceni

Branimir Klarić

Zagreb, lipanj 2015.

Zagreb, 6. ožujka 2015.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3900

Pristupnik: **Branimir Klarić (0036474895)**
Studij: Računarstvo
Modul: Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi

Zadatak: **Simulacija meteoroloških uvjeta u virtualnoj sceni**

Opis zadatka:

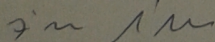
Proučiti razvojni okvir Three.js koji omogućava lakšu uporabu tehnologije WebGL-a. Proučiti tehnike računalne grafike i animacije koje omogućuju simuliranje određenih vremenskih uvjeta u zadanoj sceni. Načiniti programsku aplikaciju koja koristi navedene tehnologije a omogućuje generiranje scene temeljem zadanih meteoroloških parametara. Načiniti ocjenu ostvarenih rezultata.

Izraditi odgovarajući programski proizvod. Rezultate rada načiniti dostupne putem Interneta. Radu priložiti algoritme, izvorne kodove i rezultate uz potrebna objašnjenja i dokumentaciju. Citirati korištenu literaturu i navesti dobivenu pomoć.

Zadatak uručen pristupniku: 13. ožujka 2015.

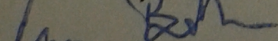
Rok za predaju rada: 12. lipnja 2015.

Mentor:



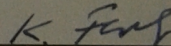
Prof. dr. sc. Željka Mihajlović

Ocjelovoda:



Doc. dr. sc. Ivica Botički

Predsjednik odbora za
završni rad modula:



Prof. dr. sc. Krešimir Fertalj

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Svojstva i vizualizacija meteoroloških čimbenika	2
2.1. Temperatura zraka	2
2.2. Relativna vlažnost zraka	2
2.3. Tlak zraka	3
2.4. Brzina vjetra	4
2.5. Smjer vjetra	5
2.6. Oblačnost	5
2.7. Osunčanost	6
2.8. Padaline	6
2.9. Vidljivost	7
3. Programska implementacija	8
3.1. Radna okolina	8
3.2. Meteorološki podaci	9
3.3. Baza podataka	10
3.4. Grafičko sučelje	10
3.5. Virtualna scena	12
3.6. Grafovi	14
3.7. Korištenje aplikacije	14
4. Zaključak	16
Literatura	17

1. Uvod

Vizualizacija podataka je prikazivanje podataka u slikovnom ili grafičkom formatu, a mnogi ju smatraju modernim ekvivalentom vizualne komunikacije. Zbog načina na koji ljudski mozak prima i obrađuje informacije, učinkovitije se i brže shvaća značenje i povezanost određenih podataka kada su prikazani u obliku grafa ili u nekom drugom grafičkom obliku. Na taj način vizualizacija pomaže ljudima da vide stvari koje nisu odmah očite. To mogu biti razne uzročno-posljedične veze među varijablama i skupovima podataka, trendovi koje neke varijable prate, ponavljajuće uzorke i slično. Zbog svih ovih značajki vizualizacija podataka omogućava bolje i informiranije donošenje odluka te smanjivanje rizika.

Meteorologija je interdisciplinarno proučavanje atmosfere i temelji se na preciznom mjerenju i proučavanju prirodnih pojava. Meteorologija svojim saznanjima utječe na mnoge grane ljudske djelatnosti, kao što su poljoprivreda, zrakoplovstvo, moreplovstvo i turizam. Upravo je jedna od najbitnijih zadaća meteorologije izrada vremenske prognoze. Vremenska je prognoza predviđanje vremenskih uvjeta nekoga područja. Stvaranje vremenske prognoze zahtjeva složenu obradu velike količine podataka, a sam rezultat obrade također može sadržavati veliki broj zapisa. Iz tog je razloga pri izradi i pregledavanju meteoroloških podataka i prognoze, pogodno koristiti razne metode vizualizacije podataka.

Cilj je ovoga rada pomoću odabranih tehnologija istražiti mogućnosti vizualizacije meteoroloških podataka te njihovo lakše shvaćanje i interpretaciju. Istražit će se trodimenzionalni prikaz u virtualnoj sceni te dvodimenzionalni prikaz u obliku raznih grafova. Rezultat rada trebala bi biti aplikacija koja što detaljnije vizualizira dane skupove podataka.

2. Svojstva i vizualizacija meteoroloških čimbenika

U ovom su poglavlju opisani meteorološki čimbenici, načini na koji se mogu vizualizirati te koji je način vizualizacije odabran u ovom radu za pojedini čimbenik.

2.1. Temperatura zraka

Temperatura je fizikalna veličina kojom se izražava toplinsko stanje neke tvari. Za mjerenje temperature postoji više ljestvica i mjernih jedinica od kojih su najčešće korištene Celzij ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) i Kelvin (K). Na slici 2.1 se može vidjeti primjer termometra, naprave za mjerenje temperature zraka. Sam osjećaj temperature i mogućnost njezinog mjerenja proizlazi iz kretanja atoma i molekula na mikroskopskoj razini. Zbog te činjenice i činjenice da je zrak prozirna smjesa plinova, dolazimo do zaključka da je vizualizacija temperature zraka na makroskopskoj razini praktički nemoguća.

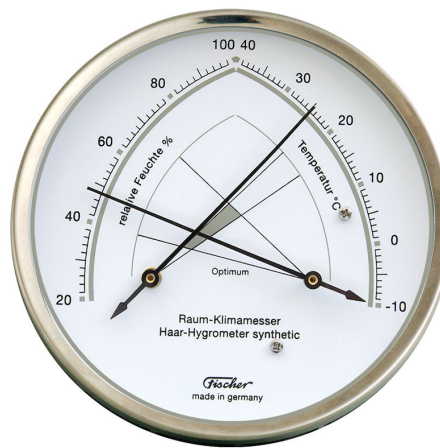
Podatci se o temperaturi zraka ipak mogu jasnije prikazati, na način da iscrtamo graf koji prikazuje promjenu temperature kroz određeno vremensko razdoblje ili da prikazemo trenutnu vrijednost temperature crtanjem termometra, čime se bolje može vidjeti odnos trenutne, ali i drugih temperatura (npr. nula Celzijevih stupnjeva). U ovom je radu odabran prikaz temperature iscrtavanjem grafa radi bolje preglednosti te mogućnosti iscrtavanja skupa temperatura za određeno razdoblje.

2.2. Relativna vlažnost zraka

Vlažnost zraka je količina vodene pare u zraku, koja je kao i zrak prozirna. Postoje tri glavne mjere za vlažnost zraka: apsolutna, specifična i relativna. Apsolutna vlažnost je ukupna masa vodene pare prisutne u zraku. Specifična vlažnost je omjer mase vodene pare i ukupne mase zraka. Relativna vlažnost zraka je omjer parcijalnoga tlaka

vodene pare i parcijalnoga tlaka zasićenja vodene pare na trenutnoj temperaturi te se izražava u postotcima. Jedan od razloga zašto se baš relativna vlažnost zraka koristi u meteorologiji, ja taj što pomaže odrediti vjerojatnost nastanka magle i rose. Drugi je razlog taj što porast relativne vlažnosti pojačava dojam temperature kod ljudi na način da sprječava isparavanje znoja. Na slici 2.1 se može vidjeti primjer higroskopa, naprave za mjerenje relativne vlažnosti zraka. Na napravi je također označen najugodniji raspon temperature i vlažnosti zraka.

Iz navedenog se može zaključiti, da vlažnost zraka možemo vizualizirati kao pojavu rose i magle. No problem je što se rosa obično može opaziti ujutro i navečer, dok se za maglu koristi mjera vidljivosti. Stoga je kao i za temperaturu zraka odlučeno koristiti pregledniji prikaz relativne vlažnosti iscrtavanjem grafa.



Slika 2.1: Naprava koja služi kao termometar i higrometar

2.3. Tlak zraka

Atmosferski tlak ili tlak zraka je tlak koji vrši težina zraka u atmosferi. U većini je slučajeva tlak zraka približan vrijednosti hidrostatskoga tlaka, koji uzrokuje težina zraka iznad točke mjerenja. Vrijednost se izražava u paskalima (Pa), milimetrima stupca žive (mmHg) i nekim drugim jedinicama. Na slici 2.2 se može vidjeti primjer barometra, naprave za mjerenje tlaka. U meteorologiji se promatraju područja visokoga i niskoga tlaka (tzv. anticiklona i ciklona), jer ta područja pridonose lokalnoj promijeni vremena, pri čemu se anticiklona veže uz sunčano vrijeme i veće varijacije u temperaturi između dana i noći, dok se ciklona veže uz oblačno vrijeme uz oborine i manje varijacije u temperaturi.

Obzirom da je tlak zraka posredni čimbenik u meteorologiji koji utječe na druge meteorološke pojave, ne postoji način da ga vizualiziramo kao prirodnu pojavu. Jedan od načina njegove vizualizacije je iscrtavanje baždarenoga barometra, što bi bilo ekvivalentno vizualiziranju temperature termometrom. No ipak je odlučeno vizualizirati ga kao i temperaturu, iscrtavanjem grafa.



Slika 2.2: Barometar

2.4. Brzina vjetra

Vjetar je strujanje zraka uzrokovano razlikom u tlaku, gdje se zrak iz područja višega tlaka kreće u područje nižega tlaka. Brzina se strujanja vjetra izražava u standardnim SI jedinicama za brzinu i čvorovima, a mjeri se anemometrom. Primjer anemometra s čašicama se može vidjeti na slici 2.3. U meteorologiji se vjetrovi često kategoriziraju prema njihovoj snazi pa tako možemo pričati o povjetarcima, naletima vjetra te olujnim vjetrovima.

Vjetar svojim strujanjem može pomicati objekte oko kojih struji te ga možemo putem tih objekata vizualizirati. Neki su od tih objekata grane drveta koje se njišu usred naleta vjetra, zastava koja se vijori i anemometar. Ako se u zraku nalaze čestice koje su oku vidljive, možemo ga vizualizirati i kao kretanje tih čestica. Upravo je taj pristup korišten u ovom radu, gdje se vjetar vizualizira kao kretanje oblaka, pri čemu brzina kretanja oblaka ovisi o brzini vjetra.

2.5. Smjer vjetra

Osim po snazi, vjetar se može kategorizirati i po svom smjeru koji označava smjer iz kojega vjetar puše. Smjer se vjetra obično izražava u stupnjevima azimuta ili stranama svijeta, a mjeri se vjetrokazom. Na slici 2.3 se može vidjeti primjer vjetrokaza.

Vizualizaciju vjetra, kao kretanje oblaka može se nadopuniti tako da se odredi i smjer u kojem će se oblaci kretati.



Slika 2.3: Anemometar i vjetrokaz

2.6. Oblačnost

Oblak je vidljiva masa tekućih kapljica ili smrznutih kristala načinjenih od vode ili drugih spojeva koji se nalaze u atmosferi. Postoje razne vrste oblaka koje se kategoriziraju prema visini na kojoj nastaju te strukturi. Oblačnost je mjera prekrivenosti neba oblacima promatrano s određene lokacije. Uobičajena mjera za oblačnost je okta, koja se izražava na skali od 9 ili 10 stupnjeva.

Moguće je stoga oblačnost vizualizirati tako da prekrivenost neba bude razmjerna različitim vrijednostima oblačnosti. Nebo se pri tome uobičajeno modelira putem kocke, sfere ili nekoga drugoga objekta unutar kojega se nalaze svi ostali objekti u sceni. Podaci o oblačnosti ne govore o tome koji se točno tipovi oblaka nalaze na nebu te kakav je razmještaj tih oblaka. Zbog toga se uzima pretpostavka da su oblaci za vrijeme veće oblačnosti tamniji zbog manjega prodora sunčevoga svjetla i zbog toga što je količina padalina u korelaciji s oblačnosti. Sam je izgled neba u ovom radu ostvaren lijepljenjem gotovih tekstura, a jedna od alternativa je dinamičko stvaranje teksture čime se za istu oblačnost može dobiti više različitih tekstura.

2.7. Osunčanost

Osunčanost ili insolacija je ukupna količina sunčeve energije primljene na određenoj površini u nekom vremenskom razdoblju, a mjeri se heliografom. Preporučene mjerne jedinice su megadžul po kvadratnom metru (MJ/m^2) i džul po kvadratnom milimetru (J/mm^2), no koriste se i mnoge druge. Osunčanost ovisi o zemljopisnoj širini zbog različitih kuteva pod kojim padaju sunčeve zrake i o trenutnoj oblačnosti koja reflektira ili upija sunčeve zrake te ih sprječava da dopru do tla. Osunčanost se također mijenja tijekom dana ovisno o položaju sunca, dok položaj sunca opet ovisi o godišnjem dobu i dobu dana.

Stoga je pogodno osunčanost vizualizirati osvjetljavanjem usmjerenim svjetlom iz različitih smjerova, ovisno o dobu dana i godišnjem dobu te različitim intenzitetom, ovisno o oblačnosti i dobu dana. Također se pri osvjetljavanju može koristiti i ambijentno svjetlo u slučaju da usmjerenoga svjetla nema ili je zaklonjeno.



Slika 2.4: Heliograf

2.8. Padaline

Padaline su bilo koji produkt kondenzirane vodene pare u zraku koja pada pod utjecajem gravitacije. Neki od glavnih oblika padalina su kiša, snijeg i tuča. Padaline se pojavljuju kada se atmosfera zasiti vodenom parom koja tada kondenzira, ovisno o temperaturi prelazi u jedan od mogućih oblika te nakon toga pada na tlo. Iz toga razloga magla nije padalina, jer se vodena para koja čini maglu ne kondenzira dovoljno da bi pala.

Padaline se dakle relativno jednostavno mogu vizualizirati kao skupina kapljica ili

drugih čestica koje u različitim količinama i različitom brzinom padaju na tlo. Smjer samoga pada padalina može ovisiti o jačini vjetra.

2.9. Vidljivost

Vidljivost je mjera udaljenosti na kojoj se objekt ili svjetlo može jasno razaznati. Meteorološka se vidljivost odnosi na prozirnost zraka, odnosno je za jednaki zrak ista danju i noću. Na slici 2.5 se može vidjeti primjer uređaja za mjerenje vidljivosti. Glavni je uzrok smanjene vidljivosti magla. Magla je vidljiva masa kapljica vode i kristala leda koji lebde u zraku u blizini tla. Magla se može kategorizirati po smanjenju vidljivosti koje uzrokuje pa tako prava magla smanjuje vidljivost na manje od jednoga kilometra, dok je u izmaglici i drugim oblicima vidljivost veća.

Stoga se vidljivost, odnosno magla, može jasno vizualizirati kao postupno smanjivanje vidljivosti objekata ili mogućnosti njihovoga raspoznavanja, ovisno o njihovoj udaljenosti. Ovo se može postići na više načina. Jedan od njih je da se za dojam magle upotrijebi sustav čestica sa velikim brojem čestica. Drugi način je da se na različitim udaljenostima od kamere nalazi niz djelomično prozirnih tekstura gdje svaki sloj pojačava gustoću magle. U ovom radu je magla ostvarena sjenčanjem (*eng. shading*).



Slika 2.5: Uređaj za mjerenje vidljivosti

3. Programska implementacija

Zbog posebnosti zadatka (uporaba biblioteke *Three.js*) odlučeno je programsku podršku izraditi u obliku web aplikacije. Ovaj pristup također olakšava objavljivanje programske podrške te rukovanje većom količinom podataka.

U sljedećim poglavljima je opisano:

- Što se sve i u koju svrhu koristilo pri izradi programske podrške
- Odakle su i u kojem obliku dohvaćeni meteorološki podaci
- Organizacija baze meteoroloških podataka
- Izrada grafičkog korisničkog sučelja
- Izrada i način prikazivanja virtualne scene
- Način iscrtavanja grafova
- Upute za korištenje aplikacije

3.1. Radna okolina

Za pisanje programske podrške i uređivanje ulaznih podataka, korišten je uređivač teksta *Sublime Text 2*. Za pokretanje i testiranje rješenja korišten je programski paket *XAMPP*, koji omogućava jednostavno pokretanje *Apache HTTP* poslužitelja i *MySQL* sustava za upravljanje bazama podataka na lokalnom računalu. Klijentski dio web aplikacije, pisan je u programskom jeziku *JavaScript* uz dodatke *HTML-a* i *CSS-a*, dok je poslužiteljski dio pisan u programskom jeziku *PHP*.

Radi jednostavnijega i bržega razvoj programske podrške korištene su sljedeće *JavaScript* biblioteke:

- *jQuery*: Biblioteka koja olakšava manipuliranje *HTML* i *CSS* elementima na klijentskoj strani web aplikacije.
- *jQuery UI*: Biblioteka koja pruža gotove kontrole za web aplikacije te time omogućava brzu izradu korisničkoga sučelja.

- *Three.js*: Biblioteka koja olakšava korištenje *WebGL* tehnologije i prikazivanje virtualnih 3D scena u klijentskom dijelu web aplikacije.
- *Shader Particle Engine*: Dodatak biblioteci *Three.js* koji olakšava korištenje sustava čestica.
- *THREEx.FullScreen*: Dodatak biblioteci *Three.js* koji olakšava postavljanje *HTML* elemenata preko cijelog ekrana.
- *Flot*: Biblioteka koja omogućava jednostavno iscrtavanje grafova.

Prilikom izrade programske podrške, također su korišteni uređivači slika *IrfanView* i *GIMP* te program za izradu 3D sadržaja *Blender*. Za sam pregled web aplikacije, korišteni su internet preglednici *Google Chrome* i *Mozilla Firefox*.

3.2. Meteorološki podaci

Meteorološki podaci u obliku tekstualne datoteke preuzeti su iz [7]. U datoteci su navedeni podaci o mjernoj postaji koja je prikupila podatke te mjerenja za cijelu 2011. godinu gdje su mjerenja uzimana u intervalima od jednoga sata. Datoteka je prije samoga korištenja bila preuređena radi bolje preglednosti i lakšega programskoga učitavanja.

Iz datoteke su korišteni podaci o datumu i satu mjerenja, prosječnoj brzini vjetera, smjeru vjetera, temperaturi zraka, relativnoj vlažnosti zraka, tlaku zraka, količini padalina, oblačnosti i vidljivosti. Podaci o trajanju padalina i najvećem satnom udaru vjetera nisu korišteni, jer nisu imali primjenu u izradi završnoga rada, a podaci o osunčanosti nisu korišteni zbog nepotpunosti podataka.

Podaci o prosječnoj brzini vjetera, izraženi su u metrima u sekundi. Smjer vjetera, izražen je u vrijednostima u rasponu od 0 do 31, gdje svaka vrijednost odgovara jednom smjeru na kompasu, odnosno strani svijeta. Tako vrijednost 0 označava sjever, 8 istok, 16 jug, a 24 zapad. Temperatura zraka izražena je u Celzijevim stupnjevima, relativna vlažnost zraka u postocima, a tlak zraka u hektopaskalima. Količina padalina je izražena u milimetrima. Oblačnost je izražena na ljestvici od 0 do 10, gdje 0 označava potpuno vedro, a 10 potpuno oblačno nebo. Vidljivost je izražena u kilometrima.

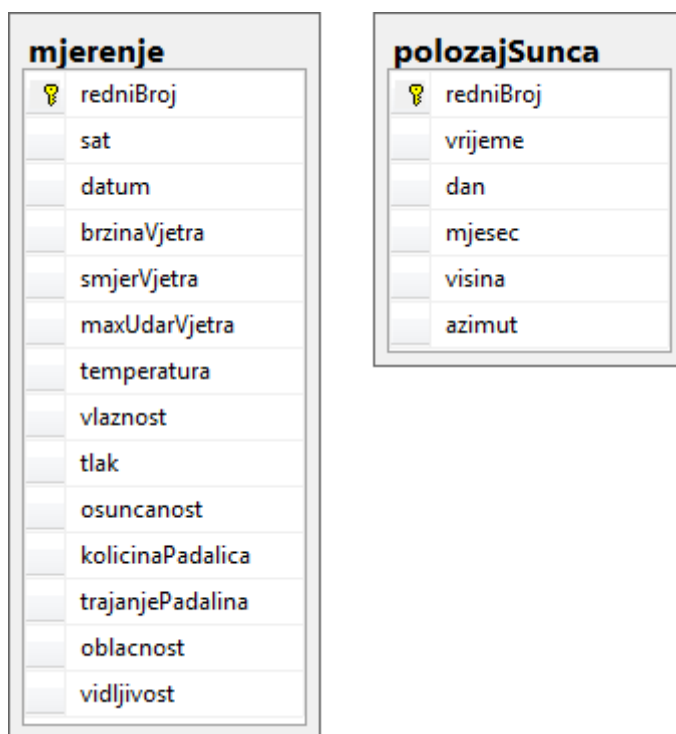
Također su korišteni podaci o položaju sunca za svaki sat u godini koji su preuzeti sa stranice tvrtke *Sustainable By Design*.¹ Svaki zapis sadrži kutnu visinu i azimut sunca za određeni sat, pri čemu su prilagođeni zadanoj zemljopisnoj širini i dužini.

¹<http://www.susdesign.com/sunposition/>

3.3. Baza podataka

Relacijska baza podataka, sastoji se od dvije relacije: *mjerenje* i *polozajSunca*. Relacijski dijagram baze podataka se može vidjeti na slici 3.1. Relacija *mjerenje* sadrži sve zapise učitane iz datoteke sa meteorološkim podacima, dok relacija *polozajSunca* sadrži sve zapise učitane iz datoteke s položajem sunca.

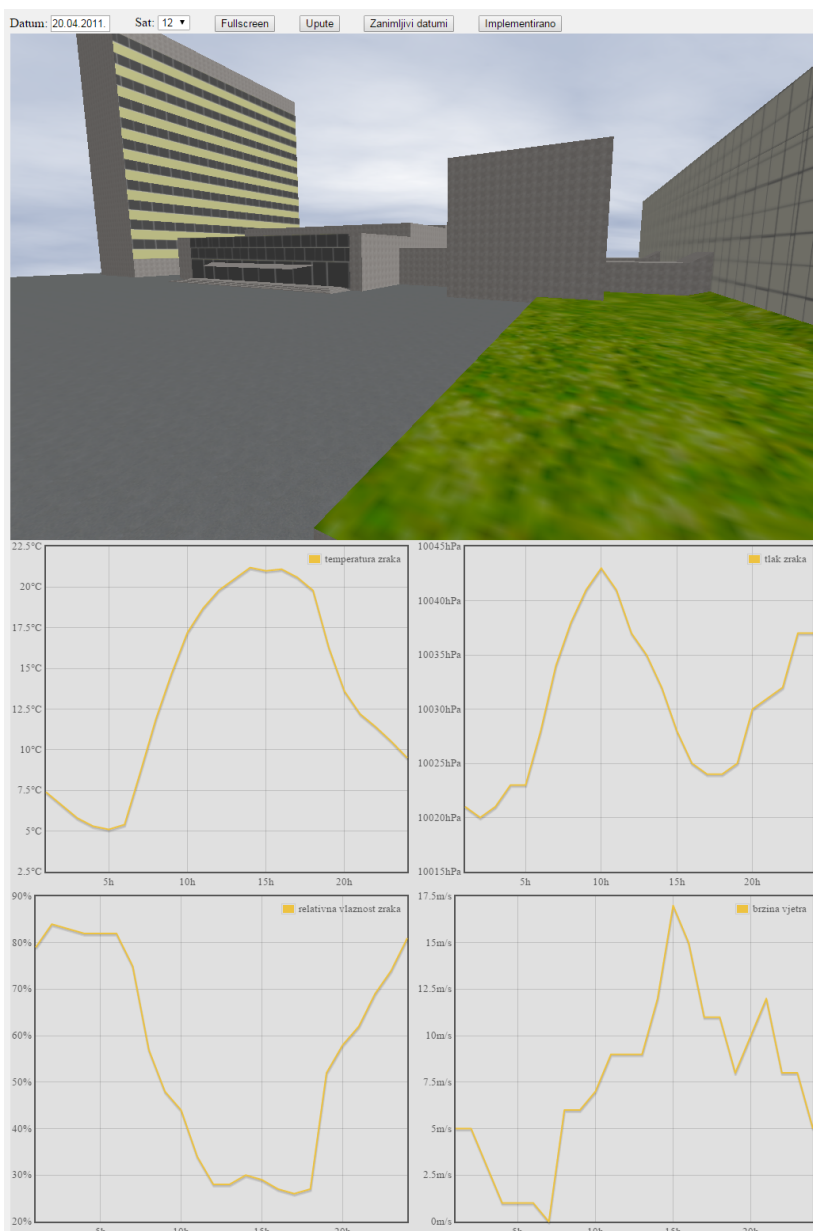
Inicijalizacija baze podataka i učitavanje svih podataka iz tekstualnih datoteka izvršeno je korištenjem *PHP* skripti. Za dohvat podataka prilikom rada web aplikacije, također se koriste *PHP* skripte. Podaci se dohvaćaju prilikom svake promjene dana za odabrani dan, tj. pri svakoj se promjeni dana dohvaća svih 24 zapisa za taj dan, po jedan za svaki sat.



Slika 3.1: Relacijski dijagram baze podataka

3.4. Grafičko sučelje

Grafičko sučelje, napisano je u jezicima za označavanje *HTML* i *CSS* uz korištenje programskoga jezika *Javascript* i pripadnih biblioteka. Može se podijeliti na tri dijela, svaki u vlastitom *<div>* elementu: izborničku traku, prikaz virtualne scene i grafove. Izgled grafičkog sučelja se može vidjeti na slici 3.2.



Slika 3.2: Grafičko sučelje

Izbornička traka, koja se nalazi na vrhu sadrži polja za odabir datuma i sata za koji se želi vizualizirati podatke, gumb za prikazivanje virtualne scene preko cijeloga ekrana te ostale gumbe koji pružaju više informacija o aplikaciji. Kalendar kojim se odabire datum i koji pruža ostale funkcionalnosti kao što je formatiranje datuma, preuzet je iz biblioteke *jQuery UI*, za odabir sata koristi se `<select>` element, gumb za prikazivanje scene preko cijeloga ekrana koristi biblioteku *THREEx.FullScreen* kako bi ostvario svoju funkcionalnost, a ostali gumbi koriste *Javascript* metodu *alert* kako bi pružili korisniku odgovarajuće informacije.

Na sredini se nalazi prikaz virtualne scene za odabrani sat za što se koristi jedan

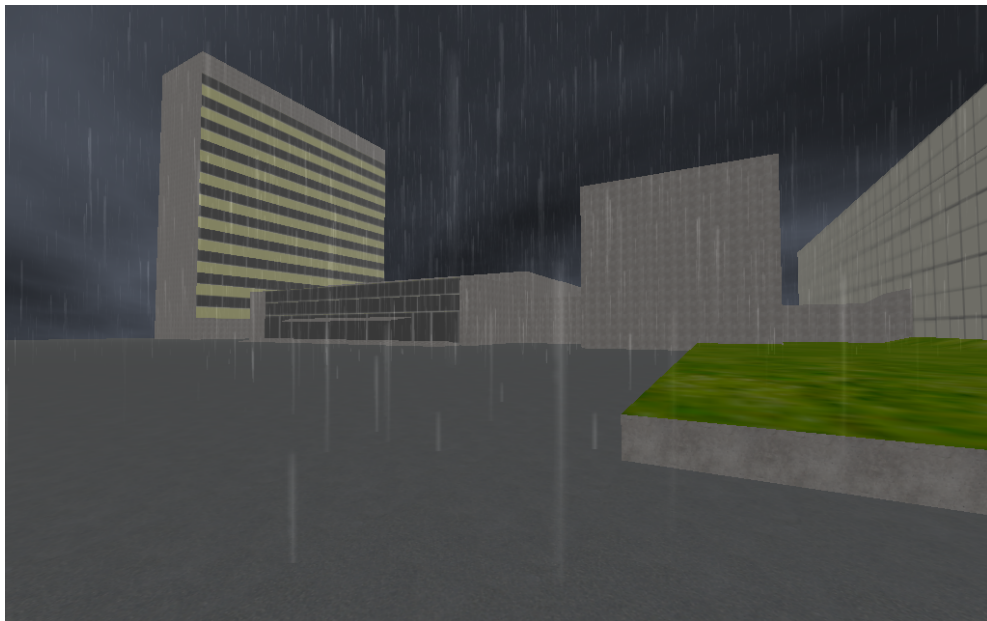
<canvas> element, dok se za postavljanje i iscrtavanje scene koristi *Three.js* i ostale biblioteke.

Na dnu se nalaze grafovi koji se iscrtavaju pomoću *Flot* biblioteke te se svaki graf također nalazi unutar jednoga <canvas> elementa. Grafovi prikazuju odabrane podatke za određeni dan.

3.5. Virtualna scena

Virtualna je scena ostvarena korištenjem knjižnice *Three.js* te pripadnim dodacima i sastoji se od: modela zgrade FER-a, sfere koja služi za prikaz oblaka, sustava čestica za vizualizaciju kiše, ambijentnoga i usmjerenoga svjetla. U virtualnoj je sceni vizualizirano: brzina i smjer vjetra, oblačnost, osunčanost, padaline i vidljivost. Scena prikazuje vizualizaciju za odabrani sat, što znači da se osvježava prilikom svake promjene sata. Prikaz virtualne scene se može vidjeti na slici 3.3.

Model zgrade FER-a, preuzet je iz [7], s time da je prije uporabe u ovom radu u programu *Blender* model spremljen u formatu koji biblioteka *Three.js* zna učitati. Također su pomoću programa *IrfanView* posvjetljene teksture modela radi bolje vidljivosti. Model je učitao u virtualnu scenu pomoću razreda *OBJMTLLoader*.



Slika 3.3: Virtualna scena

Za vizualizaciju oblačnosti, koristi se nebeska sfera na koju se lijepi tekstura oblaka, unutar koje se nalazi model zgrade FER-a. Sfera se stvara tijekom inicijalizacije scene

pomoću razreda *SphereGeometry*. Prilikom svake promjene sata, određuje se na temelju podatka o oblačnosti za taj sat koja će se tekstura nalijepiti na sferu. Izrađeno je ukupno 5 tekstura za nebesku sferu, otprilike po jedna za svaka dva stupnja oblačnosti. Teksture su izrađene pomoću programa *GIMP* uporabom filtera za generiranje oblaka i dodatnom obradom, kao što je primjena prozirnosti i dodatnih slojeva oblaka.

Brzina i smjer vjetra su vizualizirani na način da se, ovisno o smjeru i brzini vjetra iz podataka, nebeska sfera rotira oko svojih osi određenom brzinom. Smjer u kojem se sfera treba rotirati se određuje tako da se podatak o smjeru vjetra iz jednog od 32 smjera pretvori u radijane te se na temelju vrijednosti sinusa i kosinusa dobivenoga kuta određuje smjer rotacije sfere. Sama brzina rotacije u dobivenom smjeru ovisi o dohvaćenom podatku. Vizualizirana brzina kretanja oblaka, brža je od stvarne zbog bolje uočljivosti smjera vjetra.

Padaline su vizualizirane pomoću sustava čestica preuzetoga iz biblioteke *Shader Particle Engine*. Zbog toga što u podacima ne postoje zapisi o tome koji tip padaline trenutno pada i zbog jednostavnosti, odlučeno je da se sve padaline vizualiziraju kao kiša. Svaka je čestica u sustavu predstavljena teksturom kapi kiše. Ovisno o podatku za količinu padalina za dani sat, količina čestica se mijenja u sustavu pa tako kada je vrijednost količine padaline relativno niska imamo dojam da kiša sipi, a kada je vrijednost relativno visoka imamo dojam pljuska. Emiter čestica je nevidljiv te emitira čestice duž cijele površine pravokutne plohe koja se nalazi iznad modela zgrade FER-a. Tekstura čestice koja predstavlja kap kiše, obrađena je pomoću programa *IrfanView*.

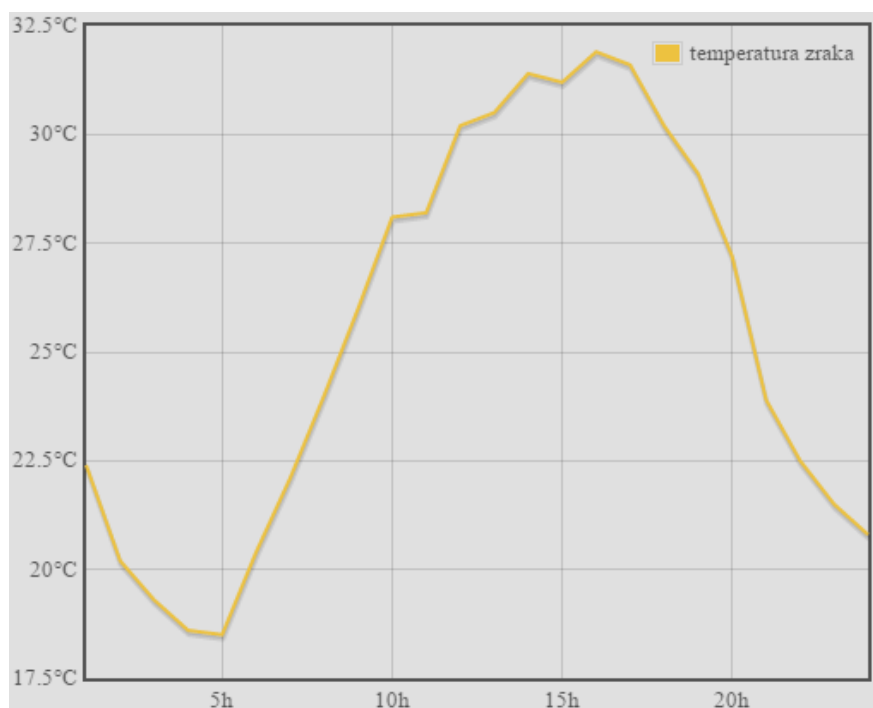
Za vizualizaciju vidljivosti koristi se magla čije se gustoća povećava eksponencijalno. Ovo se jednostavno može postići tako da se sceni pridruži instanca razreda *FogExp2* sa zadanom bojom i gustoćom, koja se posebnom matematičkom funkcijom računa iz podatka o vidljivosti za trenutni sat.

Obzirom da za osunčanost ne postoje upotrebljivi podaci, za vizualizaciju se koriste podaci o oblačnosti te vrijeme izlaska i zalaska sunca. Prilikom vizualizacije koriste se dva svjetla: usmjereno, ostvareno pomoću razreda *DirectionalLight* koje omogućava vizualizaciju sunčevog svjetla, i ambijentno, ostvareno pomoću razreda *AmbientLight*. Položaj usmjerenog svjetla, tj. smjera iz kojega svjetlo obasjava scenu, se određuje iz podataka o položaju sunca za trenutni sat. Intenzitet svjetla ovisi o trenutnoj oblačnosti, pa je tako pri potpuno vedrom vremenu intenzitet najjači, a pri potpuno oblačnom ostaje samo ambijentno osvjetljenje. Ambijentno osvjetljenje tijekom dana mijenja svoju boju i intenzitet ovisno o kojem se dobu dana radi. Tako je ambijentno svjetlo u satu u kojem sunce izlazi svijetlo plave boje, tijekom dana je potpuno bijelo, u satu u kojem sunce zalazi je tamnije plave boje, a po noći je tamno plave boje bliske crnoj.

3.6. Grafovi

Grafovi se iscrtavaju pomoću biblioteke *Flot* i u radu se nalaze četiri grafa: graf za temperaturu zraka, tlak zraka, relativnu vlažnost zraka i brzinu vjetra. Svi grafovi prikazuju podatke za trenutno odabrani dan, što znači da se osvježavaju prilikom svake promjene dana. Izgled grafa koji iscrtava temperaturu se može vidjeti na slici 3.4.

Prije samoga iscrtavanja grafa, potrebno je pripremiti podatke za iscrtavanje te potrebne postavke koje određuju posebnosti grafa. Neke od tih postavki su mjerne jedinice koje su označene, ime vrijednosti koja se iscrtava itd. Nakon toga se metodi za iscrtavanje grafa proslijeđuju potrebni podaci i postavke, čime se stvara `<canvas>` element u kojemu se iscrtava graf.



Slika 3.4: Graf

3.7. Korištenje aplikacije

Prilikom otvaranja web aplikacije, odabrani datum i vrijeme su 1.1.2011. i 12 sati. Također je u virtualnoj sceni vizualizirano odabrano vrijeme, a grafovi prikazuju podatke za odabrani dan. Izbornička traka, koja sadrži skoro sve kontrole aplikacije, se može vidjeti na slici 3.5.

Datum se može promijeniti pritiskom gumba miša na polje u izborničkoj traci, gdje



Slika 3.5: Izbornička traka

je zapisan trenutno odabran datum. Time se pojavljuje kalendar kojim se može odabrati bilo koji datum u 2011. godini. Na sličan se način mijenja i trenutni sat - pritiskom gumba miša na polje gdje je zapisan trenutno odabran sat, čime se otvara lista svih satova u danu. Nakon toga se može odabrati bilo koji sat za vizualizaciju. Promjena sata, također se može izvršiti pritiskanjem tipki '+' i '-' na tipkovnici. Kao što je već rečeno, prilikom promjene datuma osvježavaju se i grafovi i virtualna scena, dok se prilikom promjene sata osvježava samo scena.

Pritiskanjem gumba označenoga s *Fullscreen* virtualna se scena prikazuje preko cijelog ekrana. Smanjivanje prikaza scene na početnu veličinu, postiže se pritiskom tipke *Esc* na tipkovnici. Također je moguće unutar scene pomicati kameru pritiskanjem lijevoga ili desnoga gumba miša, a dok je gumb pritisnut, pomicanjem miša.

Pritiskanjem guba označenoga s *Upute* prikazuje se skraćena inačica uputa, gumba označenoga sa *Zanimljivi datumi* se prikazuju datumi koji jasno prikazuju neke meteorološke pojave, a gumba označenoga sa *Implementirano* prikazuju se mogućnosti vizualizacije aplikacije.

4. Zaključak

Meteorološki se čimbenici u najširem smislu mogu podijeliti na dvije grupe: one koji se mogu jasno vizualizirati i one koje ne mogu. Vizualizirane podatke jasnih čimbenika, kao npr. oblačnosti i količine padalina, možemo u trenutku interpretirati i dobiti informaciju iz njih. S druge strane, čimbenike koji se ne mogu jasno vizualizirati, kao npr. tlak zraka, teže interpretiramo, ali još uvijek možemo vidjeti odnose unutar zapisa i s drugim čimbenicima kada ih iscrtamo na grafu.

Pri vizualizaciji određenih čimbenika, zbog nedostatka podataka, uzimale su se neke pretpostavke. Tako je zbog nedostatka zapisa o osunčanosti, njezina vizualizacija morala biti izvedena iz oblačnosti. Također zbog nedostatka zapisa o vrsti padalina, sve se padaline vizualiziraju kao kiša, dok oblaci za pojedini stupanj oblačnosti uvijek izgledaju isto zbog nedostatka informacija o vrsti oblaka. Promatranje više čimbenika i prikupljanje njihovih podataka, omogućilo bi mnogo detaljniju vizualizaciju, ne samo novih čimbenika, nego i drugih čimbenika koji su s njima u vezi.

U ovom radu, koristili su se podaci koji su prikupljeni unutar jedne godine. Ovo je relativno mali vremenski period i prikupljanjem podataka koji opisuju vremenske prilike preko nekoliko godina, mogli bi se lakše uvidjeti eventulani trendovi kretanja meteoroloških čimbenika. Također bi usporedno mogli pregledavati podatke istih godišnjih razdoblja za različite godine.

Glavna komponenta prilikom izrade aplikacije, bila je biblioteka *Three.js*. Jedan od problema tijekom izrade, bila je relativna nezrelost biblioteke, pa su se zbog toga koristile druge biblioteke i nadopune za biblioteku *Three.js*. Korištenjem zrelijih tehnologija, posebno onih kojima je cilj olakšati vizualizaciju meteoroloških podataka, mogle bi se postići mnogo bolje vizualizacije.

LITERATURA

- [1] Flot documentation. <https://github.com/flot/flot/blob/master/API.md>, 2015.
- [2] jQuery API documentation. <https://api.jquery.com/>, 2015.
- [3] jQuery UI API documentation. <http://api.jqueryui.com/>, 2015.
- [4] Shader Particle Engine. <https://github.com/squarefeet/ShaderParticleEngine>, 2015.
- [5] Three.js documentation. <http://threejs.org/docs/>, 2015.
- [6] THREEEx.FullScreen. <http://learningthreejs.com/data/THREEEx/docs/THREEEx.FullScreen.html>, 2015.
- [7] Ivan Hakštok. Vizualizacija meteoroloških podataka. Završni rad 3199, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2013.

Simulacija meteoroloških uvjeta u virtualnoj sceni

Sažetak

U ovome radu, istraženi su meteorološki čimbenici i njihovi načini vizualizacije. Također je opisan postupak stvaranja programske podrške za vizualizaciju odabranih meteoroloških čimbenika. Glavni je alat kojim je rađena programska podrška biblioteka *Three.js* pisana za programski jezik *JavaScript*.

Nakon uvoda, opisuju se odabrani meteorološki čimbenici te mogući načini vizualizacije tih čimbenika. Također se navodi koji je način vizualizacije odabran za ovaj rad.

Zatim je opisan cijeli postupak izrade programske podrške, koja u ovom radu ima oblik web aplikacije. Najprije su opisani svi alati koji su se koristili prilikom izrade web aplikacije. Nakon toga su opisani podaci koji će se vizualizirati te način na koji će se koristiti u aplikaciji. Zatim je opisano cijelo grafičko sučelje web aplikacije, a nakon toga je posebno opisana izrada virtualne scene i grafova. Na kraju se nalaze upute za korištenje aplikacije te zaključak.

Ključne riječi: vizualizacija meteoroloških podataka, three.js, flot, virtualna scena, graf

Simulation of meteorological conditions in the virtual scene

Abstract

Several meteorological factors and possible methods of their visualization have been examined in this thesis. The building process of the software for visualization of selected meteorological factors is also described. The main tool used for building the software is the *Three.js* library written in *JavaScript*.

After the introduction, selected meteorological factors and possible methods of their visualization are described. Which of the presented methods of visualization has been chosen for each factor in this thesis is also mentioned.

Afterwards, the whole software building process is described. In this thesis, the software is in the form of a web application. First, all the tools used for building the web application are described. After that, data used for visualization and the way in which it will be used are described. Subsequently, the whole graphical interface is described and after that, the building of the virtual scene and graphs is described separately. In the end, the user's guide and the conclusion of this thesis are given.

Keywords: meteorological data visualization, three.js, flot, virtual scene, graph