



Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet
University of Zagreb - Faculty of Geodesy

Katedra za geoinformatiku
Chair of Geoinformation Science

Kačićeva 26; 10000 Zagreb, Croatia
Web: www.geof.unizg.hr; Tel.: +385 (1) 46 39 227; Fax: +385 (1) 48 26 953

Diplomski rad

Prikupljanje i izvoz OpenStreetMap podataka

Izradila: Sanja Stilinović

Mentor: prof. dr.sc. Damir Medak

Zagreb, lipanj 2013.

Prikupljanje i izvoz OpenStreetMap podataka

Sažetak: U ovom radu istražene su metode prikupljanja OpenStreetMap podataka, od ručnog GPS-a do kartiranja korištenjem snimki. Također je izrađena aplikacija za izvoz podskupa podataka iz proizvoljne .osm datoteke. Za izvoz podataka korišten je alat Osmosis, a programiranje je izvršeno u Pythonu. Grafičko sučelje izrađeno je Tkinter standardnim modulom za Python. Za bolje razumijevanje postupka prikupljanja podataka, kao i rad aplikacije, opisan je model OpenStreetMap podataka, i formati u koje se ti podaci spremaju. Uz to je objašnjena struktura OpenStreetMap projekta i ukratko opisane pojedine komponente.

Ključne riječi: OpenStreetMap, GPS, Osmosis, Python, Tkinter

OpenStreetMap data collection and export

Abstract: In this thesis methods of collecting OpenStreetMap data are explored, from handheld GPS devices to aerial imagery mapping. An application for exporting data subset from arbitrary .osm file has also been made. Osmosis tool was used for data export and Python for programming. The graphical interface was made using Tkinter standard module for Python. OpenStreetMap data model and file formats have been explained for better understanding of the data collection proces as well as application functioning. In addition, structure of OpenStreetMap has been explaind and individual components briefly described.

Keywords: OpenStreetMap, GPS, Osmosis, Python, Tkinter

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Korištene tehnologije	6
2.1. OpenStreetMap	6
2.2. GPSTabel	7
2.3. Quantum GIS	7
2.4. Osmosis	8
2.5. Python	9
2.5.1. TkInter	9
3. OpenStreetMap	10
3.1. Povijest OpenStreetMapa	10
3.2. Komponente	12
3.2.1. Baze podataka	13
3.2.2. API	14
3.2.3. XAPI	15
3.2.4. Sučelje za prikaz i uređivač karte	16
3.2.5. Sustav za iscrtavanje karata	19
3.2.6. Leaflet	20
3.2.7. Programi za uređivanje podataka karte	20
3.3. Model podataka	22
3.3.1. Čvor	23
3.3.2. Put	24
3.3.3. Relacija	26
3.3.4. Tagovi	27
3.4. OpenStreetMap formati datoteka	27
3.4.1. OSM XML	27
3.4.2. PBF	29
3.4.3. O5m	30
3.5. Preuzimanje OSM datoteke	31
3.6. Licenca	32

4.	<i>Metode prikupljanja OpenStreetMap podataka</i>	34
4.1.	GPS	34
4.1.1.	Ručni GPS prijamnici	37
4.1.2.	Postavke GPS prijamnika	38
4.1.3.	Tipovi GPS podataka	39
4.1.4.	GPS formati podataka	40
4.2.	Dodatna oprema i tehnike kartiranja	42
4.2.1.	Zapisivanje podataka u bilježnicu	42
4.2.2.	Korištenje OpenStreetMap karte	43
4.2.3.	Audio kartiranje	44
4.2.4.	Kartiranje korištenjem fotografija	46
4.3.	Rad sa satelitskim i zračnim snimkama	47
4.3.1.	Područje s postojećim OpenStreetMap podacima	49
4.3.2.	Područje bez OpenStreetMap podataka	50
5.	<i>Aplikacija za izvoz podskupa podataka</i>	53
5.1.	Filtriranje podataka korištenjem Osmosis alata	55
5.2.	Izrada aplikacije	58
5.2.1.	Definiranje funkcije za pozivanje Osmosis alata	58
5.2.2.	Stvaranje glavnog prozora i MyApp klase	59
5.2.3.	Stvaranje glavnog izbornika i tri padajuća podizbornika	60
5.2.4.	Dodavanje opcija izborniku <i>Datoteka</i>	61
5.2.5.	Dodavanje opcija izborniku <i>Filter</i>	64
5.2.6.	Dodavanje opcija izborniku <i>Informacije</i>	66
5.3.	Upute za rad s aplikacijom	67
6.	<i>Diskusija</i>	70
7.	<i>Zaključak</i>	72
8.	<i>Popis literature</i>	73
9.	<i>Popis slika</i>	77
10.	<i>Popis tablica</i>	78
11.	<i>Prilozi</i>	79
11.1.	Prilog 1. - Tablica s prikazanom strukturom izbornika <i>Filter</i>	79

1. Uvod

U svijetu u kojem većina informacija ima neki oblik prostorne komponente (bilo to geografske koordinate, adresa, poštanski broj ili nešto treće), geoinformatika igra važnu ulogu. Razvijaju se sve brže, efikasnije i dostupnije metode prikupljanja, spremanja, obrade i distribucije prostornih podataka. Izmjera u klasičnom smislu polako zastarijeva jer ne može zadovoljiti zahtjeve današnjeg ubrzanog društva, pa ju zamjenjuju nove metode kao što su globalni navigacijski satelitski sustavi, fotogrametrija i daljinska istraživanja.

Napredak u razvoju računalnog hardvera i softvera, računalnih znanosti i programskog inženjerstva tijekom 90-ih godina prošlog stoljeća uzrokovao je i brži razvoj geoinformatike. Također je povećanjem točnosti globalnih navigacijskih satelitskih sustava i razvojem tzv. pametnih mobilnih telefona s integriranim senzorima za navigaciju omogućeno jednostavnije, brže i jeftinije prikupljanje prostornih podataka. Jedan od aspekata rukovanja prikupljenim prostornim podacima je prikaz u obliku karte, koja se dalje može koristiti u svrhe navigacije, marketinga, prostornih analiza ili za izradu drugih proizvoda nastalih na osnovi nje. Napretkom Interneta i weba, razvijen je i koncept web kartiranja, odnosno procesa izrade i prikazivanja karata na Internetu. Takve karte dijele se u različite skupine ovisno o načinu prikupljanja i prikazivanja podataka. Između ostalog tu pripadaju statičke, dinamičke, analitičke internetske karte, internetski atlasi te internetske karte koje zajednički održavaju i stvaraju korisnici (engl. *Collaborative web maps*) (URL 1). Komercijalne web karte široko su zastupljene, a neke su i do određenog stupnja besplatne za pregledavanje. Međutim, problem njihove upotrebe jest nemogućnost prilagodbe za vlastite potrebe, te primjena u naprednije svrhe. S druge strane OpenStreetMap projekt pruža prostorne podatke koje je moguće koristiti bez ograničenja za stvaranje novih proizvoda.

Cilj ovog rada je istražiti mogućnosti korištenja podataka OpenStreetMap projekta i kompatibilnost OpenStreetMap modela podataka sa standardnim GIS modelom. Također će se napraviti detaljan uvod u OpenStreetMap projekt koji će poslužiti kao osnovni priručnik na hrvatskom jeziku. U sljedećim poglavljima najprije će se opisati sam projekt, osnovna ideja, povijest, komponente sustava, model podataka, formati zapisa i licenca.

Zatim će se istražiti metode prikupljanja podataka, te u konačnici razviti aplikacija koja će olakšati izvoz podskupa OpenStreetMap podataka.

2. Korištene tehnologije

U ovom poglavlju opisat će se sve tehnologije korištene za izradu diplomskog rada. Opisan je OpenStreetMap projekt čiji su podaci korišteni u aplikaciji za izvoz podskupa podataka. Za izradu aplikacije korišten je Python programski jezik, nadopunjen Tkinter paketom i subprocess modulom. Za filtriranje OpenStreetMap podataka korišten je Osmosis alat.

2.1. OpenStreetMap

OpenStreetMap je projekt u kojem sudjeluje više od milijun korisnika diljem svijeta, i to najčešće laici koji ne posjeduju stručna znanja na polju kartografije i geoinformatike u cilju izrade besplatne i slobodne karte svijeta. Osnivanje i razvoj OpenStreetMapa potaknula je ograničena dostupnost geografskih podataka i njihove daljnje upotrebe. Većina dostupnih web karata kao što su Bing, Google, Yahoo karte i dr., koje su na prvi pogled besplatne, ustvari podliježu raznim autorskim pravima i ograničenjima pri korištenju. Karte su besplatne za pregledavanje, ali ne i podaci koji su osnova za njihovo stvaranje i daljnju obradu. Poticaj za razvoj OpenStreetMap projekta također je imala povećana dostupnost prijenosnih GPS uređaja koji postaju sve manji i jeftiniji.

Podaci prikupljeni OpenStreetMap projektom koriste se za stvaranje tematskih karata bilo koje vrste, kao i prostornih servisa različitih namjena, kao što su OpenRouteService (za izračunavanje rute i planiranje puta), OpenCycleMap (dizajnirane za bicikliste, prikazuju biciklističke staze i infrastrukturu), OpenSeaMap (besplatne nautičke karte) i dr.

Iako ovaj projekt posjeduje veliki potencijal u slobodnoj i nesputanoj ponudi prostornih podataka, s druge strane se javlja pitanje kvalitete i konzistentnosti podataka prikupljenih od različitih korisnika s različitim predznanjima i u konačnici s različitim potrebama. OpenStreetMap će biti detaljnije opisan u trećem poglavlju.

2.2. GPSTBabel

GPSTBabel je program otvorenog koda za rad s GPS tragovima, točkama i rutama. Podržava preuzimanje podataka iz GPS uređaja, kao i prebacivanje podataka u uređaj. Omogućava konverziju između više od 100 različitih GPS formata podataka. Također ima različite alate za upravljanje GPS podacima. Između ostalog pruža algoritme za filtriranje pomoću kojih se mogu izbaciti nepotrebne točke ili svi podaci izvan zadanog područja. Iako je GPSTBabel u osnovi multiplatformska aplikacija za rad na komandnoj liniji, dostupna su grafička sučelja za Linuxe, Mac OS i Windowse. Naveden je primjer za konverziju iz NMEA u GPX format.

```
gpsbabel -w -t -i nmea -f ulazna_datoteka.nmea -o gpx -F izlazna_datoteka.gpx
```

Pri tome su `-w` (waypoint tj. točka) i `-t` (track tj. trag GPS-a) parametri za definiranje GPS tipova podataka, `-i` format podataka ulazne datoteke, `-f` naziv ulazne datoteke, `-o` format podataka izlazne datoteke i `-F` naziv izlazne datoteke.

Dodavanjem `-x` mogu se definirati razni parametri za filtriranje, kao što su algoritmi za uklanjanje nepouzdanih ili duplih točaka, upravljanje visinama, interpolaciju između točaka traga, uklanjanje točaka, tragova ili ruta iz obrade, uklanjanje točaka oko poligona ili unutar neke definirane udaljenosti, pojednostavljenje ruta, sortiranje točaka, transformacija između točaka, tragova i ruta te razne druge opcije (URL 30).

2.3. Quantum GIS

Quantum GIS (QGIS) je geografski informacijski sustav otvorenog koda, licenciran pod *GNU General Public Licence*. QGIS je službeni projekt *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Radi u mnogim okruženjima, kao što su Linux, Unix, Mac OS, Windows i Android i podržava brojne vektorske i rasterske formate i funkcionalnosti, kao i formate baza podataka (URL 45).

2.4. Osmosis

Osmosis je Java aplikacija za filtriranje i konverziju OpenStreetMap podataka koju je razvio Brett Henderson. Pristupa joj se preko komadne linije, a sastoji se od komponenata koje omogućuju obradu OpenStreetMap podataka. Između ostalog, sadrži komponente za čitanje podataka iz baze podataka i datoteka, za zapisivanje u bazu i datoteke, sortiranje podataka itd. Pomoću navedenih komponenata, mogu se obavljati napredne metode preuzimanja i osvježavanja OpenStreetMap podataka. Primjeri mogućih operacija su: generiranje datoteke koja sadrži podatke za cijeli svijet (engl. *planet dump*), unos datoteke u bazu podataka, stvaranje skupa promjena uz pomoć tablice povijesti, primjena skupa promjena na lokalnu bazu podataka, usporedba dvije planet.osm datoteke i stvaranje skupa promjena, izvoz podataka unutar zadanog graničnog okvira (URL 39).

Trenutna verzija Osmosisa podržava API verziju 0.6, te je potrebno imati instaliranu Javu 6. Kod aplikacije je dostupan na <https://github.com/openstreetmap/osmosis>, a može se preuzeti i kompilirana verzija u obliku zip ili tar arhive, koju treba otpakirati na proizvoljno mjesto na disku. Unutar bin poddirektorija paketa nalaze se skripte za pokretanje Osmosisa i to *osmosis.bat* skripta za Windows okruženje te *osmosis* skripta za Unix okruženja. Ako se lokacija bin direktorija doda u putanju susava, u komandnoj liniji nije potrebno pisati cijeli put do navedenog direktorija, već samo naziv skripte za pokretanje.

Prilikom obrade podataka Osmosis koristi tzv. cjevovodni model (engl. *pipeline*). Korisnik treba specificirati ulaznu datoteku, različite zadatke filtriranja ili obrade i destinaciju za spremanje izlazne datoteke. Time se stvara “cjevovod” kroz koji protječu podaci.

Zadaci `--rx` (`--read-xml`) za čitanje XML datoteke i `--wx` (`--write-xml`) za zapisivanje u XML datoteku prihvataju zadani *file* argument koji nije potrebno imenovati. Uz to, svaki izraz ima i skraćenicu, te je dovoljno umjesto dugačkog `--read-xml` i `--write-xml` izraza napisati `--rx` i `--wx`. Dakle izraz:

```
osmosis --read-xml file=ulazna_datoteka.osm --write-xml file=izlazna_datoteka.osm
```

je ekvivalentan izrazu:

```
osmosis --rx ulazna_datoteka.osm --wx izlazna_datoteka.osm
```

2.5. Python

Python je programski jezik visoke razine čiji je razvoj započeo Guido van Rossum u ranim 1990-im godinama. Python je dinamičan objektno-orijentirani, interpreterski i interaktivan programski jezik koji podržava više stilova programiranja. Dostupan je pod licencom koja omogućuje slobodno korištenje i distribuciju, čak i u komercijalne svrhe. Odlikuje se jasnom i čitkom sintaksom koja omogućuje brzo pisanje koda. Uz to, dostupan je na više platformi: Windows, Linux/Unix, OS/2, Mac, Amiga i tditd. Također postoje implementacije Python programskog jezika koje se mogu izvršavati u .NET i Java virtual machine. Zbog jednostavnosti i fleksibilnosti široko je rasprostranjen, s velikom zajednicom korisnika i kompletnom dokumentacijom (URL 40). Python ima opsežnu standardnu biblioteku s ugrađenim modulima, a funkcionalnosti je moguće proširiti dodatnim modulima i paketima. Između ostalog, Python standardna biblioteka uključuje i TkInter paket, koji je korišten za izradu grafičkog korisničkog sučelja aplikacije za izvoz podskupa OpenStreetMap podataka.

2.5.1. TkInter

TkInter paket je standardno Python sučelje za Tk GUI alat. Tk je multiplatformski alat otvorenog koda koji pruža biblioteku osnovnih elemenata za izradu grafičkog korisničkog sučelja - GUI-a (engl. Graphical User Interface) (URL 41). TkInter je u osnovi poveznica između Tk alata i Python programskog jezika. Naredbe u Pythonu pozivaju TkInter modul koji ih prevodi u format razumljiv Tk. TkInter uključuje modul za Tk sučelje, ali i brojne Python module. Iako nije jedini paket za izradu grafičkih sučelja za Python, najčešće se koristi (URL 42).

3. OpenStreetMap

U ovom poglavlju je detaljno opisan OpenStreetMap projekt, od povijesti i razloga za uspostavu, komponenata koje čine OpenStreetMap, modela podataka i formata datoteka, do licence pod kojom su ti podaci dostupni za razmjenu i korištenje.

3.1. Povijest OpenStreetMapa

OpenStreetMap započinje Steve Coast 2004. godine u Engleskoj, sa željom da napravi slobodnu kartu Ujedinjenog kraljevstva. (URL 2) Jedan od prvih opipljivih rezultata bio je poster Londona koji je nastao u listopadu 2005. godine povezivanjem svih podataka prikupljenih GPS-om. Poster je iscrtan na papiru formata A0, a prodavao se u ograničenim količinama (Slika 1).



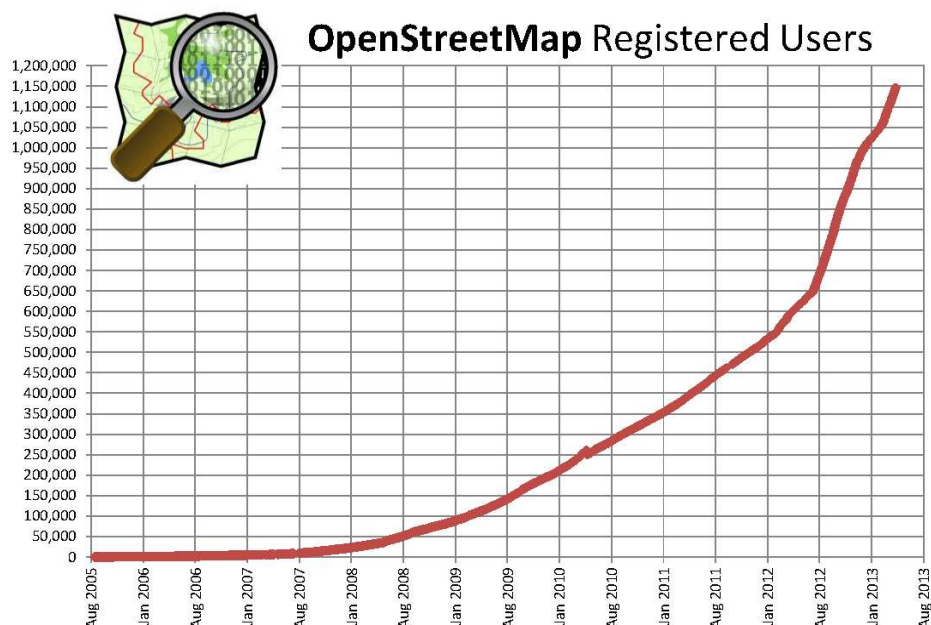
Slika 1. Poster Londona nastao iz podataka prikupljenih GPS-om (URL 3)

Do Božića 2005. godine projekt je dosegao 1000 registriranih korisnika. 22. siječnja 2006. je objavljena prva verzija JOSM uređivača (engl. *Java OpenStreetMap Editor*). JOSM je aplikacija za uređivanje OpenStreetMap podataka na stolnom računalu, bez potrebe

spajanja na Internet. Više o aplikaciji bit će rečeno u poglavlju o programima za uređivanje OpenStreetMap podataka. OpenStreetMap podaci prvi put su uspješno iskorišteni na GPS uređaju 22. ožujka 2006. godine. U travnju 2006. godine osnovana je OpenStreetMap zaklada, kako bi se potaknuo razvoj i distribucija slobodnih geoprostornih podataka. Zatim je 4. prosinca 2006. godine Yahoo! dopustio korištenje svojih satelitskih i zračnih snimki kao pomoć pri kartiranju. Bio je to velik događaj jer je omogućio bilo kome precrtavanje s Yahoo! satelitskih snimka. Prva OpenStreetMap konferencija pod nazivom “The State of The Map” održana je u Manchesteru 14. i 15. srpnja 2007. godine. U rujnu 2007. godine započet je uvoz cestovnih skupova podataka TIGER (engl. *Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing*) za područje Sjedinjenih Američkih Država. TIGER su prostorni podaci koji se nalaze u javnoj domeni, a proizvodi ih US Census Bureau te uključuju ceste, zgrade, rijeke, jezera, granice itd.

Do travnja 2009. dosegnut je broj od 100000 registriranih korisnika, te je izvršen prijelaz na API verziju 0.6, koja je trenutno u upotrebi. OpenStreetMap API specificira načine komunikacije s bazom podataka, a više o API-ju bit će rečeno u poglavlju o komponentama OpenStreetMap projekta. U studenom 2010. dobiveno je dopuštenje za korištenje Bingovih satelitskih i zračnih snimki. Pravno je dopušteno koristiti snimke kao podlogu za kartiranje, no nije dopušteno koristiti ostale podatke (kao što su imena ulica) Bingovih karata ni na koji način. Ovo dopuštenje bilo je važno jer je Yahoo u listopadu 2011. djelomično ukinuo i promijenio svoje usluge, nakon čega je OpenStreetMap projekt izgubio ovlaštenje za korištenje Yahoo snimki.

Sljedeća bitna promjena dogodila se 12. rujna 2012. godine, kada se dogodio prelazak na ODbL licencu (engl. *Open Database Licence*). ODbL je zamijenio do tada korištenu CC-BY-SA (engl. *Creative Commons Attribution-ShareAlike*). Razlog za promjenu licence bila je bolja prilagođenost bazama podataka i općenito prostornim podacima, a više o licencama bit će rečeno u poglavlju o licencama. Milijunti korisnik registriran je 6. siječnja 2013. godine te je broj korisnika u neprestanom porastu (Slika 2).



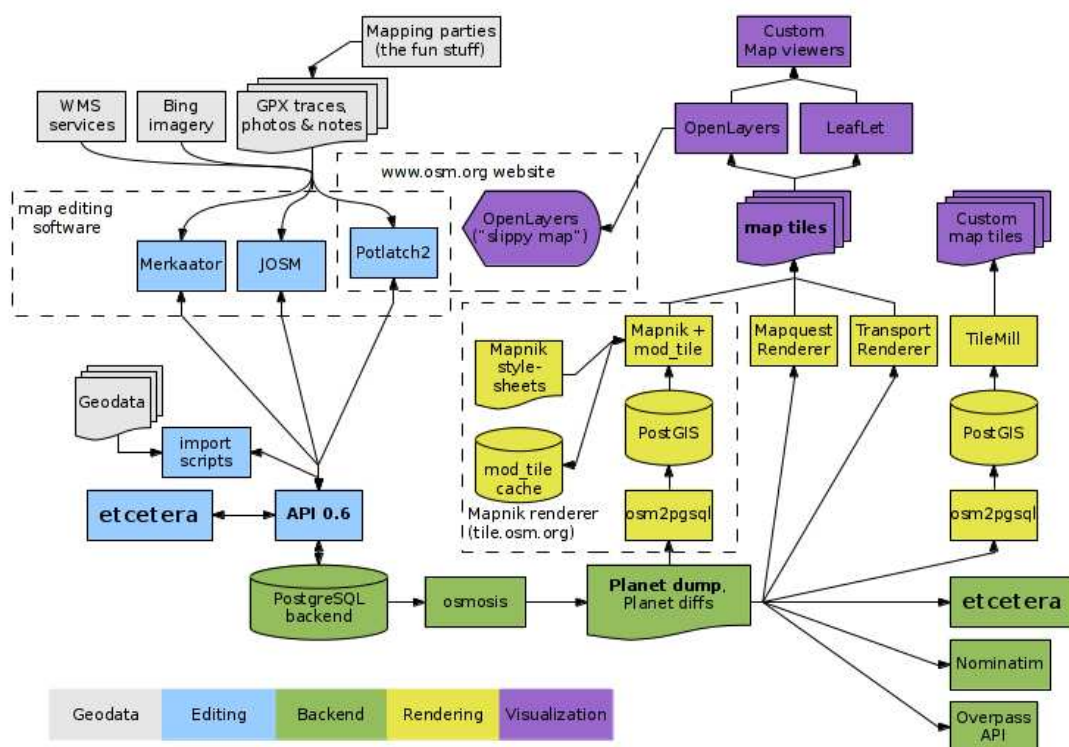
Slika 2. Prikaz trenda rasta broja registriranih OpenStreetMap korisnika (URL 4)

Na slici 2. je vidljiv eksponencijalni rast broja OpenStreetMap korisnika u proteklih 8 godina, od kada je osnovan OpenStreetMap projekt. Nagli porast započeo je krajem 2007. i početkom 2008. godine kada je dosegnuto 100000 registriranih korisnika. Sličan trend ima i broj stvorenih čvorova, puteva, te unesenih GPS tragova.

3.2. Komponente

OpenStreetMap projekt izgrađuju komponente prikazane na slici 3. (URL 5). U sljedećim potpoglavljima bit će detaljnije opisane neke od njih:

- baza podataka u kojoj su pohranjeni svi podaci,
- API temeljen na HTTP protokolu za čitanje podataka iz baze i zapisivanje u bazu
- XAPI, prošireni API protokol namijenjen samo čitanju podataka iz baze
- Mapnik sustav za iscrtavanje karata na osnovu podataka iz baze
- web poslužitelj za prikaz i uređivač karata. Prikaz karata iscrtanih Mapnikom vrši se uz pomoć OpenLayers biblioteke, a uređivanje karata uključuje Potlatch i iD online uređivače
- samostalni programi za uređivanje OpenStreetMap podataka (JOSM, Merkaartor i dr.)



Slika 3. Dijagram osnovnih komponenti OpenStreetMap projekta (URL 5)

3.2.1. Baze podataka

OpenStreetMap koristi nekoliko sustava za upravljanje bazama podataka: PostgreSQL, MySQL, SQLite, GT.M, CouchDB i MongoDB. PostgreSQL baza podataka koristi se za glavnu OpenStreetMap bazu. Uz to, Mapnik program koristi podatke pohranjene u PostgreSQL bazu za iscrtavanje karata. MySQL se koristila do prelaska na API verziju 0.6, a ostale se baze podataka koriste za razne programe i servise za prikazivanje karata, alternativni pristup podacima baze (npr. XAPI) itd. (URL 6).

Glavna baza podataka ključna je komponenta OpenStreetMapa jer su u njoj pohranjeni svi podaci. Da bi glavna baza uvijek imala najnovije podatke, u nju je potrebno unijeti sve promjene koje se izvrše nad određenim skupom podataka. Stoga je glavna baza namijenjena u prvom redu za potrebe uređivanja podataka, i pristupa joj se preko API-ja. Za ostale svrhe, kao što su preuzimanje podataka, iscrtavanja karata i određivanje rute preporuča se korištenje alternativnog XAPI-ja koji koristi lokalnu kopiju glavne baze, kako bi se rasteretila glavna baza. Baza se sastoji od tablica za svaki tip podataka (točke, putevi i relacije), gdje postoji nekoliko tablica za svaki tip podataka: current, history, current_tags,

history_tags. Dodatno su tu tablice za pohranjivane promjena, tzv. changeset, gpx_datoteka, korisnika itd. *Changeset* je skup promjena koje korisnik radi na određenom skupu podataka u nekom trenutku. Koncept skupa promjena je uveden jer je grupiranjem promjena omogućeno njihovo lakše praćenje.

3.2.2. API

Pristup OpenStreetMap poslužiteljima odvija se preko HTTP API-ja (engl. *Application Programming Interface*). API su specifikacije interakcije različitih softverskih komponenti nekog sustava. Dakle, API određuje koje se operacije mogu izvršiti nad podacima. Najčešće se koristi za uređivanje podataka pomoću raznih OpenStreetMap uređivača. Ograničenje za preuzimanje podataka je područje manje od kvadrata veličine $0,25^\circ$ (engl. *latitude/longitude* tj. geografske širine i dužine). Ako se žele preuzeti podaci koji obuhvaćaju veće područje primjerice za generiranje karata ili određivanje ruta, treba koristiti druge metode pristupa podacima (URL 7).

API je baziran na REST (engl. *Representational State Transfer*) arhitekturi. REST zahtjevi su u obliku HTTP GET, PUT, POST i DELETE poruka, a odgovaraju osnovnim operacijama u bazi podataka (SELECT, UPDATE, INSERT, DELETE). Svaki API zahtjev ima svoj specifični URL, koji sadrži ime računala i verziju API-ja. Trenutna verzija API-ja je 0.6, stoga se svaki URL odnosi na <http://api.openstreetmap.org/api/0.6/zahtjev>. Podaci koji se razmjenjuju API-jem prenose se u OSM XML formatu, o kojemu će biti više rečeno u poglavlju o OpenStreetMap formatima podataka.

Svi zahtjevi za promjenu, stvaranje ili brisanje podataka zahtijevaju ovjeru korisnika. Podržane su dvije metode ovjere: osnovna ovjera (HTTP Basic authentication) i OAuth. Osnovna ovjera koristi informacije korisničkog računa stvorenog na OpenStreetMap stranicama, a uključuje korisničko ime i lozinku. Kao najčešće korištenu shemu ovjere podržavaju je gotovo svi HTTP klijenti. Ako korisnik pristupi URL-u koji zahtjeva ovjeru, automatski će se izbaciti dijalog za unos korisničkog imena i lozinke. S druge strane, OAuthom korisnik može aplikaciji dati ovlaštenje da vrši promjene u njegovo ime. Aplikacija preuzima od poslužitelja tzv. token i koristi ga za promjene pod tim korisničkim računom.

Od API-ja 0.6 svi zahtjevi koji vrše promjene nad bazom podataka prethodno zahtijevaju i otvaranje skupa promjena (engl. *changeset*). Pri tome treba dati ID skupa unutar zahtjeva. Koncept skupa promjena razvijen je kako bi se lakše identificirale promjene na pojedinom objektu. Skup promjena je bio nužan zbog samog načina unošenja promjena, jer je moguće da više korisnika radi na istom objektu u istom trenutku. Preporučeno je da se unutar skupa doda tag s komentarom, odnosno kratkim objašnjenjem promjena koje se rade na skupu podataka

API pruža razne mogućnosti za rad s OpenStreetMap podacima te između ostalog omogućava preuzimanje svih objekata unutar zadanog graničnog okvira u obliku zahtjeva `GET /api/0.6/map?bbox=<left>,<bottom>,<right>,<top>`. Pri tome je potrebno zadati krajnje vrijednosti graničnog okvira, i to redom geografsku dužinu lijevog ruba okvira, geografsku širinu dna okvira, geografsku dužinu desnog ruba okvira i geografsku širinu vrha okvira. Zahtjevom se dobivaju svi čvorovi, putevi i relacije koji se u cijelosti ili djelomice nalaze unutar okvira. Primjer zahtjeva za preuzimanje podataka u okolini geodetskog fakulteta definiran je sljedećim URL-om:

`http://api.openstreetmap.org/api/0.6/map?bbox=15.96088,45.80724,15.96612,45.81003`

Kao rezultat dobiva se OSM XML datoteka koja sadržava listu svih objekata koji se nalaze unutar zadanog graničnog okvira.

3.2.3. XAPI

OpenStreetMap Extended API (ili XAPI, izgovara se zappy) je API protokol namijenjen samo čitanju podataka. Temeljen je na unaprijeđenoj verziji glavnog OpenStreetMap API-ja i pruža poboljšane funkcionalnosti pretraživanja i postavljanja upita. Također omogućava preuzimanje više podataka istovremeno u odnosu na glavni API. Izvršava se na vlastitoj kopiji cijele baze podataka koja se osvježava svakih nekoliko minuta. Podaci najčešće nisu stariji više od 10 minuta u odnosu na glavnu bazu podataka (URL 8).

Podaci preuzeti XAPI-jem istog su formata kao i oni standardnog API-ja, s razlikom što XAPI dodaje atribut *xapi:users* za svaki vraćeni objekt, a sadrži listu svih korisnika koji su

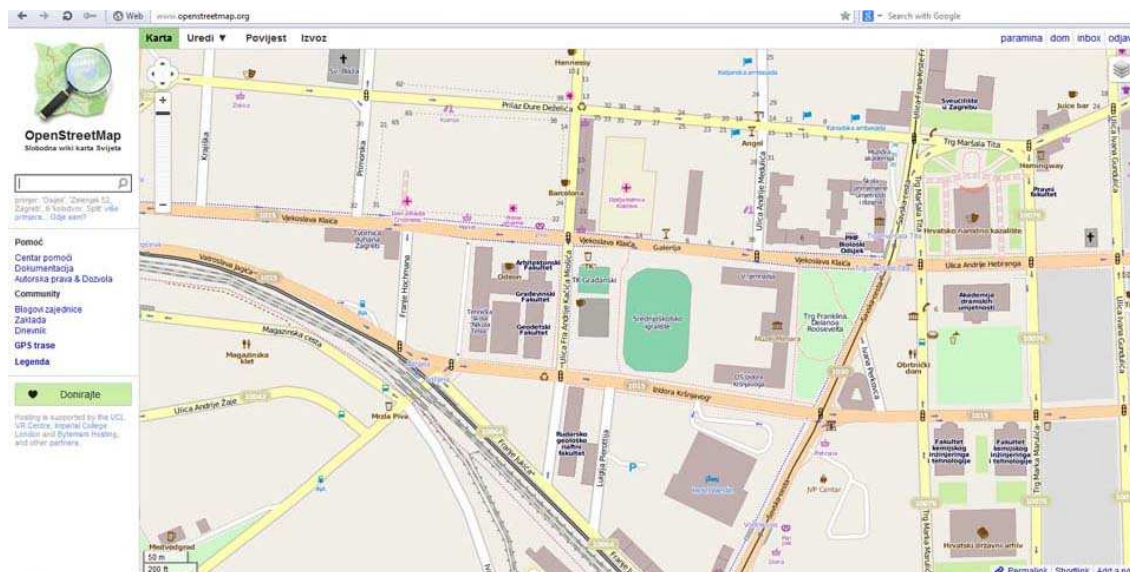
ikada radili na određenom objektu. Treba naglasiti da XAPI radi samo s trenutnim elementima, nije moguće pristupiti povijesnim ili obrisanim elementima.

URL-om: <http://www.informationfreeway.org/api/0.6/zahtjev> se pristupa XAPI zahtjevu. Postoji nekoliko XAPI poslužitelja, a navedeni URL uvijek preusmjerava zahtjev na onaj poslužitelj koji najbolje odgovara konkretnom zahtjevu.

3.2.4. Sučelje za prikaz i uređivač e karte

Web korisničko sučelje za prikaz i uređivanje karte je Ruby on Rail aplikacija koja ima direktnu vezu s bazom podataka (ne koristi se API za pristup). Ruby on Rails je programska podrška za razvoj web aplikacija otvorenog koda napisana u Ruby programskom jeziku. Namijenjena je bržoj i produktivnijoj izradi web aplikacija temeljenih na bazama podataka. Osim za korisničko sučelje, Ruby on Rails je osnova za API logiku, te je za potrebe OpenStreetMap projekta sustav programske podrške objedinjen zajedničkim imenom u The Rails port (URL 5).

Osnovna karta se nalazi na <http://www.openstreetmap.org/> (Slika 4). Sučelje je razvijeno uz pomoć Javascript programskog jezika te omogućava korisniku približavanje pogleda i pomicanje po karti (engl. *zoom and pan*). Uz prikaz karte stranica omogućava otvaranje online uređivača pritiskom na tab *Uredi*. Korisnik može birati između dva uređivača, Potlatch 2 i iD. ID je najnoviji dodatak sučelju za uređivanje karte, napisan u JavaScriptu. Potlatch je Flash objekt ugrađen u web stranicu, napisan u ActionScriptu. Osim navedenih glavnih funkcija, glavna stranica omogućava prijavljivanje i registraciju korisnika, postavljanje i ažuriranje GPS datoteka te uređivanje korisničkih podataka.



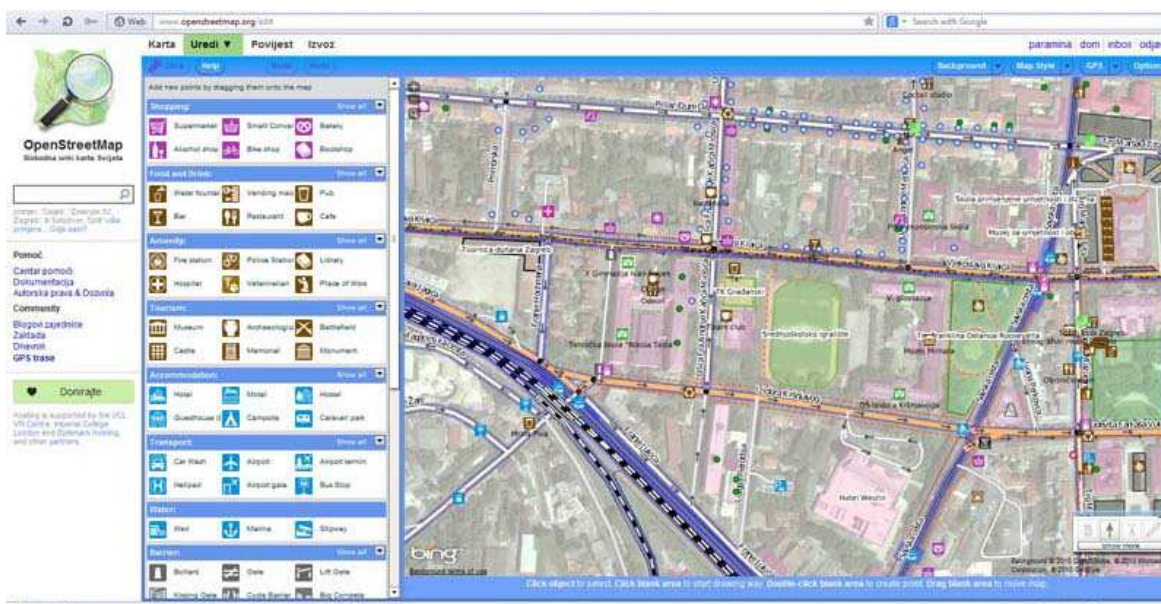
Slika 4. Prikaz OpenStreetMap karte na stranici <http://www.openstreetmap.org/>

Na slici 4. je vidljiva glavna OpenStreetMap karta. Budući da je OpenStreetMap internacionalan projekt u kojem sudjeluju ljudi iz različitih zemalja, sučelje za prikaz karte prevedeno je na brojne jezike, uključujući i hrvatski. U gornjem lijevom uglu je traka s tabovima, koji su slijeva na desno redom: *Karta*, *Uredi*, *Povijest* i *Izvoz*. Pritiskom na tab *Karta* na stranici se prikazuje glavna karta. U gornjem desnom uglu nalazi se izbornik za odabir različitih stilova karte. S lijeve strane nalazi se okvir za pretraživanje unutar kojeg je moguće zadati parametre pretraživanja. Pretraživanje se vrši pomoću Nominatim servisa koji se također temelji na OpenStreetMapu ili alternativno GeoNames bazi podataka. Rezultati su prikazani u obliku liste s koje je moguće odabrati traženu lokaciju kako bi se približio pogled. Približi li se karta na dovoljnu razinu aktivirat će se tab *Uredi*. Odabirom taba *Uredi* otvara se padajući izbornik u kojem korisnik može odabrati ID ili Potlatch uređivač.

Tab *Povijest* otvara stranicu za pretraživanje skupova promjena engl. *changeset*. Na toj stranici je prikazana lista skupova promjena unutar graničnog okvira koji je bio odabran za željenu razinu približenja.

Tab *Izvoz* otvara internetsko sučelje za izravan izvoz OpenStreetMap podataka u razne formate. Ako se ne odabere neko drugo područje, izvoze se oni podaci koji padaju unutar trenutno vidljivog područja. Dostupni formati za izvoz su OSM XML format, standardni rasterski formati ili HTML kod za umetanje. Odabirom XML formata dobivaju se sirovi

OpenStreetMap podaci s kojima je moguće raditi u odgovarajućim programima za uređivanje OpenStreetMap podataka. Ovaj način izvoza dopušta izvoz relativno malog područja jer se za izvoz koristi API (približno 10km x 10 km). Pri odabiru izvoza u obliku slike, moguće je spremiti kartu u PNG, JPEG, SVG ili PDF formatu. Također je ponuđen izbor mjerila, a na dnu je prikazana veličina slike u pikselima. HTML kod za umetanje omogućava umetanje odabranog dijela karte na proizvoljnu internetsku stranicu, kao i automatsko generiranje markera na proizvoljnoj poziciji. Korisnici stranice mogu se pomicati po karti i približavati pogled (engl. *zoom and pan*).



Slika 5. Prikaz Potlatch 2 sučelja

Slika 5. prikazuje Potlatch 2 sučelje, pokrenuto pritiskom na prethodno navedeni tab *Uredi*. Potlatch je idealan za nove korisnike jer ne treba instalirati neki specifičan OpenStreetMap softver, već omogućuje direktno korištenje preko glavne OpenStreetMap stranice. Jedno što treba za njegovo pokretanje je internetski preglednik i Adobe Flash player. Adobe Flash player je priključak koji dozvoljava preglednicima prikazivati Flash medije na internetskim stranicama.

Za rad u Potlatchu treba imati OpenStreetMap korisničko ime i lozinku, dakle promjene su dozvoljene samo za registrirane korisnike. Sve promjene koje se izvrše nad skupom podataka moguće je pohraniti i unijeti na OpenStreetMap poslužitelj. Pri tome se traži od korisnika da upiše kratak komentar kako bi se stvorio skup promjena.

Prilikom prvog pokretanja, u pozadini se prikazuju Bing zračne snimke, ako su podaci dostupni za to područje. Prikaz je moguće mijenjati pritiskom na tab *Background* (pozadina) u gornjem desnom uglu, pri čemu se otvara padajući izbornik za izbor pozadine. Osim navedenog taba, postoji tab za odabir željenog stila karte, *Map style*, tab *GPS* kojim je moguće unositi vlastite GPS podatke, i tab za opcije prikaza, *Options*. S lijeve strane nalazi se izbornik za lakše uređivanje, u kojem su ponuđeni najčešće korišteni tagovi i njihove vrijednosti.

3.2.5. Sustav za iscrtavanje karata

Iscrtavanje karata vrši se na osnovu podataka iz PostGIS baze podataka i iscrtavaju u obliku rasterskih slika koje se nazivaju sličice karte (engl. *map tiles*). To je kvadratna rasterska grafika poredana u mrežu, takoreći mozaik sličica karte koje spajanjem čine kartografski prikaz.

Sustav za spajanje tih sličica karte korišten u OpenStreetMapu je Mapnik program za crtanje karata. Podržava razne geoprostorne formate podataka i omogućuje fleksibilne opcije dizajniranja različitih vrsta karata. Mapnik je pisan u C++ programskom jeziku i posjeduje priključke za Python koji omogućavaju ubrzani razvoj aplikacija. Koristi AGG biblioteku (Anti-Grain Geometry) i omogućuje iscrtavanje karata bez nazubljenih rubova sa subpikselskom točnošću. Može čitati ESRI shapefile, PostGIS, TIFF rastere, .osm datoteke, te bilo koje formate podržane GDAL-om ili OGR-om. GDAL je biblioteka koja omogućava upravljanje velikim brojem rasterskih prostornih formata podataka, dok je OGR biblioteka dio GDAL biblioteke i podržava slične mogućnosti za vektorske formate podataka (URL 9). Proces iscrtavanja odvija se na Mapnik poslužitelju za crtanje sličica karte. Poslužitelj koristi podatke PostGIS baze koja se neprestano osvježava najnovijim OpenStreetMap podacima (URL 10).

Osim Mapnika, postoje drugi programi za crtanje karata kao što su Osmarender, Maperitive, Potlatch2, Mapweaver, AlaCarte itd. (URL 11).

3.2.6. Leaflet

Leaflet (<http://leafletjs.com/>) je JavaScript biblioteka otvorenog koda, koju je razvio Vladimir Agafonkin sa skupinom doprinositelja. Koristi se za prikazivanje interaktivnih web karata u modernim preglednicima i mobilnim uređajima. Leaflet je jedna od biblioteka za prikazivanje bilo kakvog tipa OpenStreetMap karte, te se koristi za prikazivanje glavne OpenStreetMap karte pomoću sličica karte iscrtanih Mapnikom. Fokusrana je na jednostavnost, iskoristivost, brži rad i podršku za mobilne uređaje, što su i glavne prednosti u odnosu na prijašnju biblioteku korištenu za prikaz OpenStreetMap karte, OpenLayers (URL 12).

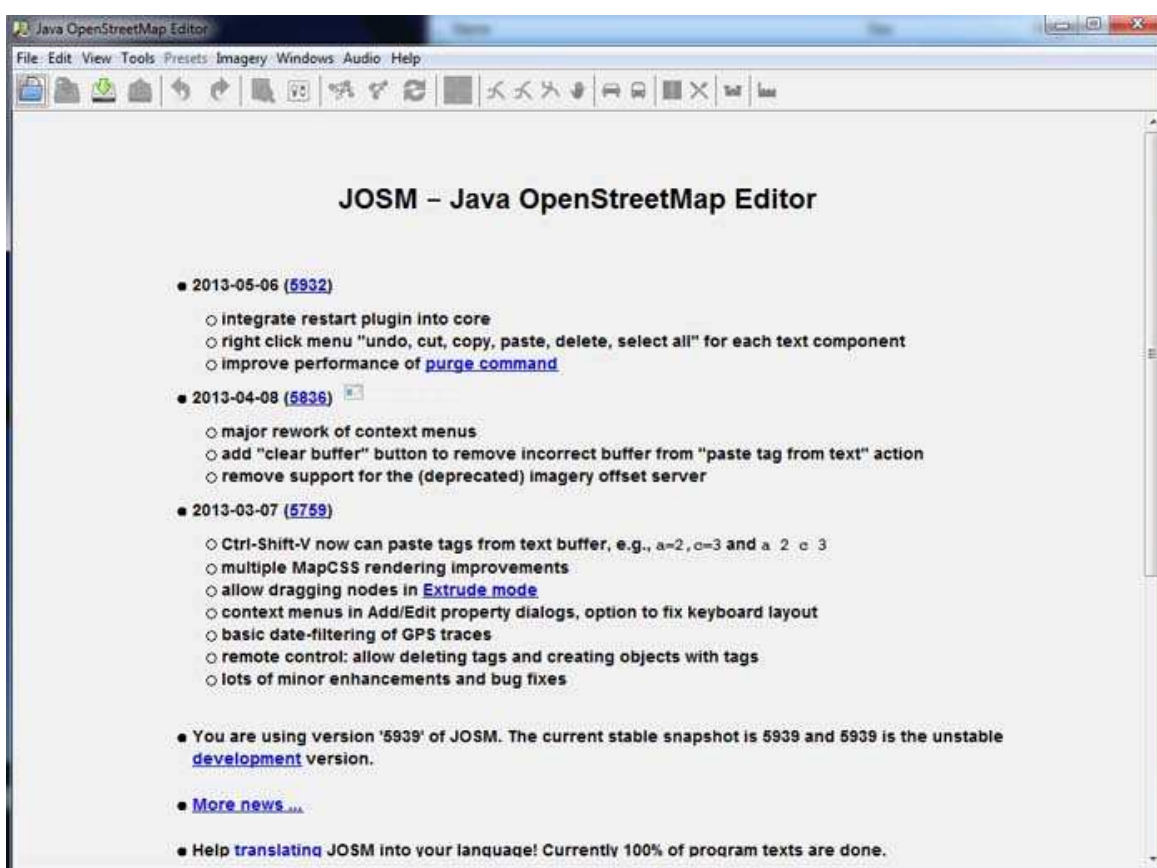
3.2.7. Programi za uređivanje podataka karte

Uređivanje OpenStreetMapa je proces stvaranja promjena nad podacima projekta, kao što je dodavanje čvorova, puteva, naziva, tagova itd. Postoji nekoliko programa za uređivanje OpenStreetMap podataka, a dva osnovna su već navedeni Potlatch uređivač i JOSM.

U ponudi su i mnogi drugi programi, s različitim mogućnostima, primjerice pojednostavljenim funkcionalnostima, za rad na specifičnim platformama kao što su mobilni uređaji itd. Na listi uređivača podataka se nalaze: Go Map!!, Amenity Editor, ArcGIS Editor for OpenStreetMap, Blumapia, GeorgeMap, GpsMid, iD, iLOE, Mapzen, Mapzen POI Collector, Merkaartor, Mumpot, Nomino, OpenMaps, OSM2Go, OSMaTuner, Potlatch, Pushpin OpenStreetMap, RawEditor, ShareNav i Vespucci (URL 13).

JOSM (*Java OpenStreetMap Editor*) je aplikacija za uređivanje OpenStreetMap podataka na stolnom računalu. Ne zahtjeva pristup Internetu za uređivanje. Zbog mnogih dodataka i stabilnosti odgovara potrebama naprednih korisnika, te je većina promjena OpenStreetMap baze ostvarena upravo korištenjem JOSM-a (URL 14). JOSM je u neprekidnom razvoju, široko je rasprostranjen među OpenStreetMap korisnicima i ima opsežnu dokumentaciju napisanu na nekoliko jezika. Dokumentacija je dostupna na službenoj JOSM stranici <http://josm.openstreetmap.de/wiki>.

Objekti se mogu lako mijenjati korištenjem osnovnih funkcija za uređivanje, dok veliki broj dodataka omogućuje izvršenje specijaliziranih zadataka. Podaci su u JOSM prikazani u slojevima, gdje jedan sloj primjerice može prikazivati GPS podatke preuzete s poslužitelja ili učitane iz lokalne datoteke, drugi podatke preuzete s OpenStreetMap poslužitelja, a treći zračnu snimku kao pozadinu za lakše snalaženje i pomoć pri kartiranju. Međutim, uređivati se može samo onaj sloj koji sadrži OpenStreetMap podatke. JOSM koristi lokalnu kopiju OpenStreetMap podataka, koja se mora sinkronizirati s poslužiteljem prije i poslije rada s podacima. Na slici 6. prikazano je standardno sučelje JOSM-a nakon pokretanja.



Slika 6. Prikaz sučelja prilikom pokretanja JOSM-a

Prilikom pokretanja JOSM-a otvara se sučelje koje pokazuje poruke o glavnim promjenama vezanim za program. Prikazuje se lista posljednjih nekoliko verzija programa s kratkim pojašnjenjem promjena, a pri dnu zaslona se može vidjeti koja je verzija JOSM-a instalirana na stolno računalo.

Za uređivanje OpenStreetMap podataka treba ih najprije unijeti u program. JOSM može čitati nekoliko tipova datoteka:

- OpenStreetMap podatke (XML datoteka s .osm ekstenzijom)
- Podatke GPS formata (XML datoteka s .gpx ekstenzijom)
- Kompresirane OpenStreetMap ili GPX datoteke (.osm.gz, .gpx.gz, .osm.bz2, .gpx.bz2)
- GPS zapisnik u NMEA formatu (.nmea ili .txt)

OpenStreetMap podaci preuzimaju se klikom na gumb za preuzimanje (*Download*), čime se otvara dijalog za preuzimanje. Nekoliko je načina preuzimanja OpenStreetMap podataka. Prvi je odabir željenog područja povlačenjem po karti. Moguće je zadati vrijednosti koordinata krajnjih točaka željenog područja koje čine granični okvir. Iako se odabire kvadratno područje unutar kojeg će se preuzeti podaci, poslužitelj vraća cjelovite objekte, čak i ako se samo djelomično nalaze unutar zadanog područja. Uz to, odabir područja može se vršiti upisivanjem imena mjesta oko kojeg se žele preuzeti podaci, ili pak odabirom sličica karte koje čine zadano područje. Konačno, moguće je pospremiti područja koja se češće upotrebljavaju, za lakši uvoz prilikom uređivanja podataka. Tijekom preuzimanja može doći do pogreške, ukoliko se prekorače već spomenuta ograničenja OpenStreetMap API-a za preuzimanje podataka. Po završetku editiranja konačnu verziju treba poslati natrag na poslužitelj, za što se koristi *Upload* dugme, pri čemu se, kao što je već prije spomenuto, stvara skup promjena (engl. *changeset*).

3.3. Model podataka

Klasičan vektorski model podataka uključuje reprezentaciju objekata stvarnog svijeta u obliku diskretnih točaka, linija i poligona. Točka je osnovni grafički element prikaza diskretnih lokacija na zemljinoj površini. Točka u matematičkom smislu nema dimenziju te je definirana svojim koordinatama x i y . Linija je jednodimenzionalna, definirana s dvije točke, točnije koordinatama početne i krajnje točke x_1, y_1, x_2, y_2 . Linijama se prikazuju linearni objekti kao što su ceste, rijeke, vodovi itd. Poligon je dvodimenzionalna reprezentacija prostorno diskretnih objekata (zgrada, otoka, jezera, šuma itd.). Njega

definiraju koordinate točaka koje čine zatvorenu liniju $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n$. Točke, linije i poligoni mogu se povezati atributnim podacima (Gajski 2012).

OpenStreetMap model podataka je osnova organizacije centralne OpenStreetMap baze podataka. Nešto je drugačiji od klasičnog vektorskog modela podataka. Tri osnovna tipa objekata su čvorovi koji definiraju točke u prostoru, putevi koji definiraju linearne objekte i područja te relacije koje se koriste za modeliranje odnosa između objekata. Objektima se pridružuju atributi koji se zovu tagovi, a svrha tagova je da pobliže opišu objekt na koje se odnose. Tag se sastoji od ključa i vrijednosti, primjerice “ključ=vrijednost”. Svakom objektu se prilikom kreiranja dodjeljuje jedinstveni numerički identifikator (ID), koji se koristi za identifikaciju objekta prilikom uređivanja. Obrisani objekti se nikada ne brišu iz baze podataka što omogućava vraćanje prijašnjeg stanja po potrebi. Svaki tip objekata ima svoj numerički prostor, što znači da istovremeno može postojati čvor i put s ID vrijednosti 1.

3.3.1. Čvor

Čvor se sastoji od jedne prostorne točke definirane geografskim koordinatama (geografskom širinom i dužinom). Geografske koordinate nalaze se na WGS84 elipsoidu, koji koriste i GPS uređaji. Koordinate se prikazuju u stupnjevima, s tim da se točkama zapadno od srednjeg meridijana u Greenwichu, te južno od ekvatora dodjeljuje negativan predznak. OpenStreetMap baza podataka koristi sedam decimalnih mjesta za pohranjivanje koordinata, čime je omogućena rezolucija od oko ± 1 cm. Ova točnost je zadovoljavajuća za većinu primjena, pogotovo što ručni GPS uređaji rijetko postižu točnost bolju od ± 5 metara. Visina kao treća, proizvoljna koordinata, može se zapisati u obliku taga s ključem 'ele'. (URL 15).

Čvorovi se mogu povezati da tvore puteve, čime služe kao verteksi u linearnoj geometriji ili kao granica poligona. Na mjestu gdje se dva puta križaju na istoj elevaciji, putevi dijele čvor (primjer je jednostavno raskrižje), dok za različite elevacije to nije slučaj (primjerice kod nadvožnjaka), te se takvi putevi trebaju obilježiti tagovima koji označavaju različiti sloj (*layer*) ili razinu (*level*). Iako je OpenStreetMap u osnovi 2D, bitno je označiti postoji

li u stvarnosti križanje ili ne, kako bi se mogla pravilno kreirati topologija. Topologija je posebno važna za navigacijske uređaje te bilo koje servise za računanje ruta.

Čvorovi osim što definiraju puteve, također mogu definirati jedinstvene objekte za kartiranje točaka od interesa (engl. *Points of Interest* – POI). Ako se koriste na ovaj način, obično imaju barem jedan tag kako bi se definirala njihova svrha. Neki čvorovi mogu istovremeno definirati puteve/poligone i točke od interesa, primjerice ako se neka točka od interesa nalazi izravno na cesti. Dakle ako je točka od interesa dio ceste, može služiti i za definiranje te ceste.

Primjer XML koda jednog čvora:

```
<node id="25496583" lat="51.5173639" lon="-0.140043" version="1"
changeset="203496" user="80n" uid="1238" visible="true" timestamp="2007-01-
28T11:40:26Z">
  <tag k="highway" v="traffic_signals"/>
</node>
```

Iz navedenog koda vidljivo je da je čvor uz geografske koordinate (lat="51.5173639" lon="-0.140043") opisan s još nekoliko informacija. To su prije svega ID čvora (id="25496583"), broj verzije i broj skupa promjena unutar kojeg su radene promjene (version="1" changeset="203496"), ime i ID korisnika koji je posljednji uređivao čvor (user="80n" uid="1238"), vidljivost čvora (visible="true"), vremenska oznaka posljednjeg uređivanja (timestamp="2007-01-28T11:40:26Z") i konačno proizvoljan broj tagova (<tag k="highway" v="traffic_signals"/>).

3.3.2. Put

Put je poredana lista dvaju ili više čvorova koji sadrži barem jedan tag ili je dio relacije. Put može biti otvoren ili zatvoren (URL 16). Otvoreni putevi koriste se za prikazivanje linearnih objekata kao što su ceste, željeznice, rijeke itd. Primjer XML koda jednosmjerne ulice:

```

<way id="5090250" visible="true" timestamp="2009-01-19T19:07:25Z" version="8"
changeset="816806" user="Blumpsy" uid="64226">
  <nd ref="822403"/>
  <nd ref="21533912"/>
  <nd ref="821601"/>
  <nd ref="21533910"/>
  <nd ref="135791608"/>
  <nd ref="333725784"/>
  <nd ref="333725781"/>
  <nd ref="333725774"/>
  <nd ref="333725776"/>
  <nd ref="823771"/>
  <tag k="highway" v="residential"/>
  <tag k="name" v="Clipstone Street"/>
  <tag k="oneway" v="yes"/>
</way>

```

Može se vidjeti da put ima nešto drugačiju sintaksu od čvora. Put čine točke od kojih je sastavljen, što je definirano poredanom listom točaka:

```

<nd ref="822403"/>

```

```

...

```

Također ga opisuju sljedeće informacije: ID puta (id="5090250"), vidljivost (visible="true"), vremenska oznaka posljednjeg uređivanja (timestamp="2009-01-19T19:07:25Z"), broj verzije i broj skupa promjena unutar kojeg su rađene promjene (version="8" changeset="816806"), ime i ID korisnika koji je posljednji uređivao put (user="Blumpsy" uid="64226"). Konačno, tu je i lista tagova: <tag k="highway" v="residential"/>...koji definiraju vrstu ceste, ime ulice i smjer kretanja.

Zatvoreni put je onaj kojemu je zadnja točka jednaka prvoj i može se interpretirati kao zatvorena polilinja, područje ili oboje. Zatvorene polilnije koriste se kod prikazivanja zatvorenih cesta ili barijera, primjerice kod kružnog toka ili ograda. Primjer istovremene upotrebe puta kao zatvorene polilnije i područja je recimo zasađena trava unutar kružnog

toka. U tom slučaju to se područje tretira i kao zatvorena polilinija koja definira kružni tok i kao područje s upotrebom zemljišta – trava.

OpenStreetMap model podataka nema definiran poseban tip podataka za područja (poligone). Umjesto toga koriste se zatvoreni putevi, kojima se dodaju tagovi za definiranje područja. Tagovi igraju važnu ulogu u definiranju razlike između zatvorene polilinije i područja. Područja s rupama, kao što je šuma s proplankom, konstruiraju se stvaranjem multipoligona (vanjskog i unutarnjeg) korištenjem relacija.

3.3.3. Relacija

Relacija se koristi za definiranje logičkih ili prostornih odnosa između različitih objekata. Članovi relacije mogu biti čvorovi, točke pa čak i druge relacije. Član relacije može imati definiranu ulogu koja opisuje njegovu svrhu unutar relacije. Relacija mora imati minimalno jedan tag i jednog člana, a lista članova mora biti poredana. Jedan objekt može više puta biti član iste relacije. Preporučljivo je ne koristiti više od 300 članova unutar jedne relacije. Za tu svrhu stvara se više manjih relacija koje se onda povezuju super-relacijom. Ovo pravilo je uvedeno jer je teže upravljati velikim relacijama, raste nestabilnost (lakše se prekidaju veze između objekata), kao i potrošnja memorije u bazi i na poslužitelju.

Postoji nekoliko tipova relacija od kojih se najčešće koriste: ruta (engl. *route*), multipoligon (engl. *multipolygon*), granica (engl. *boundary*) i ograničenja (engl. *restriction*). Ruta se koristi primjerice za povezivanje više cesta u jednu rutu. Multipoligon se koristi za definiranje kompleksnijih područja (npr. područja s rupom). Granica se koristi za definiranje administrativnih granica, a ograničenja da bi se opisala razna ograničenja kao što su zabrana skretanja itd. (URL 17). Slijedi primjer XML koda za multipoligon s dvije rupe, gdje je osim standardnih informacija vidljiv poredani popis elemenata relacije:

```
<relation id="12" timestamp="2008-12-21T19:31:43Z" user="kevjs1982" uid="84075">
  <member type="way" ref="2878061" role="outer"/>
  <member type="way" ref="8125153" role="inner"/>
  <member type="way" ref="8125154" role="inner"/>
  <member type="way" ref="3811966" role=""/>
```

```
<tag k="created_by" v="Potlatch 0.10f"/>  
<tag k="type" v="multipolygon"/>  
</relation>
```

3.3.4. Tagovi

Čvorovi, putevi i relacije mogu imati proizvoljan broj tagova. Tag se sastoji od ključa i vrijednosti tipa niz znakova (engl. *string*) s ograničenjem zapisa od 255 znakova. Tagovi su kodirani UTF-8 tipom kodiranja što omogućava podršku za sve vrste posebnih znakova. Ključ opširno opisuje objekt, te pri tome zapis ključa ne smije biti prazan. Svaki tag može imati samo jedan ključ, što znači da objekt ne može imati više tagova koji koriste isti ključ. Ključu se najčešće pridodaje vrijednost koja ga pobliže opisuje, te se tag zapisuje u obliku ključ=vrijednost (URL 18). Ceste se primjerice definiraju ključem *highway*, dok će cijeli tag za autoceste biti *highway=motorway*. Pješačka staza definirana je tagom *highway=footway*. Željeznice su definirane ključem *railway*, jezera i šume ključem *natural*. Pri tome je *natural=water* jezero, a *natural=wood* šuma. Razne uslužne djelatnosti definirane su ključem *amenity*, kojem se dodaju vrijednosti npr. za definiranje restorana (*amenity=restaurant*), bolnice (*amenity=hospital*), škole (*amenity=school*) itd. Lista svih tagova prilagođena hrvatskom jeziku dostupna je na stranici http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Hr:Map_Features

3.4. OpenStreetMap formati datoteka

Za razmjenu i prijenos OpenStreetMap podataka postoji nekoliko formata, od kojih su najvažniji OSM XML, PBF i o5m. O svakom će biti ukratko rečeno u sljedećim poglavljima.

3.4.1. OSM XML

XML je kratica za EXtensible Markup Language, odnosno jezik za označavanje podataka. Ideja je bila stvoriti jedan jezik koji će biti jednostavno čitljiv i ljudima i računalnim programima. Granajuća struktura za zapisivanje podataka vrlo je slična HTML strukturi, te ju koriste mnogi formati kao SVG i ODT. Glavne prednosti XML-a su

jednostavnost čitanja zbog jasne strukture, neovisnost o hardveru, mogućnost prilagodbe raznim konkretnim formatima i dobar omjer kompresije. XML ima i nekoliko nedostataka, a to su velike datoteke, koje ponekad treba dekompresirati prije upotrebe, te spora obrada i zapisivanje podataka.

Većina OpenStreetMap alata koriste upravo XML format. XML je u osnovi lista svih elemenata osnovnih tipova podataka (čvorova, puteva i relacija) koji čine arhitekturu OpenStreetMap modela podataka. OSM XML datoteka najčešće završava s .osm ekstenzijom. Slijedi skraćeni primjer potpunog OSM XML dokumenta (URL 19).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="CGImap 0.0.2">
  <bounds minlat="54.0889580" minlon="12.2487570" maxlat="..." maxlon="..." />
  <node id="298884269" lat="54.0901746" lon="12.2482632" user="SvenHRO"
uid="46882" visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-
21T21:37:45Z"/>
  <tag k="name" v="Neu Broderstorf"/>
  ...
</node>
...
<way id="26659127" user="Masch" uid="55988" visible="true" version="5"
changeset="4142606" timestamp="2010-03-16T11:47:08Z">
  <nd ref="292403538"/>
  ...
  <tag k="highway" v="unclassified"/>
  ...
</way>
...
<relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true" version="28"
changeset="6947637" timestamp="2011-01-12T14:23:49Z">
  <member type="node" ref="294942404" role="" />
  ...
  <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
```

```
...  
</relation>  
  
...  
</osm>
```

Na vrhu dokumenta nalazi se XML sufiks koji navodi UTF-8 kodiranje znakova za datoteku. Zatim slijedi `<osm>` element koji sadrži podatke o verziji API-ja i programa koji je proizveo XML datoteku. Unutar `<osm>` može se nalaziti proizvoljni element `<bounds>` koji definira pravokutno područje za koje su zatraženi podaci, a zatim slijedi lista OpenStreetMap objekata u obliku blokova i to redom svi čvorovi, zatim putevi i na kraju relacije. Blok čvorova sadrži podatke o svim čvorovima kao i popis tagova svakog čvora. Blok puteva sadrži reference na sve točke za svaki put, kao i tagove svakog puta. Posljednji je blok relacija, koji sadrži reference na sve članove svake relacije, kao i tagove svake relacije. Struktura XML koda za svaki tip objekata (čvorovi, putevi i relacije) pobliže je objašnjena u prethodnom poglavlju, stoga je ovdje prikazana u skraćenom obliku.

Uz standardnu OSM XML specifikaciju, koja opisuje statičnu, trenutnu situaciju OpenStreetMap podataka, postoji i OsmChange specifikacija. OsmChange format se koristi za zapisivanje promjena skupa OpenStreetMap podataka, a datoteke ovog formata završavaju s `.osc` ekstenzijom. OsmChange datoteka može imati bilo koji broj `<create>`, `<modify>` i `<delete>` blokova, od kojih svaki sadrži iste objekte kao i standardna OSM XML datoteka.

3.4.2. PBF

PBF format (engl. *Protocolbuffer Binary Format*) je prvotno namijenjen kao alternativa XML formatu zbog njegovog glavnog nedostatka – veličine `.osm` datoteka. Datoteka PBF formata otprilike je duplo manja od `.osm.gz` datoteke cijelog planeta kompresirane gzip programom za kompresiju i za trećinu manja od `.osm.bz2` datoteke kompresirane bzip2 programom. Također se 5x brže ispisuje u odnosu na `.osm.gz`, a čak 6x brže čita. Format je dizajniran da podržava buduća proširenja i osigura fleksibilnost. Dosta programa već podržava PBF format uz osnovni XML format, a postoji i nekoliko alata za

konverziju između PBF-a i OSM XML-a (URL 20). Prednosti ovog formata su male datoteke i brža obrada podataka, a glavni nedostaci su što nije jasno razumljiv čovjeku, teško se uređuje, te aplikacije trebaju zlib biblioteku za funkcije kompresije.

3.4.3. O5m

Format ekstenzije .o5m dizajniran je kao kompromis između OSM XML i PBF formata. Ima sličnu strukturu kao OSM XML format, pa se procedure unosa i ispisa podataka mogu prilagoditi .o5m formatu uz male preinake. Kodiranje podataka je slično PBF formatu, pa postoji neznatna razlika u veličini datoteke. Novim formatom pokušalo se kombinirati prednosti oba formata. Namjera je razviti format čije će datoteke biti male veličine, lako obradive, koji će omogućiti lako spajanje dvije ili više datoteka i s kojim će korisnik moći birati metode kompresije. Međutim, i ovaj format ima nedostatak nerazumljivosti čovjeku i nemogućnosti uređivanja standardnim programima za uređivanje teksta (URL 21).

3.5. Preuzimanje OSM datoteke

Podacima pohranjenim u bazi podataka može se pristupiti na nekoliko načina, ovisno o količini podataka koja se želi preuzeti (URL 37).

Za preuzimanje cijelog skupa podataka koji obuhvaća cijeli svijet, jednom tjedno se generira Planet.osm datoteka. Datoteka sadrži sve točke, puteve i relacije iz glavne baze podataka. Zbog velike količine podataka koje sadrži, datoteka zauzima puno prostora. Nekompresirana OSM XML datoteka ima preko 370GB, a kompresirana 27GB (URL 38). Datoteka je nezgrapna za korištenje, budući da alatima za upravljanje podacima treba nekoliko dana da ju obrade.

Uz to, rijetki su slučajevi kada su potrebni podaci za cijeli svijet. Iz tog razloga generiraju se datoteke koje se zovu ekstrakti, a sadrže OpenStreetMap podatke pojedinih kontinenata, država i područja većih gradova. Za područje Hrvatske dnevno svježi ekstrakti u kompresiranom OSM XML i PBF formatu se mogu preuzeti sa stranice <http://data.osm-hr.org/>. Također se mogu preuzeti arhivske datoteke unazad sve do 07.11.2007. godine. Stranica sadrži i listu dnevnih ekstrakata datoteka promjena za područje Hrvatske, PBF datoteke susjednih država (Albanija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Mađarska, Kosovo, Latvija, Makedonija, Crna Gora, Rumunjska, Srbija i Slovenija), dnevne garmin i osmand karte i tematske ekstrakte za cijeli planet.

Male količine podataka moguće je preuzeti na stranici glavne karte, korištenjem taba za izvoz podataka. Postupak je objašnjen u poglavlju o web sučelju za prikaz i korištenje glavne karte. API, XAPI ili drugim protokolom za pristup podacima također je moguće preuzeti manji podskup podataka. Program za uređivanje OpenStreetMap podataka JOSM također ima opciju odabira željenog područja korištenjem API protokola. Preuzeti podaci automatski se vizualiziraju, a mogu se pohraniti u .osm datoteku (JOSM format koji je nešto drugačiji od klasičnog OSM XML formata).

3.6. Licenca

Temeljna ideja OpenStreetMapa su slobodni prostorni podaci, nesputani raznim pravnim ograničenjima. Za ostvarenje te ideje najprije treba definirati licencu pod kojom je dozvoljen unos, korištenje i daljnja distribucija podataka. Prva licenca pod kojom su se objavljivali podaci bila je već spomenuta CC-BY-SA (engl. *Creative Commons Attribution-ShareAlike*) licenca.

Pod CC-BY-SA licencom dopušteno je umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo, te ga prerađivati i koristiti u komercijalne svrhe, pod uvjetom imenovanja autora i dijeljenja pod istim uvjetima. Drugim riječima, korisnik djela mora priznati i označiti autorstvo djela onako kako je to specificirao autor ili davatelj licence, te ako se djelo mijenja, preoblikuje ili koristi kao predložak, prerada se mora distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična CC-BY-SA licenci. Prilikom korištenja ili distribucije djela, trebaju se naglasiti uvjeti licence, najbolje pružanjem linka na stranicu: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/hr/> (URL 22).

Kao što je već ranije navedeno, 12. rujna 2012. godine u potpunosti je dovršen prijelaz s CC-BY-SA na ODbL licencu. Glavni razlog za prijelaz je taj što je CC-BY-SA licenca pisana za kreativne radove kao što su fotografije i pisani radovi, dok je ODbL napisana isključivo za dijeljenje podatka i baza podataka. ODbL je također u skladu s europskim zakonima o dijeljenju bazama podataka. Prijelaz je od početne ideje do konačnog izvršenja trajao nekoliko godina jer je bilo nužno omogućiti starim korisnicima izbor pristanka ili odbitka novih uvjeta korištenja.

ODbL licenca je gledano s aspekta baze podataka slična po uvjetima kao i CC-BY-SA licenca. ODbL licenca dopušta kopiranje, distribuciju i korištenje baze podataka, stvaranje novih proizvoda iz baze te prerađivanje i poboljšavanje baze, pod uvjetom imenovanja autora i dijeljenja pod istim uvjetima. (URL 23). Pri tome treba jasno naznačiti da su podaci dostupni pod ODbL licencom. Međutim gledano s aspekta proizvoda deriviranih iz baze podataka, situacija je nešto drugačija.

Iako obje licence nastoje očuvati podatke slobodnima, čak i ako se kombiniraju s drugim podacima, ODbL omogućava izradu proizvoda pod bilo kojom licencom. To je moguće ako

se na osnovu podataka baze izradi proizvod koji sam nije baza podataka, što dovodi do mogućnosti prodaje proizvoda koji se dalje ne smiju umnožavati. Navedeno je dovelo do rasprava oko promjena licence, što je čak rezultirao odvajanjem dijela korisnika od OpenStreetMap projekta i stvaranjem FOSM-a (engl. *Free OpenStreetMap*) (URL 24). Još jedan razlog nezadovoljstva bio je gubitak podataka korisnika koji nisu pristali na nove uvjete.

Kako bi podaci ipak u nekom obliku ostali slobodni, ODbL zahtjeva da se objave sve derivirane baze podataka, čak i one koje su korištene samo kao međukoraci u izradi novih proizvoda. Pod novom licencom OpenStreetMap zaklada ima pravo objavljivati cjelokupne skupove podataka kao jedan vlasnik prava, te se sva pitanja u vezi autorskih prava postavljaju zakladi. Starom licencom, pravna pitanja je trebalo postaviti cjelokupnoj OpenStreetMap zajednici tj. svim korisnicima (URL 25).

Navedene uvjete licence OpenStreetMapa treba imati u vidu prilikom korištenja njihovih podataka. Ukratko, korisnici imaju pravo bez ograničenja koristiti podatke OpenStreetMapa. Proizvode derivirane iz tih podataka ne moraju distribuirati, prodavati ni dijeliti u bilo kojem obliku. No ako to žele, podaci ne moraju biti objavljeni pod istom licencom, ali treba naglasiti izvor podataka (dakle OpenStreetMap) i treba se objaviti baza podataka iz koje je proizvod nastao.

Isti uvjeti vrijede i prilikom unosa podataka u OpenStreetMap. Kako bi OpenStreetMap jamčio da su podaci slobodni, svi korisnici koji unose podatke trebaju omogućiti dostupnost tih podataka drugim korisnicima. Ako se koriste podaci zaštićeni autorskim pravima, prije njihovog objavljivanja treba dobiti autorov pristanak. S druge strane, smiju se koristiti podaci ako je korisnik koji ih objavljuje istovremeno i vlasnik prava nad njima, ako su podaci pod ODbL licencom, te ako nisu pod nikakvom licencom ili ako je licenca istekla.

4. Metode prikupljanja OpenStreetMap podataka

Prikupljanje podataka je osnovni aspekt OpenStreetMap projekta, jer su oni temelj za izradu karata. Bez adekvatnih podataka ne mogu se izraditi karte, a time ni ostali proizvodi i usluge. Nekoliko je metoda prikupljanja OpenStreetMap podataka, od kojih je osnovna (i izvorna) metoda izmjera ručnim GPS (razvojem drugih satelitskih sustava GNSS) uređajem. Ovo je jedini način prikupljanja podataka kojim se dobivaju potpuno samostalni podaci, neovisni o već postojećim skupovima podataka, što mu daje prednost nad ostalim metodama. Podaci se također mogu unositi uz pomoć satelitskih i zračnih snimki ili lokalnog znanja o nekom području, te se sve više unose podaci iz javnih i državnih izvora.

4.1. GPS

GPS je skraćenica za Globalni pozicijski sustav (engl. *Global Positioning System*), a pripada u posebnu granu za istraživanje Zemlje iz satelita – satelitske sustave za pozicioniranje i navigaciju. Zajednički naziv za sve takve sustave je Globalni navigacijski satelitski sustav (engl. *Global Navigation Satellite System*) – GNSS. Svrha ovih sustava je omogućiti pozicioniranje i navigaciju u realnom vremenu u bilo kojem trenutku i na bilo kojem mjestu na i u blizini zemljine površine. Uz GPS trenutno je u uporabi ruski GLONASS sustav. GLONASS je dosegao punu konstelaciju 1995. godine, ali je zanemaren nakon pada Sovjetskog saveza što je dovelo do slabe pokrivenosti i tek djelomične dostupnosti. Sustav je u potpunosti obnovljen 2011. godine. Trenutno su u izgradnji europski Galileo sustav za koji se predviđa potpuna operativnost do 2020. godine i kineski Compass čija je namjena proširenje kineskog regionalnog navigacijskog sustava, Beidoua, a završetak izgradnje se predviđa 2020. godine (URL 26). Budući da većina trenutnih ručnih uređaja može primati samo GPS signale, u ovom radu obradit će se GPS sustav.

Razvoj GPS sustava započelo je 1973. godine Ministarstvo obrane SAD-a (engl. *Department of Defense* – DoD). Iako je primarni cilj GPS-a bila primjena u vojne svrhe, civilna uporaba sustava je odobrena 1983/84. godine. Sustav je dosegnuo potpunu operativnost u ožujku 1994. godine kada je u orbitu lansirano 24 satelita, što je službeno

proglašeno 17. srpnja 1995. godine. GPS se sastoji iz tri osnovna segmenta: svemirski koji tvore sateliti koji odašilju signale, kontrolni koji čine stanice za praćenje, kontrolu i upravljanje, te korisnički koji uključuje različite tipove prijamnika, permanentne mreže i servise.

Svemirski segment čine minimalno 24 satelita u 6 skoro potpuno kružnih orbita (4 satelita po orbiti). Sateliti kruže na visini od oko 20200 km iznad Zemlje. Inklinacija orbita iznosi 55° , a period rotacije satelita iznosi jednu polovinu zvjezdanog dana (11h i 58 min). U tijeku su proširenja konstelacije na više od 24 satelita radi povećanja preciznosti pružajući prekobrojna mjerenja, koja uzrokuju promjenu osnovne konstelacije.

Kontrolni segment čine opažačke stanice, glavna kontrolna stanica i zemaljske kontrolne stanice. Opažačke stanice služe za određivanje efemerida satelita, te kontinuirano mjerenje P-koda pseudoudaljenosti svih satelita iznad horizonta. Glavna kontrolna stanica u Colorado Springsu sakuplja podatke praćenja satelita od opažačkih stanica, računa orbite satelita i parametre satova i šalje podatke potrebne satelitima trima zemaljskim kontrolnim stanicama koje ih dalje prosljeđuju satelitima (Bačić 2009).

Korisnički segment čine GPS prijamnici, u koje spadaju i ručni GPS uređaji korišteni za prikupljanje podataka u OpenStreetMap projektu. Prijamnici primaju signale više satelita, te ih koriste za određivanje pozicije. Točnost određivanja pozicije ovisi o točnosti korištenog prijamnika.

Signal koji odašilju sateliti sadrži podatke o trenutnoj poziciji satelita, kao i visokoprecizne podatke o satu satelita, koji se koriste za određivanje udaljenosti prijamnika od satelita i u konačnici za određivanje same pozicije prijemnika na Zemlji. Budući da se računanje koordinata temelji na razlici vremena odaslanog signala i onog primljenog unutar prijemnika, koji nisu u potpunosti usklađeni, uz tri koordinate prijamnika javlja se i četvrta nepoznanica vremenske razlike satova. Da bi se dobile koordinate prijamnika u trodimenzionalnom prostoru su stoga potrebna najmanje četiri satelita. Svakim dodatnim satelitom dobivaju se prekobrojna mjerenja koja služe za povećanje pouzdanosti određivanja pozicije.

Na točnost određivanja pozicije prijamnika uz broj satelita utječe i njihova geometrija. Točnost je veća ako su sateliti međusobno udaljeniji i pravilno raspoređeni na horizontu. Ovi faktori mogu se izraziti u obliku brojčane vrijednosti nazvane DOP (Dilution of Precision). Što je vrijednost DOP-a veća, točnost izračunate pozicije bit će manja. Ako vrijednost DOP-a prijeđe 10, nije moguće inicijalizirati mjerenje. Osim geometrije satelita postoje mnogi vanjski faktori koji utječu na točnost pozicioniranja. To su prije svega utjecaj ionosfere, troposfere i multipath.

Ionosfera je dio atmosfere ioniziran solarnim zračenjem, koji se proteže od otprilike 50 do 1000 km iznad zemljine površine. Utječe na rasprostiranje radio valova i uzrokuje kašnjenje signala u ovisnosti od njihove valne duljine, što je poznato kao disperzija. U pravilu se mijenja sporo i na većim prostorima te se njezin utjecaj može procijeniti s vremenom. Utjecaj ionosfere na GPS signal naziva se ionosferska refrakcija, a može se eliminirati korištenjem dvofrekvencijskih prijamnika.

Troposfera je dio atmosfere koji se proteže na visini od 0 do 7 km na polovima i 17 km na ekvatoru. Vlažna komponenta troposfere izaziva varijacije slične ionosferi, ali one ne ovise od frekvencije signala. To znači da je troposfera nedisperzivni medij i njezin utjecaj nije moguće eliminirati pomoću dvije frekvencije. Varijacije su lokalnog karaktera i teško su mjerljive, a nazivaju se troposferska refrakcija.

Multipath odnosno višestruka refleksija signala je efekt kada signal pojedinog satelita dolazi do faznog centra antene različitim putanjama. Razlika u udaljenosti uzrokuje interferenciju signala i odražava se mjerenjem pogrešne udaljenosti - pseuodudaljenosti koja je najčešće veća od stvarne udaljenosti. Multipath je uvijek prisutan jer sve površine više ili manje reflektiraju elektromagnetske valove. Ipak, najveći problem predstavljaju visokoreflektivne površine kao što su metalne površine i ograde, metalizirano staklo, mokro lišće i trava, vodena površina i druge (Bačić 2009). Stoga prilikom izmjere treba izbjegavati postavljanje GPS uređaja u blizini takvih površina. Također treba imati na umu da signal satelita ne prolazi kroz čvrste objekte kao što su zidovi, unutrašnjost automobila i drveće, odnosno voditi računa o čistom nebu nad prijamnikom.

Utjecaj većine faktora koji smanjuju točnost pozicioniranja može se eliminirati korištenjem dvofrekvencijskih prijamnika, a dodatno povećanje točnosti dobiva se relativnom metodom

pozicioniranja korištenjem dva prijamnika. U tom slučaju jedan prijamnik se postavlja na točku s poznatim koordinatama, dok se drugi prijamnik postavlja na točku kojoj se žele odrediti koordinate. Pri tome razlikujemo statičko relativno pozicioniranje, ako su oba prijamnika postavljena na točke kroz dugi period opažanja i kinematičko relativno pozicioniranje kod kojeg se drugi prijamnik brzo kreće i određuje svoj položaj s ratom registracije kraćom od 1 sekunde. Navedene metode koriste se kod geodetskih izmjera, gdje je potrebno postići visoku točnost pozicioniranja.

4.1.1. Ručni GPS prijamnici

GPS je od osnivanja do danas postigao zadovoljavajuće točnosti čak i za primjenu u najpreciznijim geodetskim poslovima. Međutim, prikupljanje podataka za OpenStreetMap projekt rijetko se obavlja korištenjem visokopreciznih dvofrekvencijskih GPS prijamnika. Najčešće se koristi apsolutno pozicioniranje upotrebom ručnih GPS uređaja, čija je točnost zbog prethodno navedenih utjecaja rijetko kad bolja od ± 5 m. Za mjerila u kojima se ti podaci prikazuju ta točnost je dostatna, pogotovo što je za projekt od same pozicije važnija topologija. Namjeravaju li se OpenStreetMap podaci koristiti u geografskim informacijskim sustavima, treba utvrditi zadovoljavaju li zahtjeve točnosti konkretnog zadatka.

Bolju točnost moguće je postići višestrukom izmjerom i to po mogućnosti kroz nekoliko dana, kad su utjecaji pozicije satelita i atmosferski utjecaji promijenjeni. Točnost postaje problem kod izmjere zgrada jer je horizont zaklonjen samom zgradom, a veći je i utjecaj multipatha. Za crtanje vanjskog ruba zgrade mogu pomoći zračni snimci. Rubovi zgrada mogu se također definirati mjerenjem linija uz stranice zgrade čijim se križanjem dobiva točka ugla zgrade.

Postoji mnogo vrsta GPS prijamnika, od najosnovnijih pa do pametnih telefona s ugrađenim GPS-om.

- GPS Loggers: mali uređaji sa sposobnošću snimanja zapisa. Ponekad mogu imati ugrađen mali LCD ekran za prikazivanje osnovnih postavki, ali ne nude prikaz karte ili navigacijske opcije. S mobitelom ili prijenosnim računalom povezuju se preko USB ili Bluetooth veze.

- Ručni/Sportski GPS: namijenjeni vanjskim aktivnostima. Na malom ekranu u boji prikazuje se karta, a pruža i navigacijske funkcije. Obično su dosta otporni, a ponekad i vodonepropusni.
- In-car SatNav: s velikim zaslonom u boji, glavna funkcija im je navigacija automobila.
- Smartphone/Tablet: Mnogi pametni telefoni i tableti imaju integriranu GPS antenu. Instalacijom raznih aplikacija dobivaju mogućnost zapisivanja GPS mjerenja, pružanja navigacijskih opcija ili čak direktnog uređivanja OpenStreetMap podataka.
- Prijamnici za precizno pozicioniranje: za dobivanje visokotočnih pozicija, znatno su skuplji i teže prenosivi od ostalih prijamnika (URL 27).

4.1.2. Postavke GPS prijamnika

Zbog široke ponude prijamnika s različitim mogućnostima, ne postoje univerzalne upute za prikupljanje podataka. Ipak, postoje neke osnovne stvari koje svaki prijamnik treba zadovoljiti. To je prije svega mogućnost zapisivanja podataka. GPS prijamnik bi trebao imati mogućnost zapisivanja višesatnih podataka, bez da se stari podaci brišu ili podršku za Micro-SD karticu. Također bi trebao imati mogućnost definiranja i pohranjivanja točaka pritiskom na gumb, čime bi se mogle zabilježiti primjerice razne interesne točke. Uz to treba postojati nekakav način povezivanja prijamnika s računalom kako bi se podaci mogli dalje obrađivati. Za prikupljanje podataka na biciklu ili u autu treba imati nekakvu metodu postavljanja prijamnika na vozilo. Dodatna pomoć u djelomično iskartiranim područjima su uređaji koji u pozadini prikazuju OpenStreetMap kartu, jer se tako vidi što je ucrtano, a što nije.

Pri korištenju ručnog GPS-a, prva stvar koju treba provjeriti u postavkama je koordinatni sustav u kojem se vrši izmjera. Budući da su svi OpenStreetMap podaci u WGS84 sustavu, istog treba odabrati i za izmjeru.

Slijedeće, interval registracije treba postaviti na najviši koji nudi korišteni GPS uređaj. Tako je omogućeno mjerenje više detalja, čime se dobiva i bolji trag GPS-a. Neki uređaji imaju mogućnost spremanja točaka samo pri znatnim promjenama smjera kretanja, što nije

dobro za kartiranje pa ovu opciju treba isključiti. Uz to postoji mogućnost snimanja podataka svakih nekoliko metara, neovisno o proteklom vremenu. Opcija se može koristiti prilikom polagane šetnje, ali u ostalim okolnostima ju treba ugasiti (URL 28).

Neki uređaji s ugrađenim sustavom za navigaciju i planiranje rute imaju opciju usklađivanja s kartom, koja automatski ispravlja GPS poziciju kako bi odgovarala centralnoj liniji prometnice. U tom slučaju se pozicija uređaja smješta na prometnicu, čak i ako se uređaj nalazi pored prometnice, a ne direktno na njoj. Budući da su karte s kojima se usklađuje pozicija najčešće zaštićene autorskim pravima, opcija može dovesti do kršenja autorskih prava prilikom izmjere. Ako se opcija koristi samo za navigaciju ne krše se autorska prava. Prilikom snimanja objekata uz prometnicu, primjerice pješačke ili biciklističke staze, opcija može dovesti do pogrešnog zapisivanja podataka jer objekte smješta na prometnicu.

Povećanje točnosti izmjerenih tragova može se postići pravilnim postavljanjem GPS prijamnika, dakle na mjesto gdje ima dobar prijem. Ako se mjerenje vrši pješice, dobra pozicija za GPS je vrh ruksaka ili naramenica. Nošenje GPS-a u džepu hlača znatno smanjuje točnost jer je tako zaklonjen dio neba. Za vožnju na biciklu, postavljanje na upravljač omogućava slobodan horizont i lak unos točaka. U automobilu treba postaviti GPS na upravljačkoj ploči tako da bude što bliže prozoru. Moderna automobilska stakla mogu sadržavati metal i ako je to slučaj, bolja lokacija za GPS je stražnja polica automobila (URL 28).

4.1.3. Tipovi GPS podataka

GPS uređaji rade s tri različita tipa podataka: tragovima (engl. *track*, *trace*), točkama (engl. *waypoint*) i rutama (engl. *route*). Tragovi su snimljena kretanja GPS uređaja. Trag se sastoji od segmenata traga (engl. *track segment*), a oni se sastoje od točaka traga (engl. *trackpoint*). Točka traga sadrži vrijednosti geografske širine i dužine, a u ovisnosti o tipu uređaja, može sadržavati vremensku marku, brzinu kretanja, informacije o visini ili DOP vrijednosti. Točke traga registriraju se najčešće u fiksnom intervalu od nekoliko sekundi, ali neki uređaji spremaju točke samo prilikom naglih promjena kretanja, ili u intervalima

prijeđene zadane fiksne udaljenosti. Novi segment traga započinje prilikom svakog gubitka prijema signala ili gašenja uređaja.

Točke se određuju ručno pritiskom na gumb GPS uređaja. Svaka točka ima određenu poziciju odnosno geografske koordinate, a ovisno o funkcijama uređaja može imati i vremensku marku trenutka snimanja i neke dodatne podatke kao što su ime, ikona, multimedijски sadržaj koji se veže uz nju itd.

Rute se sastoje od točaka (engl. *route points*) koje vode do određene destinacije. Koriste se prilikom navigacije, a nisu od značaja za OpenStreetMap.

4.1.4. GPS formati podataka

Podaci dobiveni GPS-om mogu se pohraniti u nekoliko formata. Mnogi formati su vlasnički i razvijeni su za potrebe GPS uređaja, a najčešće korišteni neovisni formati su GPX i NMEA. Za konverziju između različitih GPS formata može se koristiti slobodan softver GPSTools.

GPX (GPS Exchange Format) je tip XML formata koji se koristi za pohranjivanje GPS tragova, točaka i ruta. Tako pohranjene podatke moguće je lako obrađivati i konvertirati u druge formate. Sve podatke koje se postavlja na OpenStreetMap poslužitelj treba prethodno prebaciti u GPX format. U slijedećem primjeru prikazan je način zapisivanja točke i segmenta traga GPS-a u GPX formatu (URL 29).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gpx version="1.0">
  <name>Example gpx</name>
  <wpt lat="46.57638889" lon="8.89263889">
    <ele>2372</ele>
    <name>LAGORETICO</name>
  </wpt>
  <trk><name>Example gpx</name><number>1</number><trkseg>
    <trkpt lat="46.57608333" lon="8.89241667"><ele>2376</ele><time>2007-
10-14T10:09:57Z</time></trkpt>
```

```

        <trkpt lat="46.57619444" lon="8.89252778"><ele>2375</ele><time>2007-
10-14T10:10:52Z</time></trkpt>
        <trkpt lat="46.57641667" lon="8.89266667"><ele>2372</ele><time>2007-
10-14T10:12:39Z</time></trkpt>
        <trkpt lat="46.57650000" lon="8.89280556"><ele>2373</ele><time>2007-
10-14T10:13:12Z</time></trkpt>
        <trkpt lat="46.57638889" lon="8.89302778"><ele>2374</ele><time>2007-
10-14T10:13:20Z</time></trkpt>
        <trkpt lat="46.57652778" lon="8.89322222"><ele>2375</ele><time>2007-
10-14T10:13:48Z</time></trkpt>
        <trkpt lat="46.57661111" lon="8.89344444"><ele>2376</ele><time>2007-
10-14T10:14:08Z</time></trkpt>
    </trkseg></trk>
</gpx>

```

Vidljiva je sličnost koda u usporedbi s OSM XML formatom. Na vrhu dokumenta nalazi se XML sufiks koji navodi UTF-8 kodiranje znakova za datoteku. Zatim slijedi <gpx> element unutar kojeg je definirana točka imena LAGORETICO, na poziciji lat="46.57638889" lon="8.89263889". Točka sadrži dodatni element <ele> koji definira visinu točke. Nakon točke slijedi element <trk> kojim je definiran GPS trag i unutar njega segment traga s listom točaka od kojih je sastavljen. U ovom konkretnom slučaju, segment traga se sastoji od 7 točaka.

NMEA je standard za komunikaciju između uređaja za navigaciju i druge mornaričke opreme. Standard je objavilo Nacionalno mornaričko udruženje za elektroniku SAD-a (engl. *US National Marine Electronics Association* – NMEA), a podržavaju ga mnogi GPS uređaji, kao i razni programi za obradu OpenStreetMap podataka, uključujući novije verzije JOSM-a.

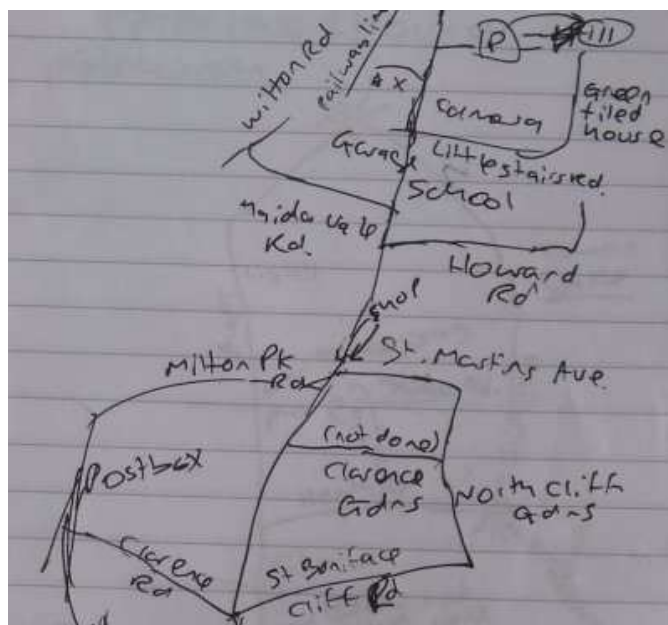
4.2. Dodatna oprema i tehnike kartiranja

Iako su GPS tragovi važna osnova za kartiranje, teško ih je koristiti bez dodatnih podataka koji pobliže opisuju snimane objekte. Stoga je potrebno GPS tragove upotpuniti informacijama kao što su imena ulica, tip prometnice, podacima o točkama od interesa i brojnim drugim. Atributni podaci se ne smiju preuzeti s drugih karata jer se tako krše autorska prava, a time i osnovna bit OpenStreetMap projekta. Dodatne informacije o kartiranim objektima mogu se prikupiti na različite načine, što ovisi o osobnim afinitetima, ali i o metodi transporta. U dodatnu opremu se ubrajaju:

- Bilježnica i olovka, zbog svoje pristupačne cijene i jednostavne upotrebe. Budući da ih je gotovo nemoguće koristiti ako se podaci prikupljaju na biciklu ili u automobilu, mogu znatno usporiti izmjeru.
- OpenStreetMap karta, kako bi se vidjelo koji su dijelovi već iskartirani
- Diktafon, iako je skuplji od bilježnice, jednostavniji je za upotrebu u pokretu
- Digitalna kamera, korisna za slikanje imena ulica i drugih detalja. Novije kamere imaju ugrađen GPS ili podršku za vanjsku GPS antenu što omogućava geokodiranje slika (dodavanje geografske širine, dužine i u nekim slučajevima visine).

4.2.1. Zapisivanje podataka u bilježnicu

Zapisivanje dodatnih podataka u bilježnicu je najjeftinija metoda i omogućava izradu brzih skica snimanog područja. U bilježnicu se mogu skicirati relativni odnosi objekata, njihovi nazivi i dodatni atributi. Skice treba izraditi tako da budu razumljive za kasniju upotrebu. Slika 7. prikazuje primjer skiciranja imena ulica. Kao što je već navedeno, ovu metodu je gotovo nemoguće primijeniti prilikom izmjere na biciklu ili u autu, stoga se najčešće koristi za kartiranje prilikom šetnje, ili ako kartiranje vrši više ljudi.



Slika 7. Skiciranje imena ulica (URL 31)

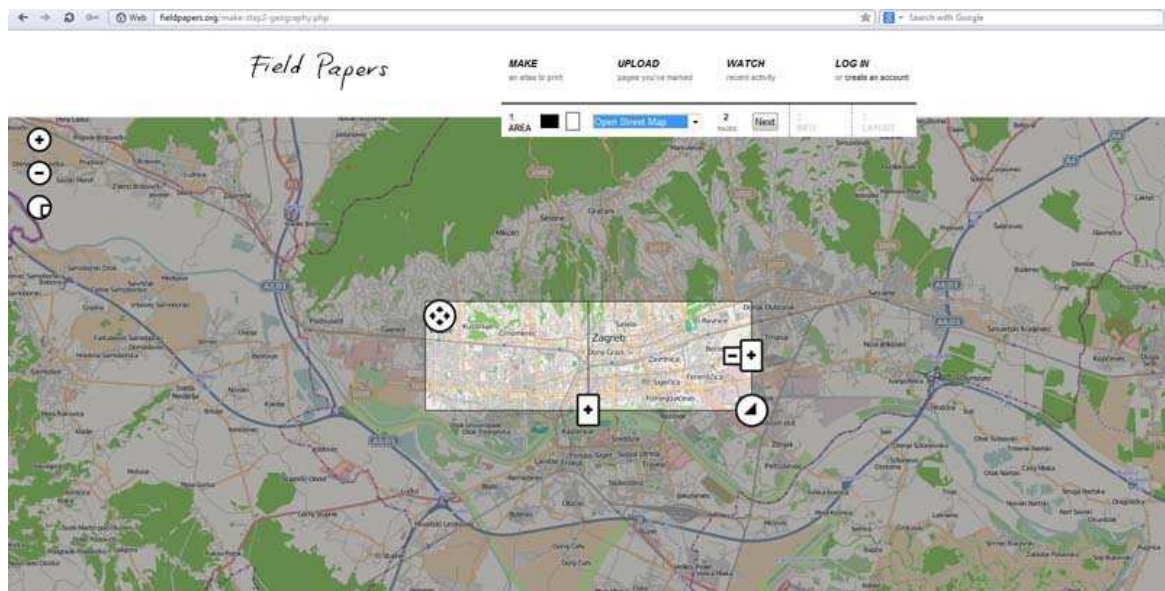
4.2.2. Korištenje OpenStreetMap karte

Metoda je slična skiciranju dodatnih podataka u bilježnicu. Prednost ove metode je što se korištenjem karte može raspoznati koja su područja iskartirana, a koja nisu, te na osnovu toga planirati izmjeru. Karta može biti isprintana ili prikazana na ekranu GPS uređaja ili pametnog telefona. Isprintana karta je dobra za zapisivanje bilješki direktno na karti.

Kao pomoć za ispis OpenStreetMap karte Michal Migurski iz Stamen Designa je osmislio Walking Papers projekt (dostupan na stranici <http://walking-papers.org/>). Ideja je bila olakšati printanje područja za kartiranje, ali i omogućiti postavljanje karata natrag na stranicu, kako bi prikupljene podatke mogli koristiti drugi korisnici. Kao nastavak na Walking Papers stvoren je Field Papers projekt (<http://fieldpapers.org/>).

Field Papers servis omogućava odabir područja koje se planira kartirati. Uz područje, može se odabrati stil kojim će biti prikazana karta, kao crno-bijeli prikaz linija prometnica, satelitske snimke s ili bez naziva ulica ili klasičan OpenStreetMap prikaz. Također se može odabrati printanje samo karte ili karte s prostorom predviđenim za bilješke. Nakon što su odabrane sve opcije, generira se PDF datoteka za ispis karte. Ispisana karta služi za identificiranje novih područja koja nisu iskartirana, a time ni prikazana na ispisanjoj karti. Po završetku izmjere, karta se može koristiti na isti način kao i bilježnica, ili se može

skenirati i ponovno postaviti na Field Papers stranicu. Svaka isprintana karta ima QR kod u kojem su zapisane informacije za georeferenciranje dokumenta. Karte postavljene na Fields Papers stranici mogu koristiti svi korisnici kao izvor dodatnih podataka za to područje. Slika 8. prikazuje sučelje za odabir područja ispisa.



Slika 8. Field Papers stranica za odabir područja ispisa (URL 32)

Uz navedene stranice, postoje druga web sučelja slične namjene, kao što su MapOSMatic, OpenPaperMaps, OpenStreetPosters. Također postoje alati namijenjeni izradi karata za ispis: MapPDF, Mapapel, TownGuide, Osmbook, MapBook, OSM-Atlas, Generic Mapping Tools i Smrender (URL 33).

4.2.3. Audio kartiranje

Audio kartiranje je metoda kartiranja prilikom koje se objekti opisuju u diktafon tijekom snimanja. Audio kartiranje je brže od zapisivanja podataka u bilježnicu i sigurnije za korištenje prilikom vožnje bicikla ili automobila. Nedostatak metode su moguće pogreške u izgovoru što može uzrokovati dodjeljivanje krivih atributa. Snimljene opise potrebno je sinkronizirati s GPS-om, kako bi se postavili na pravu lokaciju. Sinkronizaciju je moguće izvršiti na nekoliko načina (URL 34).

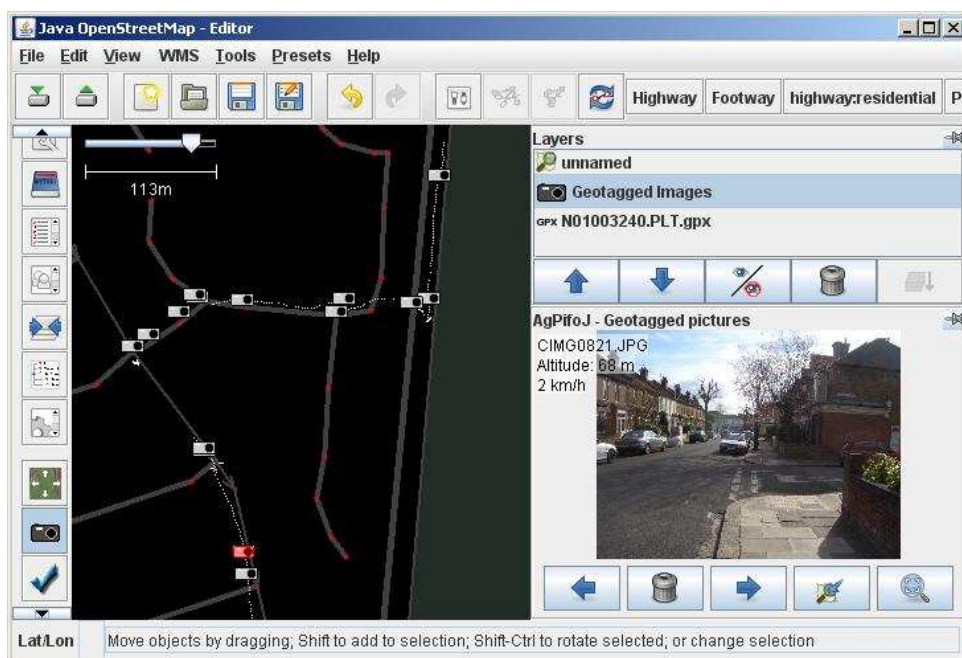
- Implicitna sinkronizacija: ako se koristi isti hardver i softver za spremanje GPS i audio zapisa, sinkronizacija se vrši automatski

- Kontekstualna sinkronizacija: vrši se tako da se opisuje svako skretanje što omogućuje snalaženje u zapisniku GPS traga. Međutim, ako se izgubi kontekst, gotovo je nemoguće izvršiti sinkronizaciju. Metoda funkcionira samo na području s puno skretanja, stoga pri izmjeri treba izbjegavati dugačke ravne ulice.
- Sinkronizacija pomoću točaka: većina GPS uređaja može obilježavati interesne točke, kojima se dodjeljuje broj ili naziv. Prilikom opisivanja u diktafon samo se treba navesti objekt i dodati broj točke koju je zabilježio GPS.
- Prostorna sinkronizacija: obavlja se kada GPS signal dosegne najvišu točnost, a to je 2 do 5 minuta nakon fiksiranja rješenja. Treba odabrati neku dobro vidljivu točku koja se može jasno identificirati. Zatim se prelazi preko točke nekoliko puta iz različitih smjerova (po mogućnosti pod kutem od 90°). Pri tome se treba kretati prosječnom brzinom kojom će se vršiti izmjera i zabilježiti u diktafon točan trenutak prelaska preko točke. Rezultat su GPS tragovi koji se križaju na odabranoj točki. Prostorna sinkronizacija preduvjet je vremenske sinkronizacije, a cilj joj je definiranje vremenskog odmaka sata diktafona u odnosu na GPS sat. Pri velikim brzinama kretanja, odmak satova dovodi do povezivanja audio zapisa s pogrešnom lokacijom.
- Vremenska sinkronizacija: uključuje poznavanje vremenskih marki audio zapisa na osnovu kojih se objekt smješta u prostor. Za diktafon sa sekundnom točnosti definiranja vremena potrebno je jednom izvršiti prostornu sinkronizaciju kako bi se dobilo kašnjenje sata diktafona. Ako diktafon nema sat, ili je njegova točnost na razini minute, treba koristiti kontekstualnu sinkronizaciju ili obavljati prostornu sinkronizaciju za svaki zapis, što oduzima puno vremena.
- Automatizirana sinkronizacija: sinkronizaciju pomoću točaka, kontekstualnu i vremensku sinkronizaciju moguće je obaviti automatiziranim postupcima koje pruža JOSM.

4.2.4. Kartiranje korištenjem fotografija

Kartiranje korištenjem fotografija je znatno brže od zapisivanja atributa u bilježnicu. Digitalnom kamerom mogu se snimiti fotografije prometnih znakova, imena ulica, izgled raskrižja i druga obilježja kako bi se ubrzao postupak kartiranja i povećala točnost.

Važan korak u kartiranju korištenjem fotografija je sinkronizacija sata digitalne kamere sa satom GPS prijamnika. Kao i kod audio kartiranja, sinkronizacija sata služi za dodjeljivanje točne lokacije svakoj fotografiji korištenjem podataka vremenske marke. Točna pozicija može se dobiti ako se sat na kameri namjesti na točno GPS vrijeme. Međutim, gotovo je nemoguće uskladiti satove u sekundu pogotovo zato što kamere većinom nemaju opciju namještanja sekundi. Budući da pri velikim brzinama kretanja odmak od minute čini razliku od 10-ak i više metara, ova metoda bi izazvala pogrešku u geolociranju. Za određivanje vremenskog odmaka sata digitalne kamere od GPS sata može se snimiti fotografija GPS-a s prikazanim satom na ekranu. Postoje i kamere s ugrađenim GPS-om koje automatski dodjeljuju koordinate svakoj slici. Noviji mobilni uređaji s ugrađenom kamerom i GPS-om također nude tu opciju. JOSM omogućuje unos fotografija koje se automatiziranim postupcima povezuju s GPS tragom i smještaju na pravu poziciju u prostoru. Slika 9. prikazuje JOSM sučelje s unesenim fotografijama.



Slika 9. Foto kartiranje korištenjem JOSM-a (URL 35)

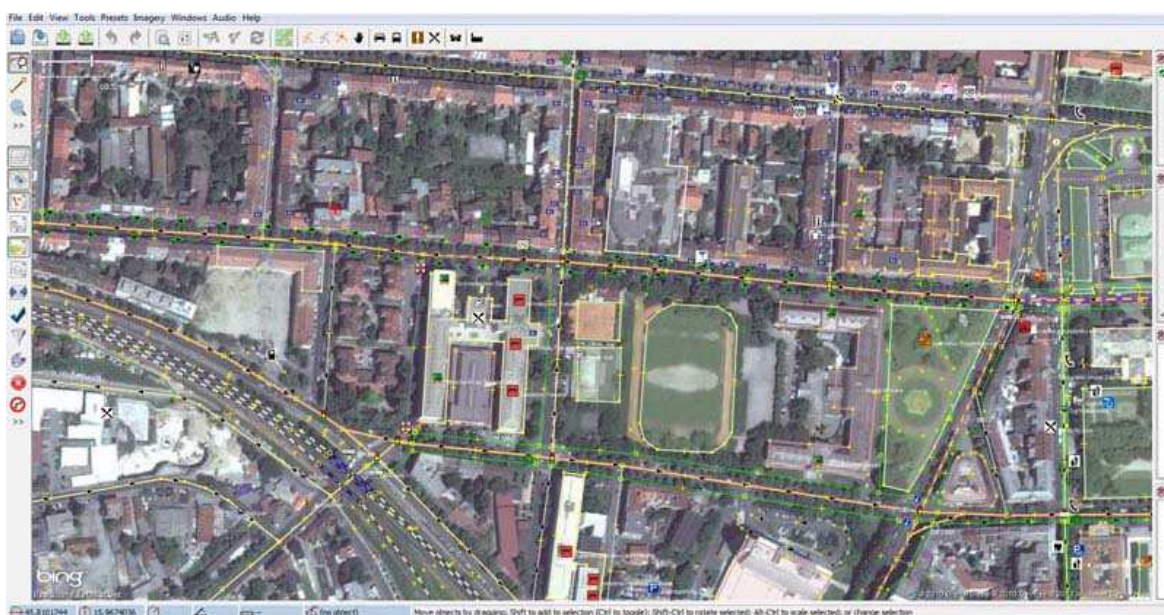
Ponekad je teško odrediti smjer snimanja fotografije, pa se preporuča slikanje fotografija iz različitih kuteva. Najbolje bi bilo uslikati fotografije s pogledom u sva četiri smjera, prema naprijed, natrag, lijevo i desno (URL 35).

4.3. Rad sa satelitskim i zračnim snimkama

Umjesto prikupljanja podataka GPS-om, ceste, rijeke, jezera i drugi objekti mogu se kartirati iscrtavanjem preko zračnih i satelitskih snimki. Trenutni glavni izvori snimki za OpenStreetMap su Landsat satelitske snimke koje pruža NASA i Microsoft Bing snimke.

Landsat snimke mogu se koristiti bez kršenja autorskih prava jer su odlukom vlade SAD-a u javnoj domeni. Snimke imaju slabu rezoluciju pa se ne mogu koristiti u urbanim područjima, ali su dobre za iscrtavanje vanjskih rubova jezera ili šumskih područja. Dobro su vidljive i veće rijeke, željezničke pruge i glavne ceste.

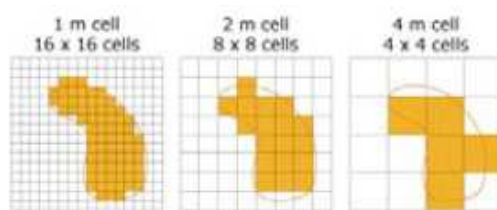
Satelitske i zračne snimke koje pruža Microsoft Bing su zaštićene autorskim pravima, ali je u studenom 2010. godine dopušteno korištenje snimki za potrebe iscrtavanja objekata. Nije dozvoljeno korištenje drugih podataka Bingovih karata. Na slici 10. prikazano je u JOSM-u područje oko Geodetskog fakulteta u Zagrebu. Bing snimka preklapljena je s OpenStreetMap podacima.



Slika 10. Bing snimka preklapljena s OpenStreetMap podacima u JOSM-u

Snimke pružaju osnovu za OpenStreetMap podatke. Preklapanje snimki s podacima olakšava snalaženje i prikupljanje atributnih podataka. Ipak, odlazak na teren je neizbježan jer se neke informacije kao što su imena ulica, smjer kretanja, naziv kafića itd. ne mogu dobiti sa snimki. Prilikom iscrtavanja podataka uz pomoć snimki trebaju se uzeti u obzir dva aspekta koji utječu na točnost iscrtavanja, a to su rezolucija snimke i točnost georeferenciranja (URL 36).

Rasterska slika sastoji se od pravilne mreže ćelija konstantne veličine, najčešće kvadratnog oblika. Ćelija je najmanja gradivna jedinica rasterske slike i naziva se piksel. Rezolucija rastera je definirana veličinom jednog piksela koji predstavlja određeno područje na površini zemlje. Što je veličina piksela manja, to je veća rezolucija slike. Veća rezolucija znači da se slika sastoji od većeg broja piksela po jedinici površine, odnosno da treba više piksela za predstavljanje nekog područja. Drugim riječima, što je bolja rezolucija bolje je i razlučivanje objekata na zemljinoj površini (Medak, Medved 2011). Za bolje razumijevanje rezolucije dana je slika 11.



Slika 11. Rezolucija rasterske slike

Na slici 11. je vidljivo da je oblik objekta najviše sačuvan kod slike sastavljene od 256 piksela veličine 1 m, u odnosu na sliku koja se sastoji od samo 16 piksela, svaki veličine 4 m.

Georeferenciranje je dovođenje piksela snimke u odnos sa stvarnim pozicijama na zemlji. Postupak georeferenciranja je relativno kompleksan, a greške su veće kod većih promjena terena i reljefa. Snimanje zemljine površine iz satelita odvija se s velikih udaljenosti, pa se prilikom preslikavanja na ravnu plohu javljaju pogreške zbog zakrivljenosti zemlje. Također, bez greške su preslikani samo objekti koji su u trenutku snimanja bili okomito u odnosu na satelit, dakle direktno ispod njega. Za sve ostale javlja se pogreška preslikavanja zbog kuta snimanja. Zbog navedenih utjecaja, snimke mogu biti pozicionirane s većim ili manjim pomakom. Stoga treba imati na umu da snimke visoke rezolucije ne garantiraju i

visoku prostornu točnost. Prilikom iscrtavanja preko snimke utjecaj pomaka može se smanjiti na različite načine, ovisno o tome koriste li se snimke na području gdje već postoje OpenStreetMap podaci ili na području koje uopće nije iskartirano.

4.3.1. Područje s postojećim OpenStreetMap podacima

U nekim područjima gdje postoje već iskartirani OpenStreetMap podaci može se direktno vidjeti da se ucrtani objekti, posebno ceste, ne preklapaju sa snimkama ako postoji odmak snimke (slika 12).



Slika 12. Odmak Bing snimke u odnosu za iskartirane ceste (URL 36)

Mnogi OpenStreetMap početnici pomisle kako su ceste krivo iskartirane pa ih pomiču da se poklope sa snimkom. To može biti potpuno krivo, ako je na tom području snimka pogrešno smještena u odnosu na stvarno stanje. Kako bi se provjerili jesu li odmaknute snimke ili podaci, mogu se na prikaz dodati GPS tragovi bilo kojeg korisnika koji pokrivaju zadano područje. Slika 13. prikazuje isto područje s dodanim GPS tragovima.



Slika 14. Područje bez OpenStreetMap podataka i GPS tragova (URL 36)

Budući da ne postoji nikakva referenca u odnosu na koju bi se moglo provjeriti postoji li odmak snimke, teže ga je uočiti i ispraviti. Jedan način je izmjera značajnije infrastrukture direktno na terenu, kako bi se stvorili GPS tragovi koje se može dodati u program za uređivanje. Ako je izlazak na teren nemoguće ostvariti, druga opcija je korištenje nekih postojećih podataka pod ODBl licencom. Najbolje bi bilo usporediti snimku s drugom, pravilno pozicioniranom snimkom, te ako postoji pomak, koristiti tu snimku kao referencu. To je najjednostavnije postići preklapanjem dvije snimke uz korištenje opcije za transparentnost sloja. Za određivanje odmaka snimke primjenom vektorskih podataka najbolje je koristiti ceste, jezera, rijeke ili zgrade (URL 36).

Nakon što su snimke pravilno pozicionirane, može se pristupiti iscrtavanju podataka u nekom programu za obradu koji podržava unos snimki kao pozadinskog sloja.

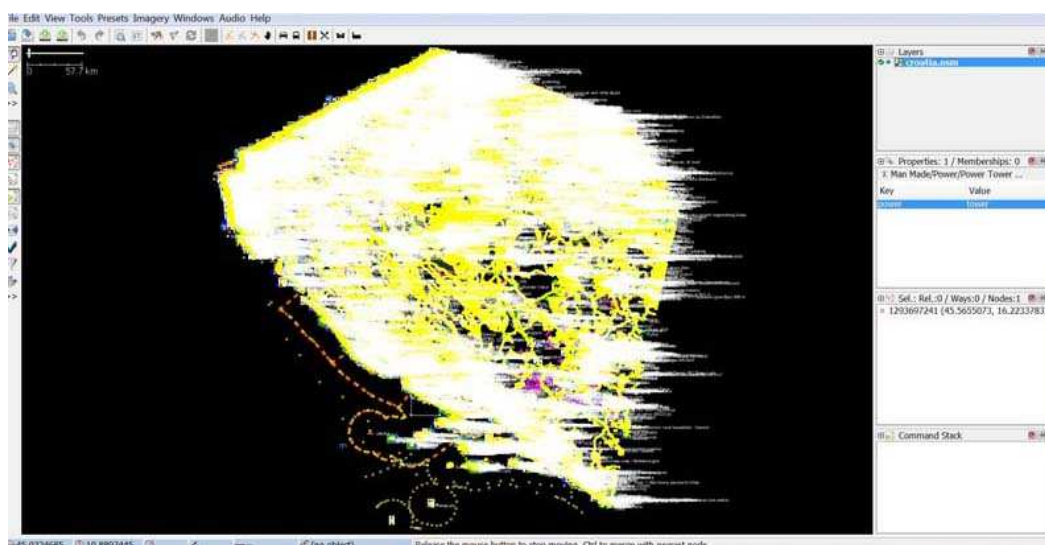
Prilikom iscrtavanja podataka poželjno je pratiti nekoliko smjernica za dobivanje boljih i točnijih rezultata. Objekte uvijek treba iscrtavati onako kako u stvarnosti izgledaju, a ne ih prilagođavati programima za iscrtavanje sličica karte. Isto vrijedi i za crtanje ravnih cesta. Ravne ceste treba crtati korištenjem samo dvije točke, početne i krajnje, čak i ako na GPS tragu izgledaju neravno. Zakrivljene ceste treba definirati onim brojem točaka koji ih

najbolje definira, dakle ni previše ni premalo. Svaki objekt treba biti definiran samo jednim OpenStreetMap elementom. Ako se koriste GPS tragovi za crtanje, poželjno je koristiti i GPS tragove drugih korisnika kako bi se dobila srednja vrijednost i time smanjila pogreška GPS pozicioniranja. Nije preporučljivo crtati na temelju starih snimki jer možda ne pokazuju stvarno stanje na terenu. Dakle, najbolje bi bilo kartirati ona područja koja možemo provjeriti direktnim rekognosciranjem. Također se ne preporuča brisanje tagova koji nam na prvi pogled nemaju smisla bez prethodne konzultacije s autorom. Uz to ne treba kartirati lokalna pravila koja nisu vidljiva na neki način (URL 46).

5. Aplikacija za izvoz podskupa podataka

Ideja aplikacije je omogućiti dobivanje određenog podskupa podataka iz proizvoljne OSM datoteke bez potrebe za radom na komandnoj liniji. Aplikacija je izrađena s namjerom da olakša unos OpenStreetMap podataka u geografske informacijske sustave. Glavni problem je što OpenStreetMap podaci nisu standardni GIS format pa se ne mogu direktno unijeti u sustav, već je potrebno puno prilagođavanja i poznavanja modela i strukture podataka. Aplikacija omogućava odabir predefiniranih 'tema' podataka koje olakšavaju korištenje podataka. Za tu svrhu izrađeno je jednostavno grafičko sučelje kojim se u samo nekoliko klikova dobiva OSM datoteka koja sadrži odabrani podskup podataka. Grafičko sučelje je izrađeno u Python programskom jeziku korištenjem TkInter paketa. Za rad aplikacije potrebna je proizvoljna OSM datoteka koju je moguće preuzeti na različite načine, a njeno filtriranje je obavljeno Osmosis aplikacijom. U sljedećim potpoglavljima opisan je postupak izrade i princip rada aplikacije.

Aplikacija za filtriranje traži početnu OSM datoteku koju korisnik sam odabire. Nije bitno na koji je od navedenih načina datoteka preuzeta, ali je važno da je spremljena u OSM XML nekompresiranom formatu, dakle treba imati .osm ekstenziju. Svi primjeri u diplomskom radu, kao i provjere prilikom izrade su izvršeni na *croatia.osm* isječku Hrvatske preuzetom 15.05.2013. s <http://data.osm-hr.org/> stranice. Slika 15. prikazuje *croatia.osm* datoteku otvorenu u JOSM-u.



Slika 15. Croatia.osm datoteka otvorena u JOSM programu

Na slici 15. je vidljivo da croatia.osm datoteka sadrži mnoštvo različitih objekata. Za otvaranje i uređivanje datoteke treba dosta vremena, a aplikacijom za izvoz dobivaju se podskupovi podataka s kojima je lakše manipulirati. Tablica 1. prikazuje specifikacije računala na kojem je otvorena croatia.osm datoteka u JOSM uređivaču, te vrijeme izvršavanja i zauzeće memorije. Vidljivo je da je otvaranje datoteke trajalo preko 3 minute i da zahtjeva 1,72 GB radne memorije.

Tablica 1. Specifikacije računala, brzina izvršavanja i zauzeće memorije prilikom otvaranja croatia.osm datoteke

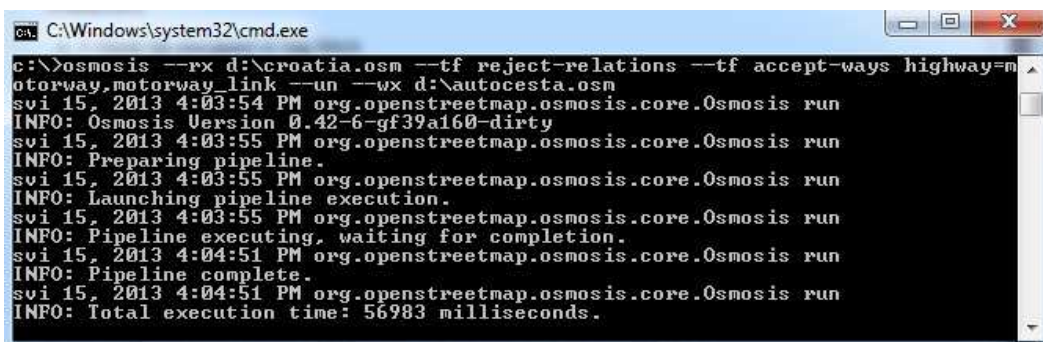
Procesor	Intel® Core™2 Duo Processor E8400
L2 Cache	6MB
Brzina procesora	3 GHz
FSB brzina	1333 MHz
Radna memorija (DDR2)	8 GB
Veličina datoteke	900 MB
Vrijeme izvršavanja	3min i 10s
Zauzeće memorije prije izvršavanja	1,72 GB
Zauzeće memorije nakon izvršavanja	3,44 GB
Ukupna potrošnja radne memorije	1,72 GB

5.1. Filtriranje podataka korištenjem Osmosis alata

Za izradu aplikacije korišten je zadatak `--tag-filter` (`--tf`) za upravljanje podacima koji filtrira objekte na osnovu tipa podataka (točke, putevi ili relacije) i tagova (u obliku ključ=vrijednost). Za izvoz autocesta i prilaza autocesti iz `croatia.osm` datoteke koja sadrži skup svih podataka za cijelu Hrvatsku, u komandnu liniju treba upisati sljedeću naredbu, poredanu u redove radi bolje preglednosti:

```
osmosis \  
--rx d:\croatia.osm \  
--tf reject-relations \  
--tf accept-ways highway=motorway,motorway_link \  
--un \  
--wx d:\autocesta.osm
```

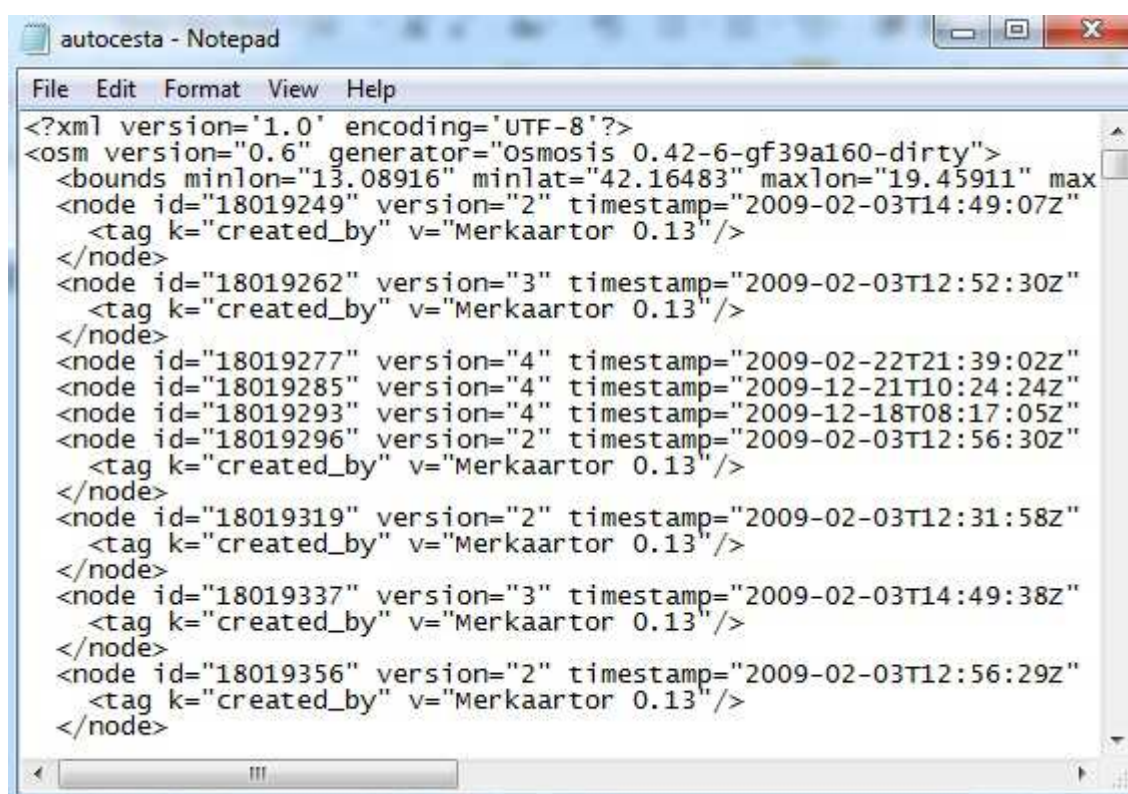
U prvom redu poziva se `osmosis` skripta, a u drugom se definira koja se XML datoteka čita zadatkom `--rx`. Pri tome treba zadati put do datoteke (`d:\croatia.osm`). U trećem redu korišten je `--tf` zadatak kako bi se iz rezultata odbacile relacije. Kad bi se izbacio treći red iz naredbe, izlazna datoteka bi uz tražene objekte sadržavala i sve relacije. Zatim su u četvrtom redu, također korištenjem `--tf` zadatka, definirani tipovi objekata koje se želi zadržati. Objekti se zatim dodatno filtriraju definiranjem tagova. U navedenom primjeru odabrani su putevi (`accept-ways`) koji su filtrirani tagovima (`highway=motorway,motorway_link`) kako bi se dobile samo autoceste i prilazi. No, budući da se putevi sastoje od točaka, potrebno je definirati zadatak `--un` (`--used-node`) kojim se zadržavaju sve točke koje čine autoceste, dok se sve ostale odbacuju (peti red). U zadnjem, šestom redu definiran je naziv izlazne XML datoteke zadatkom `--wx`, kao i lokacija spremanja (`d:\autocesta.osm`). Slika 16. prikazuje izgled Windows komandne linije prilikom izvršenja navedene naredbe. Naredbi je u prosjeku potrebna minuta za izvršenje, uz povećanje zauzetosti radne memorije od 80 MB.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
c:\>osmosis --rx d:\croatia.osm --tf reject-relations --tf accept-ways highway=not
motorway,motorway_link --un --wx d:\autocesta.osm
svi 15, 2013 4:03:54 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Osmosis Version 0.42-6-gf39a160-dirty
svi 15, 2013 4:03:55 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Preparing pipeline.
svi 15, 2013 4:03:55 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Launching pipeline execution.
svi 15, 2013 4:03:55 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Pipeline executing, waiting for completion.
svi 15, 2013 4:04:51 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Pipeline complete.
svi 15, 2013 4:04:51 PM org.openstreetmap.osmosis.core.Osmosis run
INFO: Total execution time: 56983 milliseconds.
```

Slika 16. Filtriranje autocesta iz *croatia.osm* datoteke na Windows komandnoj liniji

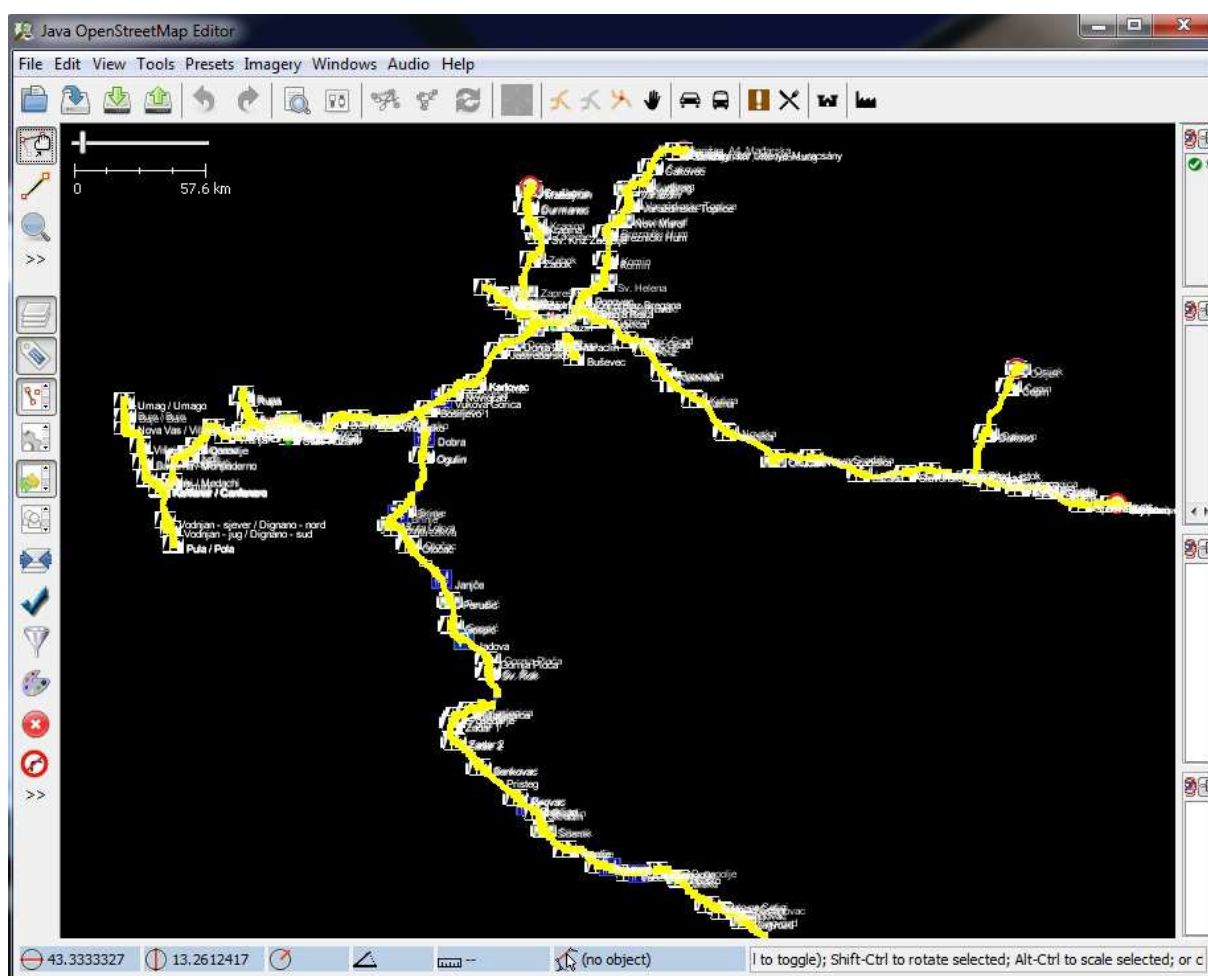
Naredbom je na D:\ direktoriju stvorena OSM XML datoteka *autocesta.osm*. Otvorimo li ju jednostavnim programom za uređivanje teksta, primjerice Notepadom, možemo vidjeti XML kod (Slika 17.)



```
autocesta - Notepad
File Edit Format View Help
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<osm version="0.6" generator="Osmosis 0.42-6-gf39a160-dirty">
  <bounds minlon="13.08916" minlat="42.16483" maxlon="19.45911" maxlat="46.05000">
  </bounds>
  <node id="18019249" version="2" timestamp="2009-02-03T14:49:07Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
  <node id="18019262" version="3" timestamp="2009-02-03T12:52:30Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
  <node id="18019277" version="4" timestamp="2009-02-22T21:39:02Z">
  </node>
  <node id="18019285" version="4" timestamp="2009-12-21T10:24:24Z">
  </node>
  <node id="18019293" version="4" timestamp="2009-12-18T08:17:05Z">
  </node>
  <node id="18019296" version="2" timestamp="2009-02-03T12:56:30Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
  <node id="18019319" version="2" timestamp="2009-02-03T12:31:58Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
  <node id="18019337" version="3" timestamp="2009-02-03T14:49:38Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
  <node id="18019356" version="2" timestamp="2009-02-03T12:56:29Z">
    <tag k="created_by" v="Merkaartor 0.13"/>
  </node>
```

Slika 17. Dio XML koda *autocesta.osm* datoteke

Na slici 17. vidljiv je djelomičan XML kod datoteke *autocesta.osm*. Struktura koda je objašnjena u prethodnim poglavljima. Datoteku je međutim predviđeno otvarati u nekom programu za obradu podataka, a ne u programu za uređivanje teksta. Za potrebe vizualizacije rezultata aplikacije izrađene u sklopu ovog diplomskog rada korišten je JOSM uređivač, pa slika 18. prikazuje *autocesta.osm* datoteku otvorenu u JOSM-u.



Slika 18. Datoteka autocesta.osm otvorena u JOSM-u

U ovom poglavlju objašnjene su mogućnosti Osmosisa, posebice izvršenje zadatka filtriranja podataka. U osnovi, aplikacija za izvoz podskupa podataka izvršava naredbu sličnu gore navedenoj, prilagođenoj za prikaz u grafičkom sučelju korištenjem Pythona.

5.2. Izrada aplikacije

Prvi korak pri izradi aplikacije je učitavanje modula koji će se koristiti:

```
from Tkinter import *  
import tkFileDialog  
import tkMessageBox  
import subprocess
```

Tkinter modul sadrži sve klase, funkcije i ostalo potrebno za rad s Tk alatom. *tkFileDialog* je modul koji omogućuje prikaz dijaloga za otvaranje postojećih datoteka i stvaranje novih, a *tkMessageBox* se koristi za prikaz različitih poruka kao što su informacije, upozorenja, pogreške, pitanja itd. Konačno, *subprocess* modul omogućuje rad s drugim procesima.

5.2.1. Definiranje funkcije za pozivanje Osmosis alata

Globalna funkcija *osmosis_filtriranje* kojom se pomoću *subprocess* modula poziva Osmosis definirana je sljedećim izrazom:

```
def osmosis_filtriranje(open_osm_file, tip_podataka, tagovi, uvjet1, uvjet2, save_osm_file):  
    subprocess.call(['osmosis.bat', '--rx', open_osm_file, '--tf', 'reject-relations', '--tf', \  
tip_podataka, tagovi, uvjet1, uvjet2, '--wx', save_osm_file])
```

Funkcija sadrži šest argumenata koji se proslijeđuju u trenutku poziva. Naredba *subprocess.call()* poziva vanjski proces, u ovom slučaju Osmosis koji se zatim odvija u pozadini. Ako se argumenti definiraju listom [], prvi element liste se shvaća kao skripta za pokretanje (konkretno *osmosis.bat*), a ostali elementi liste se proslijeđuju kao argumenti komandne linije programa (URL 43). Dakle, argumenti definirani unutar liste su ekvivalentni naredbi navedenoj kao primjer u poglavlju Osmosis kojom su se izvozile sve autoceste na području Hrvatske. U navedenom primjeru argumenti su se unosili direktno u komandnu liniju, dok se u ovom slučaju proslijeđuju kao argumenti funkcije. Argumenti koji se proslijeđuju ovise o odabiru gumba kojeg korisnik napravi unutar grafičkog sučelja.

5.2.2. Stvaranje glavnog prozora i MyApp klase

Nakon što je definirana funkcija za pozivanje Osmosisa, potrebno je stvoriti instancu klase `Tkinter.Tk`, odnosno `Tk` *root* prozor najviše razine. Prozor automatski sadrži naslovnu traku s gumbima za smanjivanje, povećavanje i zatvaranje prozora. Također treba izvršiti `mainloop()` metodu nad *root* objektom kojom se stvara petlja za praćenje i upravljanje događajima. Petlja se neprestano izvršava, sve dok se ne dogodi `destroy()` događaj koji zatvara prozor (URL 44). Glavni prozor i petlja se definiraju izrazom:

```
root = Tk()
root.mainloop()
```

Zatim je definirana klasa *MyApp* unutar koje je definiran izgled sučelja, gumbi i njihove izvršne naredbe. Klasa nasljeđuje *root* objekt, a stvara se pozivanjem konstruktora `__init__()` (URL 44). Sljedeći isječak prikazuje dio koda kojim je definirana *MyApp* klasa:

```
class MyApp:
    def __init__(self, parent):
        self.parent = parent

myapp = MyApp(root)
```

Kada se program pokrene, izraz `myapp = MyApp(root)` stvara *myapp* instancu klase *MyApp*. Pri tome se *root* prosljeđuje kao argument konstruktor metodi, u kojoj se koristi kao varijabla *parent*. Veza s roditeljem (*root* objektom) definira se izrazom:

```
self.parent = parent
```

Naslov se u naslovnoj traci postavlja `title()` metodom:

```
self.parent.title('osm_filter')
```

5.2.3. Stvaranje glavnog izbornika i tri padajuća podizbornika

Unutar klase *MyApp* stvoren je glavni izbornik *root* prozora nazvan *menubar*, a za njegovu definiciju koristi se *config()* metoda:

```
menubar = Menu(self.parent)
self.parent.config(menu=menubar)
```

Glavni izbornik (*menubar*) sadržavat će tri padajuća podizbornika: *Datoteka*, *Filter* i *Informacije*. Padajući izbornici definiraju se na sličan način kao i glavni izbornik:

```
fileMenu = Menu(menubar)
tagMenu = Menu(menubar)
infoMenu = Menu(menubar)
```

Time su stvorena tri objekta odnosno izbornika koji se nalaze unutar glavnog izbornika. Navedeni izrazi stvaraju logičku vezu između glavnog izbornika i tri podizbornika, koja nije vidljiva u grafičkom sučelju. Za prikaz kreiranih izbornika potrebno je dodati oznake čijim pritiskom će se otvarati padajući izbornici upotrebom *add_cascade()* metode:

```
menubar.add_cascade(label='Datoteka', menu=fileMenu)
menubar.add_cascade(label='Filter', menu=tagMenu)
menubar.add_cascade(label='Informacije', menu=infoMenu)
```

Dakle unutar glavnog izbornika (*menubara*) dodane su tri oznake: *Datoteka*, *Filter* i *Informacije*, čijim pritiskom se otvaraju tri izbornika: *fileMenu*, *tagMenu* i *infoMenu*. Rezultat dosad navedenih naredbi prikazan je na slici 19.



Slika 19. Padajući izbornici bez dodanih opcija

Na slici 19. je vidljivo sučelje s naslovnom trakom koja sadrži naslov “osm_filter” i oznake koje se automatski stvaraju prilikom nastajanja *root* prozora. Ispod naslovne trake

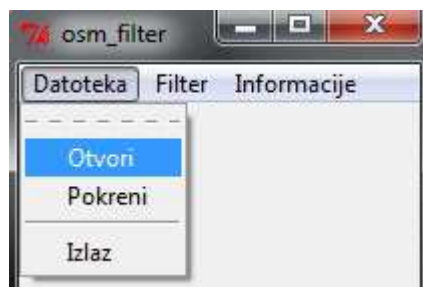
nalazi se traka glavnog izbornika s padajućim izbornicima. Pritiskom na oznaku *Datoteka* otvara se prazan izbornik, budući da u izbornike još nisu dodane nikakve opcije.

5.2.4. Dodavanje opcija izborniku *Datoteka*

Za izbornik *Datoteka* dodane su tri opcije: *Otvori*, *Pokreni* i *Izlaz*, pri čemu je *Izlaz* odvojen separatorom:

```
fileMenu.add_command(label='Otvori', command=self.onOpen)
fileMenu.add_command(label='Pokreni', command=self.onRun)
fileMenu.add_separator()
fileMenu.add_command(label='Izlaz', command=self.onExit)
```

Slika 20. prikazuje izgled aplikacije nakon što su dodane opcije u izbornik *Datoteka*.



Slika 20. Padajući izbornik *Datoteka* s dodanim opcijama

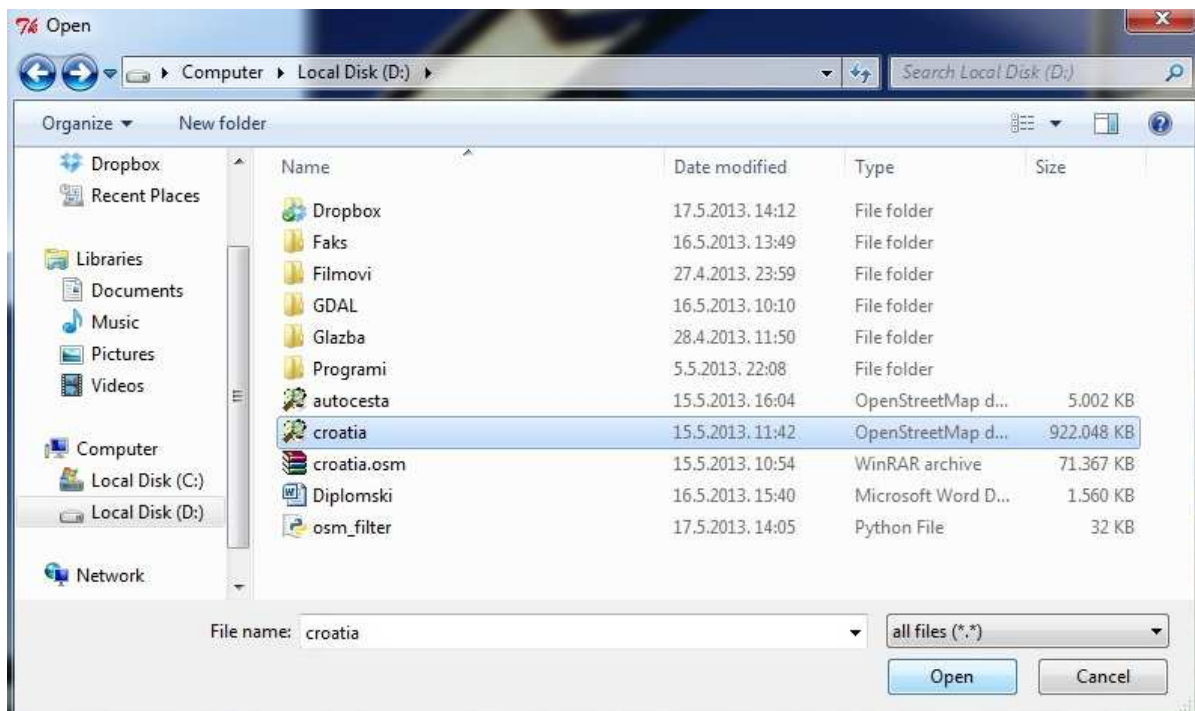
Odabirom opcije *Otvori* poziva se metoda *onOpen* koja je definirana na sljedeći način:

```
def onOpen(self):
    self.file_opt = options = {}
    options['defaulttextension'] = '.osm'
    options['filetypes'] = [('all files', '.*')]
    options['parent'] = root

    self.open_osm_file = tkFileDialog.askopenfilename(**self.file_opt)
```

U tijelu metode su definirane dodatne opcije za otvaranje datoteke, kao što su dodijeljena ekstenzija (u ovom slučaju *.osm*) i tip datoteke (svi tipovi datoteka). Metoda *onOpen* otvara dijalog za odabir postojeće datoteke i sprema ju kao *open_osm_file* varijablu koja se

će se kasnije koristiti u funkciji *osmosis_filtriranje*. Dijalog se otvara *askopenfilename()* metodom *tkFileDialog* modula. Slika 21. prikazuje dijalog za otvaranje datoteke.



Slika 21. Dijalog za otvaranje .osm datoteke

Opcija *Pokreni* poziva metodu *onRun*:

```
def onRun(self):
    self.file_opt = options = {}
    options['defaulttextension'] = '.osm'
    options['filetypes'] = [('all files', '.*')]
    options['parent'] = root

    self.save_osm_file = tkFileDialog.asksaveasfilename(**self.file_opt)

    osmosis_filtriranje(self.open_osm_file, self.tip_podataka, self.tagovi, self.uvjet1, \
        self.uvjet2, self.save_osm_file)
```

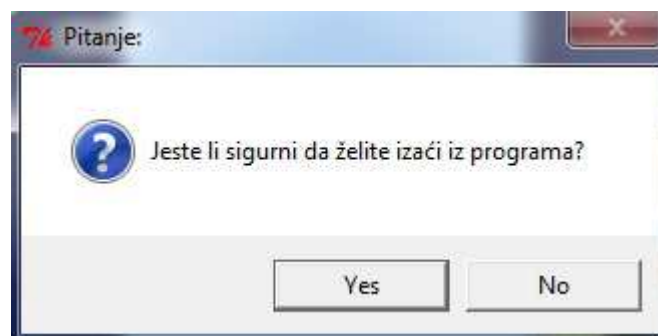
Metoda otvara dijalog za spremanje datoteke kojim se odabire naziv .osm datoteke i mjesto spremanja. Dijalog se poziva *asksaveasfilename()* metodom *tkFileDialog* modula i neznatno se razlikuje od dijaloga za otvaranje datoteke. Kao i za otvaranje datoteke,

definirane su opcije za spremanje datoteke, dakle dodijeljena ekstenzija (.osm) i tip datoteke (svi tipovi datoteka). Ako korisnik ne navede ekstenziju prilikom spremanja, datoteci će biti dodijeljena .osm ekstenzija. Datoteka se zatim sprema kao *save_osm_file* varijabla koja će se također kasnije koristiti u funkciji *osmosis_filtriranje*. Funkcija *osmosis_filtriranje* poziva se na kraju *onRun* metode, automatski nakon odabira imena i mjesta spremanja izlazne datoteke. Budući da su za rad funkcije osim varijabli *open_osm_file* i *save_osm_file* potrebne još četiri varijable koje definiraju parametre filtriranja, gumb *Pokreni* treba pritisnuti tek nakon što je odabrana željena opcija u izborniku *Filter*, kojom se ti parametri prosljeđuju funkciji *osmosis_filtriranje*.

Posljednja opcija izbornika *Datoteka* je *Izlaz*, definirana metodom *onExit*:

```
def onExit(self):
    odgovor = tkMessageBox.askquestion('Pitanje:', 'Jeste li sigurni da želite izaći iz programa?')
    if odgovor == 'yes':
        self.parent.destroy()
```

Metodom se poziva *askquestion()* metoda *tkMessageBox* modula za prikaz pitanja (slika 22).



Slika 22. Prikaz okvira s pitanjem

Korisnik može birati između dvije opcije, *Yes* ili *No*. Opcija *Yes* poziva *destroy()* metodu kojom se uništava glavni prozor, a time i svi njegovi nasljednici što za posljedicu ima izlazak iz aplikacije. Opcija *No* zatvara okvir s pitanjem i vraća se u glavni prozor aplikacije.

5.2.5. Dodavanje opcija izborniku *Filter*

Izbornik *Filter* ima nešto kompleksniju strukturu od izbornika *Datoteka*, jer ponuđene opcije ne pozivaju neki proces, već otvaraju nove padajuće izbornike. Naime, izbornik je koncipiran tako da su najprije ponuđene grupe objekata, a odabirom određene grupe otvara se novi padajući izbornik s ponuđenim konkretnim tipovima objekata unutar te grupe. Tek odabirom konkretnog podskupa podataka spremaju se varijable koje se koriste u funkciji *osmosis_filtriranje*. Tablica koja prikazuje strukturu izbornika dana je kao prilog 1. na kraju rada.

Najprije su u izbornik *Filter* dodane opcije za izbor grupe objekata: *Cesta*, *Željeznica*, *Voda*, *Prirodna obilježja*, *Zemljište*, *Električna energija*, *Financije*, *Zdravstvo*, *Obrazovanje*, *Prijevoz*, *Trgovina*, *Ugostiteljstvo*, *Zabava*, *umjetnost i kultura*, *Turizam*, *Slobodno vrijeme* i *Drugo*. Opcije su dodane u obliku novih izbornika unutar izbornika *Filter* na isti način kako je *Filter* dodan glavnom izborniku. Na navedeni način moguće je dodati beskonačan broj podizbornika.

Zatim su svakom podizborniku dodane opcije tj. konkretni tipovi podataka unutar grupe. Postupak je dugačak, pa će se objasniti samo na primjeru podizbornika *Cesta*:

```
menuCesta = Menu(tagMenu)
tagMenu.add_cascade(label='Cesta', menu=menuCesta)
```

Podizbornik je stvoren dodavanjem podizbornika *menuCesta* u izbornik *tagMenu*, a prikaz povezivanjem podizbornika *menuCesta* s oznakom *Cesta* koji će biti vidljiv u grafičkom sučelju.

Nakon toga su u podizbornik *menuCesta* dodane opcije za odabir konkretnog podskupa podataka koji se želi derivirati iz početne .osm datoteke. Korisnik može odabrati jednu od sljedećih opcija: *Autocesta*, *Državna cesta*, *Županijska cesta*, *Lokalna cesta*, *Nerazvrstana cesta*, *Ulica*, *Biciklistička staza* i *Pješačka staza*. Opcije su dodane sljedećim izrazima:

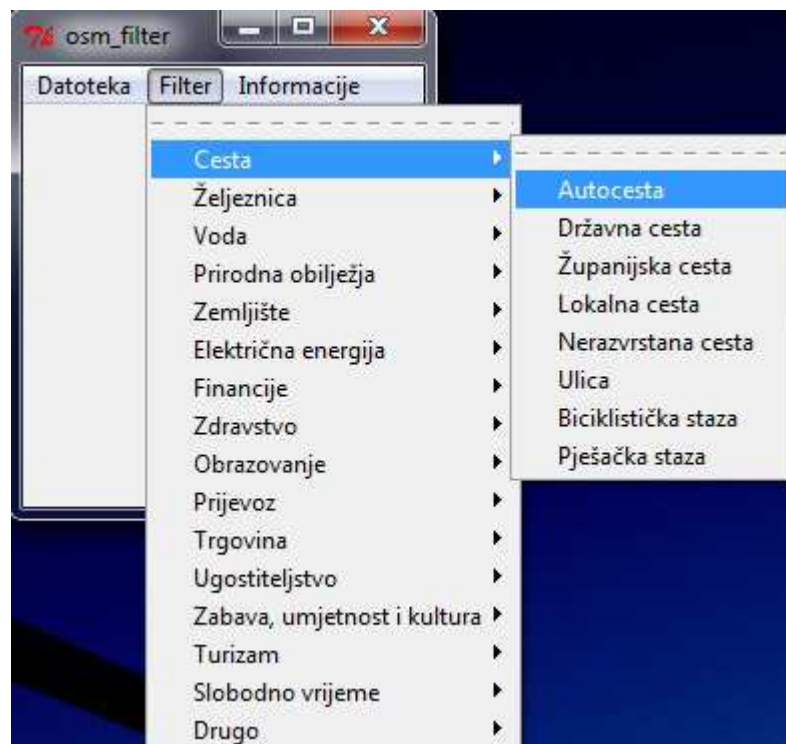
```
menuCesta.add_command(label='Autocesta', command=self.autoCesta)
menuCesta.add_command(label='Državna cesta', command=self.drzavCesta)
menuCesta.add_command(label='Županijska cesta', command=self.zupCesta)
```

```

menuCesta.add_command(label='Lokalna cesta', command=self.lokCesta)
menuCesta.add_command(label='Nerazvrstana cesta',
command=self.nerazvrstanaCesta)
menuCesta.add_command(label='Ulica', command=self.ulica)
menuCesta.add_command(label='Biciklistička staza', command=self.bicStaza)
menuCesta.add_command(label='Pješačka staza', command=self.pjeStaza)

```

Slika 23. prikazuje odabir izbornika *Filter* s pripadajućim granajućim podizbornicima.



Slika 23. Odabir željenog tipa objekata

Odabirom jedne opcije izvršava se naredba vezana za tu opciju, pa se tako odabirom opcije *Autocesta* poziva metoda *autoCesta*, definirana izrazom:

```

def autoCesta(self):
    self.tip_podataka='accept-ways'
    self.tagovi='highway=motorway,motorway_link'
    self.uvjet1='--un'
    self.uvjet2=""

```

Metoda sprema četiri varijable: *tip_podataka*, *tagovi*, *uvjet1* i *uvjet2* koje se koriste u funkciji *osmosis_filtriranje*. *Tip_podataka* može imati vrijednosti *accept-ways* ili *accept-nodes* ovisno o tome traže li se putevi ili čvorovi, *tagovi* sadrži tagove koji će se koristiti prilikom filtriranja, a *uvjet1* i *uvjet2* razlikuju se također ovisno o tome traže li se putevi ili čvorovi. U slučaju puteva, *uvjet1* sprema vrijednost *--un* (*--used-node*) kako bi se sačuvala samo točke koje čine put, dok se sve ostale odbacuju. Bez definiranja *--un* u izlaznu datoteku bi se pohranile sve točke. Pri tome je *uvjet2* prazan. U slučaju čvorova, *uvjet1* sprema vrijednost *--tf* (*--tag-filter*), kojim se definiraju parametri filtriranja, a *uvjet2* vrijednost *reject-ways*, kako bi se u novu datoteku pohranile samo točke s željenim tagovima. Bez navedenih uvjeta, u datoteku bi se spremili i svi putevi. Primjer definiranja metode koja sprema parametre za čvorove je opcija *Željeznička stanica* u podizborniku *Željeznica*:

```
def zeljStan(self):
    self.tip_podataka='accept-nodes'
    self.tagovi='railway=station,halt'
    self.uvjet1='--tf'
    self.uvjet2='reject-ways'
```

Sve ostale opcije definirane su na jedan od dva navedena načina.

5.2.6. Dodavanje opcija izborniku *Informacije*

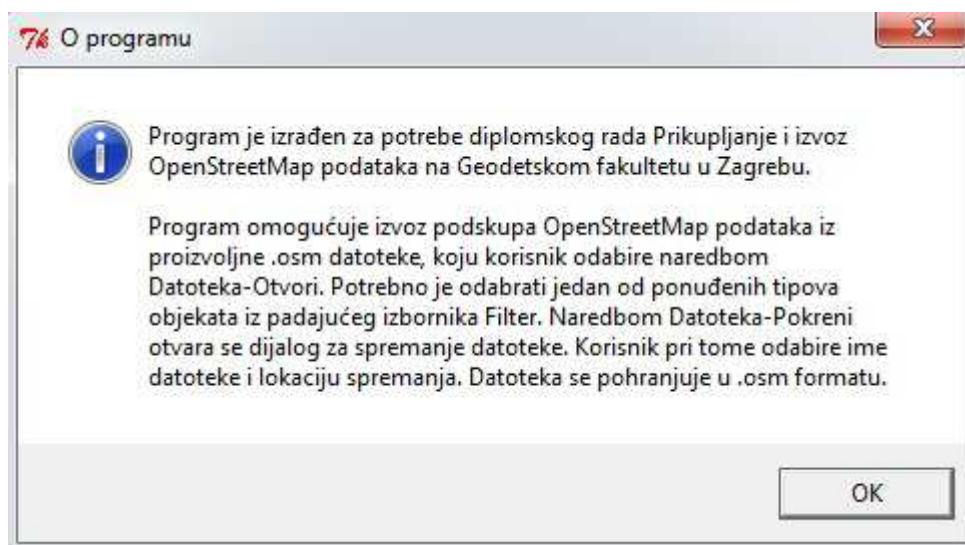
Izbornik *Informacije* sa samo jednom opcijom, *O programu*, najjednostavniji je izbornik. Opcija je dodana sljedećim izrazom:

```
infoMenu.add_command(label='O programu', command=self.about)
```

Odabirom opcije *O programu* poziva se metoda *about*:

```
def about(self):
    tkMessageBox.showinfo("O programu", "Program je izrađen..."
```

Funkcijom se poziva *showinfo()* metoda *tkMessageBox* modula za prikaz informacije (slika 24). Modul otvara okvir s informacijama, u kojem su dane informacije o programu, kao i kratke upute za uporabu.

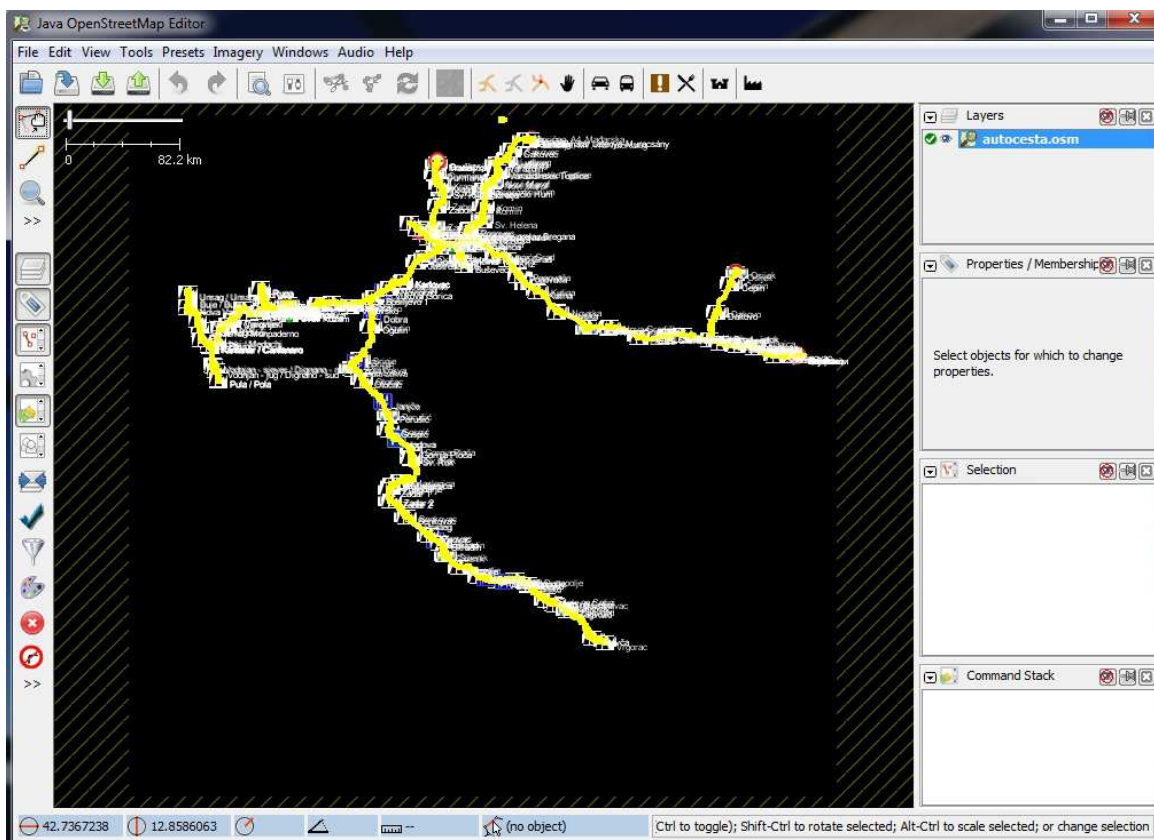


Slika 24. Prikaz okvira s informacijama o programu

5.3. Upute za rad s aplikacijom

Prilikom pokretanja aplikacije, otvara se sučelje s tri oznake: *Datoteka*, *Filter* i *O programu*. Gumb *O programu* daje osnovne informacije o programu i kratke upute za rad. Gumbom *Filter* odabiru se iz padajućeg izbornika objekti koji se žele pohraniti u novu .osm datoteku. Objekti se filtriraju iz proizvoljne datoteke OSM XML formata, koju korisnik sam odabire. Dakle, proizvoljna .osm datoteka je preduvjet za rad aplikacije. Datoteka se odabire klikom na *Datoteka -> Otvori*. Važno je naglasiti ograničenje programa da gumb *Datoteka -> Pokreni* treba pritisnuti posljednji, odnosno nakon što je odabrana željena datoteka i parametri za filtriranje. Klikom na *Datoteka -> Pokreni* pokreće se postupak filtriranja, pri čemu se otvara izbornik za spremanje datoteke na proizvoljnu lokaciju i pod proizvoljnim imenom. Datoteka se sprema također u OSM XML formatu, i moguće ju je otvoriti u nekom programu za uređivanje OpenStreetMap podataka.

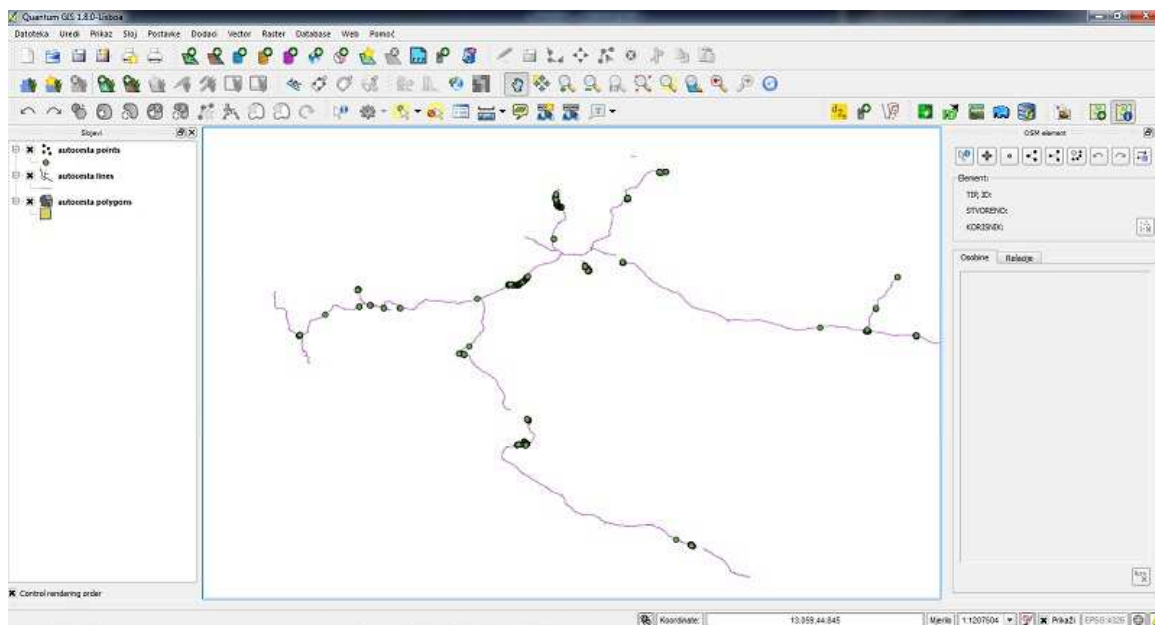
Za konkretan primjer odabrana je datoteka *croatia.osm* koja sadrži sve podatke za područje Hrvatske. Odabirom *Filter -> Cesta -> Autocesta* odabrane su autoceste koje će se pohraniti u novu datoteku. Slika 25. prikazuje novonastalu datoteku *autocesta.osm* izrađenu aplikacijom za izvoz podskupa podataka i otvorenu u JOSM-u.



Slika 25. Datoteka autocesta.osm nastala aplikacijom i otvorena u JOSM-u

Usporedbom ove datoteke s onom dobivenom Osmosisom direktno iz komandne linije, vidljivo je da je rezultat isti tj. da su datoteke identične.

Instaliranjem OpenStreetMap dodatka u QGIS, omogućeno je upravljanje OpenStreetMap podacima. Moguće je učitati podatke iz datoteke, preuzeti podatke s poslužitelja definiranjem točaka graničnog okvira, poslati podatke natrag na poslužitelj ili spremiti u datoteku. Osim navedenih OpenStreetMap funkcionalnosti, moguće je nad podacima izvršavati i sve ostale QGIS funkcionalnosti, kao što je spremanje podataka u različite formate, uređivanje atributnih tablica, izvršavanje SQL upita itd. Slika 26. prikazuje datoteku autocesta.osm otvorenu u QGIS-u, u EPSG: 4326 referentnom sustavu (WGS84 elipsoid)



Slika 26. Datoteka autocesta.osm otvorena u QGIS-u

6. Diskusija

OpenStreetMap je projekt koji bilježi stalan eksponencijalan rast korisnika i unesenih podataka, a ti podaci koriste se za mnoge servise i proizvode. Uspio se održati unatoč brojnim problemima, kao što su točnost i konzistentnost podataka.

Budući da OpenStreetMap podatke prikupljaju ne kvalificirani volonteri, bilo je potrebno osmisliti model prikupljanja i pohranjivanja podataka koji će biti razumljiv svima, a ne samo stručnjacima. Stoga je razvijen fleksibilan model podataka koji daje korisnicima slobodu prilikom definiranja objekata, što ima za posljedicu otežano konvertiranje u popularne GIS formate (Shape, SpatialLite, ...). Fleksibilnost također može dovesti do nekonzistentnosti jer korisnici sami odlučuju koje će atribute i na koji način dodijeliti pojedinom objektu. Tako za objekte koji pripadaju istoj skupini može postojati više ili manje atributa, što ovisi o temeljitosti korisnika koji unosi i opisuje objekt. Problem je riješen omogućavanjem drugim korisnicima da nadopune i izmjene već postojeće objekte, a također su razvijeni i brojni servisi za uočavanje i ispravljanje grešaka.

Osim problema konzistentnosti atributa, javlja se i općeniti problem neravnomjerno iskartiranih područja. Najdetaljnije su iskartirani veliki gradovi s puno stanovnika, dok su ruralna i teže pristupačna područja ponekad zapostavljena. Ruralna područja su često kartirana precrtavanjem sa satelitskih snimki, a točnost tada ovisi o rezoluciji i pogreškama preslikavanja snimki. Manja rezolucija snimki dovodi do veće pogreške prilikom iscrtavanja objekata. Uz to, pogreške preslikavanja uzrokuju pomak satelitskih snimki u odnosu na stvarnu poziciju, što za posljedicu ima i pogrešno iscrtane objekte.

Osim satelitskih snimki podatke je moguće unijeti na temelju lokalnog znanja o nekom području. Ipak, najčešće korišteno sredstvo za prikupljanje OpenStreetMap podataka je ručni GPS uređaj. Budući da se za izmjeru koristi metoda apsolutnog pozicioniranja, trenutno se ne može postići točnost bolja od nekoliko metara. Na točnost pozicioniranja utječe broj satelita i njihova geometrija u trenutku izmjere, atmosferski utjecaji, višestruka refleksija signala, kvaliteta antene i sata GPS uređaja itd. Iako točnost OpenStreetMap podataka nije zadovoljavajuća za visokoprecizne geodetske radove, dostatna je za radove

manje točnosti, kao što su izrada kartografskih prikaza sitnijih mjerila i prostorne analize koje obuhvaćaju veća područja.

Osim što su u diplomskom radu objašnjene metode prikupljanja OpenStreetMap podataka, uspješno je izrađena aplikacija kojom se dobivaju podskupovi OpenStreetMap podataka na temelju preddefiniranih tema. Međutim, treba naglasiti da trenutna verzija aplikacije nema mogućnost pohranjivanja više tipova podataka za jedan tip objekata. Drugim riječima, ako su u aplikaciji za određeni tip objekata definirane varijable za izvoz čvorova, tada se za te objekte neće spremati putevi i obratno. Također, u grafičkom sučelju nisu dodane poruke koje bi korisnika upozorile na pogreške, primjerice krivi redoslijed odabranih gumba

Prilikom izrade aplikacije najzahtjevnija i najdugotrajnija je bila izrada izbornika s temama, odnosno postupak odabira grupa objekata, kao i podskupova objekata unutar svake grupe. Teško je objektivno odlučiti koji su objekti bitni imajući u vidu zadovoljavanje potreba različitih skupina korisnika. Pri tome je naglasak stavljen na objekte značajne za geoinformacijske sustave. Kao pomoć pri odabiru korišteno je poglavlje Map Features u kojem su objašnjene najčešće korištene skupine objekata (Ramm F, et. al. 2011) i stranica http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Hr:Map_Features, s popisom objekata koji se kartiraju na hrvatskom jeziku.

Unosom OSM datoteke u QGIS moguće je napraviti prostornu analizu korištenjem ugrađenih QGIS funkcionalnosti, ali kako bi dobili pouzdanije rezultate prije analize podatke treba konvertirati u neki od klasičnih GIS formata. Stoga bi sljedeći korak u daljnjem razvoju aplikacije bilo upravo dodavanje mogućnosti za konverziju podskupa podataka u standardne GIS formate zapisa podataka. U tu svrhu je moguće iskoristiti GDAL/OGR softverski paket, verzija 1.10, koji omogućava čitanje OSM XML i PBF datoteka te napraviti direktnu konverziju u GIS formate. Uz to, moguće je napraviti i transformaciju u druge prostorno referentne sustave.

7. Zaključak

U ovom radu obrađeni su najvažniji aspekti OpenStreetMap projekta. Opisan je razlog osnivanja takvog i sličnih projekata te mogućnosti i perspektive. Također su opisani i problemi na koje se nailazi prilikom izrade slobodnih podataka koje koriste i uređuju različiti ljudi. Objašnjene su pojedine komponente projekta koje međusobnom interakcijom omogućuju sve ono što korisnici mogu vidjeti (karta) i što je još važnije, raditi s podacima. Za napredniju, kompleksniju upotrebu podataka treba poznavati i razumjeti model OpenStreetMap podataka kao i formate u kojima su ti podaci dostupni. Stoga je opisana arhitektura OpenStreetMap modela koju čine čvorovi, putevi i relacije, kao i najvažniji OpenStreetMap formati podataka.

Osim toga, objašnjene su metode prikupljanja podataka, s naglaskom na prikupljanje podataka korištenjem ručnih GPS uređaja. Ukratko je objašnjen GPS sustav i princip rada prijamnika. Uz GPS uređaje za kvalitetnu izmjeru potrebno je koristiti i ostala pomoćna sredstva za lakše snalaženje i prikupljanje atributnih podataka. U tu svrhu opisane su različite tehnike kartiranja, kao što je audio kartiranje, kartiranje uz pomoć fotografija, zapisivanje podataka u bilježnicu i upotreba već postojeće OpenStreetMap karte.

Prikupljeni podaci mogu se vizualizirati u obliku kartografskog prikaza ili koristiti za izradu drugih proizvoda. Unošenjem u geografske informacijske sustave služe kao prostorna podrška za brojne primjene. Za lakše korištenje OpenStreetMap podataka u postojećim GIS alatima uspješno je izrađena aplikacija koja sprema proizvoljni podskup podataka iz skupa OpenStreetMap podataka nekog područja.

8. Popis literature

Bačić, Ž. (2009): Satelitsko pozicioniranje, skripta za predavanja

Gajski, D.(2012): Geografski informacijski sustavi, skripta za predavanja

Medak, D., Medved, I. (2011): Analiza prostornih podataka, folije s predavanja

Ramm, F., Topf, J., Chilton, S. (2011): OpenStreetMap: Using and Enhancing the Free Map of the World, UIT Cambridge Ltd., Cambridge

Popis URL-ova:

URL 1: Skupno kartiranje, http://en.wikipedia.org/wiki/Collaborative_mapping, (02.05.2013.)

URL 2: Povijest OpenStreetMapa
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/History_of_OpenStreetMap, (02.05.2013.)

URL 3: Poster Londona <http://wiki.openstreetmap.org/w/images/a/ab/Londonposter1.jpg>, (06.05.2013.)

URL 4: Prikaz trenda rasta broja registriranih OpenStreetMap korisnika,
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>, (06.05.2013.)

URL 5: Komponente OpenStreetMap projekta,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Component_overview, (07.05.2013.)

URL 6: Baze podataka, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Database>, (07.05.2013.)

URL 7: API, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6, (07.05.2013.)

URL 8: XAPI, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Xapi>, (07.05.2013.)

URL 9: GDAL/OGR, <http://www.gdal.org/>, (03.06.2013.)

URL 10: Mapnik, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapnik>, (07.05.2013.)

URL 11: Sustav za iscrtavanje karata, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Renderers>, (07.05.2013.)

URL 12: Leaflet, <http://leafletjs.com/>, (03.06.2013.)

URL 13: Programi za uređivanje karata, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Editors>, (07.05.2013.)

URL 14: JOSM, <http://en.wikipedia.org/wiki/JOSM>, (08.05.2013.)

URL 15: Čvor, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Node>, (09.05.2013.)

URL 16: Put, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Way>, (09.05.2013.)

URL 17: Relacija, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Relation>, (09.05.2013.)

URL 18: Tagovi, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tags>, (09.05.2013.)

URL 19: OSM XML, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_XML, (09.05.2013.)

URL 20: PBF, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/PBF>, (09.05.2013.)

URL 21: O5m, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/O5m>, (09.05.2013.)

URL 22: CC-BY-SA licenca, <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/hr/>, (06.05.2013.)

URL 23: ODbL licenca, <http://www.osmfoundation.org/wiki/License>, (06.05.2013.)

URL 24: FOSM, <http://hr.wikipedia.org/wiki/FOSM>, (06.05.2013.)

URL 25: Promjena licence, http://www.osmfoundation.org/wiki/License/We_Are_Changing_The_License, (06.05.2013.)

URL 26: GNSS, http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation, (10.05.2013.)

URL 27: Prikupljanje podataka GPS-om,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Recording_GPS_tracks, (10.05.2013.)

URL 28: Jonathan Bennett, OpenStreetMap: Gathering Data using GPS,
<http://www.packtpub.com/article/openstreetmap-gathering-data-using-gps>, (13.05.2013.)

URL 29: GPX, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/GPX>, (13.05.2013.)

URL 30: GPSBabel, <http://www.gpsbabel.org/>, (13.05.2013.)

URL 31: Tehnike kartiranja, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapping_techniques,
(13.05.2013.)

URL 32: Field Papers, <http://fieldpapers.org/>, (13.05.2013.)

URL 33: Alati za ispis OSM karte, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_on_paper,
(13.05.2013.)

URL 34: Audio kartiranje, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Audio_mapping,
(14.05.2013.)

URL 35: Kartiranje korištenjem fotografija,
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Photo_mapping, (14.05.2013.)

URL 36: Korištenje satelitskih snimki, <http://learnosm.org/en/beginner/aerial-imagery/>,
(14.05.2013.)

URL 37: Preuzimanje podataka, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Downloading_data,
(15.05.2013.)

URL 38: Planet.osm, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Planet.osm>, (15.05.2013.)

URL 39: Osmosis, <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis>, (15.05.2013.)

URL 40: Python, <http://www.python.org/about/>, (16.05.2013.)

URL 41: Tk, [http://en.wikipedia.org/wiki/Tk_\(framework\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tk_(framework)), (16.05.2013.)

URL 42: TkInter, <http://wiki.python.org/moin/TkInter>, (16.05.2013.)

URL 43: Subprocess, <http://docs.python.org/2/library/subprocess.html>, (17.05.2013.)

URL 44: Thinking in Tkinter, http://www.ferg.org/thinking_in_tkinter/all_programs.html, (17.05.2013.)

URL 45: QGIS, <http://www.qgis.org/>, (20.05.2013.)

URL 46: Preporuke za kartiranje, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Good_practice, (03.06.2013.)

9. Popis slika

Slika 1. Poster Londona nastao iz podataka prikupljenih GPS-om (URL 3)	10
Slika 2. Prikaz trenda rasta broja registriranih OpenStreetMap korisnika (URL 4).....	12
Slika 3. Dijagram osnovnih komponenti OpenStreetMap projekta (URL 5).....	13
Slika 4. Prikaz OpenStreetMap karte na stranici http://www.openstreetmap.org/	17
Slika 5. Prikaz Potlatch 2 sučelja	18
Slika 6. Prikaz sučelja prilikom pokretanja JOSM-a.....	21
Slika 7. Skiciranje imena ulica (URL 31).....	43
Slika 8. Field Papers stranica za odabir područja ispisa (URL 32)	44
Slika 9. Foto kartiranje korištenjem JOSM-a (URL 35)	46
Slika 10. Bing snimka preklopljena s OpenStreetMap podacima u JOSM-u.....	47
Slika 11. Rezolucija rasterske slike	48
Slika 12. Odmak Bing snimke u odnosu za iskartirane ceste (URL 36)	49
Slika 13. Područje s dodanim GPS tragovima (URL 36)	50
Slika 14. Područje bez OpenStreetMap podataka i GPS tragova (URL 36)	51
Slika 15. Croatia.osm datoteka otvorena u JOSM programu	53
Slika 16. Filtriranje autocesta iz croatia.osm datoteke na Windows komandnoj liniji	56
Slika 17. Dio XML koda autocesta.osm datoteke	56
Slika 18. Datoteka autocesta.osm otvorena u JOSM-u	57
Slika 19. Padajući izbornici bez dodanih opcija.....	60

Slika 20. Padajući izbornik Datoteka s dodanim opcijama	61
Slika 21. Dijalog za otvaranje .osm datoteke	62
Slika 22. Prikaz okvira s pitanjem	63
Slika 23. Odabir željenog tipa objekata.....	65
Slika 24. Prikaz okvira s informacijama o programu	67
Slika 25. Datoteka autocesta.osm nastala aplikacijom i otvorena u JOSM-u	68
Slika 26. Datoteka autocesta.osm otvorena u QGIS-u	69

10. **Popis tablica**

Tablica 1. Specifikacije računala, brzina izvršavanja i zauzeće memorije prilikom otvaranja croatia.osm datoteke	54
---	----

11. Prilozi

11.1. Prilog 1. - Tablica s prikazanom strukturom izbornika *Filter*

Objektna grupa	Objektna vrsta	Parametri (OSM tagovi)
Cesta	Autocesta Državna cesta Županijska cesta Lokalna cesta Nerazvrstana cesta Ulica Biciklistička staza Pješačka staza	highway=motorway,motorway_link highway=primary,primary_link highway=secondary highway=tertiary highway=unclassified highway=residential highway=cycleway, cycleway=* highway=pedestrian,footway
Željeznica	Željeznička pruga Željeznička stanica Tramvajska pruga Podzemna željeznica	railway=rail railway=station,halt railway=tram railway=subway
Voda	Jezero Rijeka Potok Kanal Izvor	natural=water waterway=riverbank,river waterway=stream waterway=canal natural=spring
Prirodna obilježja	Neobrađeno zemljište Močvara Planinski vrh Plaža Stijena Ulaz u pećinu Vulkan Zaljev	natural=fell,heath,scrub natural=wetland natural=peak natural=beach natural=cliff natural=cave_entrance natural=volcano natural=bay
Zemljište	Obradivo zemljište Livada Šuma Industrija Solana Kamenolom Deponija	landuse=farm landuse=meadow landuse=forest,natural=wood landuse=industrial landuse=salt_pond landuse=quarry landuse=landfill

Objektna grupa	Objektna vrsta	Parametri (OSM tagovi)
Električna energija	Dalekovod Dalekovodni stup Trafostanica Elektrana	power=line power=tower power=station,sub_station power=generator
Financije	Banka Bankomat Mjenjačnica	amenity=bank amenity=atm amenity=bureau_de_change
Zdravstvo	Bolnica Liječnička ordinacija Ljekarna Stomatološka ordinacija Veterinarska stanica	amenity=hospital amenity=doctors amenity=pharmacy amenity=dentist amenity=veterinary
Obrazovanje	Vrtić Škola Veleučilište Sveučilište Knjižnica	amenity=kindergarten amenity=school amenity=college amenity=university amenity=library
Prijevoz	Autobusni kolodvor Benzinska pumpa Parking Stajalište taksija Trajektni terminal Zračna luka	amenity=bus_station amenity=fuel amenity=parking amenity=taxi amenity=ferry_terminal aeroway=aerodrome
Trgovina	Autosalon Cvjećara Elektronika Frizerski salon Kiosk Knjižara Kozmetika Mesnica Obuća Odjeća Pekara Putnička agencija Robna kuća Sportska oprema	shop=car shop=florist,garden_centre shop=electronics,computer,hifi shop=hairdresser shop=kiosk shop=books shop=chemist shop=butcher shop=shoes shop=clothes shop=bakery shop=travel_agency shop=department_store,mall shop=sports,outdoor,bicycle

Objektna grupa	Objektna vrsta	Parametri (OSM tagovi)
Ugostiteljstvo	Kafić Pivnica Pub Restoran Restoran brze prehrane	amenity=cafe amenity=biergarten amenity=pub amenity=restaurant amenity=fast_food
Zabava, umjetnost i kultura	Kazalište/Opera Kino Noćni klub	amenity=theatre amenity=cinema amenity=nightclub
Turizam	Apartman Hostel Hotel Informacije Kamp Motel Muzej Povijesne znamenitosti Vidikovac Zoološki vrt	tourism=guest_house tourism=hostel tourism=hotel tourism=information tourism=camp_site,caravan_site tourism=motel tourism=museum historic=* tourism=viewpoint tourism=zoo
Slobodno vrijeme	Golf teren Igralište Park Sportski centar Sportski teren Stadion	leisure=golf_course leisure=playground leisure=park leisure=sports_centre leisure=pitch leisure=stadium
Drugo	Crkva Gradska vijećnica Groblje Javni WC Kanta za otpad Klupa Policajska stanica Poštanski ured Poštanski sandučić Sud Tržnica Vatrogasna stanica Zatvor Zgrada javnih službi	amenity=place_of_worship amenity=townhall amenity=grave_yard,landuse=cemetery amenity=toilets amenity=waste_basket amenity=bench amenity=police amenity=post_office amenity=post_box amenity=courthouse amenity=marketplace amenity=fire_station amenity=prison amenity=public_building