

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET

Kolegij: INTEGRIRANI SUSTAVI U GEOMATICI

Ak. god. 2025/2026.

Seminarski rad:

Integracija GNSS-a i GIS-aplikacija (Map matching) u mobilnim telefonima

- Tehničko izvješće –

Izradili: Marina Udovičić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Tibor Turković, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Zagreb, prosinac 2025.

Sadržaj

1. UVOD I OPIS ZADATKA	3
2. KORIŠTENI SOFTVERI I INSTRUMENTARIJ	4
2.1 QGIS	4
2.2 Mobilna aplikacija: OsmAnd.....	4
2.3 GNSS instrumentarij.....	5
3. TRAJEKTORIJA I PODACI MJERENJA	6
3.1 Trajektorija.....	6
3.2 Podaci mjerenja	6
4. ANALIZA I REZULTATI	8
5. ZAKLJUČAK	12
6. LITERATURA	13

1. UVOD I OPIS ZADATKA

Integracija Globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS) s geografijskim informacijskim sustavima (GIS) u mobilnim telefonima omogućila je značajan napredak u praćenju kretanja, navigaciji i prostornim analizama. GNSS omogućuje određivanje položaja korisnika u stvarnom vremenu, dok GIS sustavi obrađuju, prikazuju i analiziraju prostorne podatke, čime se omogućuje intuitivna i inteligentna navigacija.

Map matching predstavlja proces kojim se sirovi GNSS podaci, koji mogu biti netočni zbog različitih uzroka projiciraju na najvjerojatnije prometnice. Algoritam pritom analizira trenutačnu poziciju, povijest kretanja i topologiju cestovne mreže kako bi odredio na kojoj se stvarnoj cesti korisnik nalazi.

U ovom projektu uspoređujemo map matching mobilne aplikacije s podacima GNSS uređaja i podacima iz mobilne aplikacije. Prema zadanim uputama potrebno je istražiti načine korištenja GNSS-a u mobitelima, načine implementacije pametne navigacije i algoritme map matching-a. Nakon toga provodi se mjerenje zadane trase, koju se obilazi s dva mobitela i GNSS uređajem. Dobivene trajektorije analiziraju se radi procjene točnosti te utvrđivanja poboljšanja koja donosi map matching. Prije samo izlaska na teren održane su vježbe na kojima su se studenti upoznali sa zadacima.

2. KORIŠTENI SOFTVERI I INSTRUMENTARIJ

2.1 QGIS

QGIS (Quantum GIS) je besplatan, otvoreni softver za geografske informacijske sustave (GIS) koji omogućuje pregledavanje, uređivanje, analiziranje i vizualizaciju prostornih podataka. Razvijen je kao dio projekta otvorenog koda i danas je jedan od najpopularnijih alata u profesionalnim i akademskim krugovima za prostorno planiranje, kartografiju i analizu okoliša. QGIS podržava rad s brojnim formatima prostornih podataka te omogućuje integraciju s drugim GIS alatima poput GRASS GIS-a. Kroz različite alate i dodatke, korisnicima nudi širok raspon funkcionalnosti – od jednostavnog prikaza podataka do kompleksnih analiza poput izračuna nagiba, visinskih profila, analiza dostupnosti ili višekriterijskih analiza pogodnosti. Za izradu projekta korišten je QGIS, verzija 3.34.12.

2.2 Mobilna aplikacija: OsmAnd

OsmAnd je mobilna aplikacija (Slika 1) za navigaciju otvorenog koda temeljena na OpenStreetMap (OSM) kartama. Aplikacija omogućuje offline navigaciju, planiranje ruta, snimanje trajektorija i analizu kretanja. Za potrebe map matching-a korištena je funkcija „Attach to the roads“. Ova funkcija predstavlja jednostavan, ali učinkovit oblik map matching-a, čija je svrha prilagoditi rutu tako da se položaj „veže“ uz najbliži put.

U ovom radu OsmAnd se koristi zbog integriranog map matchinga i dostupnosti OSM podataka. Pozadina OSM-a može se povezati s QGIS-om putem dodatka QuickOSM, što omogućuje jednostavno preuzimanje i prikaz OSM kartografskih podataka unutar GIS okruženja. Algoritam map matchinga u OsmAndu temelji se na heurističkim pravilima i topološkoj analizi cestovne mreže. Aplikacija koristi GNSS poziciju, smjer kretanja, brzinu i najbliže segmente cestovne mreže kako bi procijenila najvjerojatniju lokaciju korisnika i ispravila odstupanja sirovog GNSS signala.



Slika 1. Logo OsmAnd aplikacije

2.3 Mobilna aplikacija GNSS Logger

GNSS Logger je Android aplikacija koju je razvila tvrtka Google s ciljem prikupljanja i zapisivanja sirovih GNSS (Global Navigation Satellite System) podataka s mobilnih uređaja. Aplikacija omogućuje bilježenje informacija o satelitima (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), vremenskim oznakama, signalima i mjerenjima poput pseudoduljina, što je posebno korisno u znanstvenim istraživanjima, geodeziji i analizi točnosti pozicioniranja. GNSS Logger se često koristi u akademskom okruženju jer pruža transparentan uvid u podatke senzora bez dodatne obrade, a prikupljeni zapisi mogu se izvoziti i analizirati u specijaliziranom softveru.

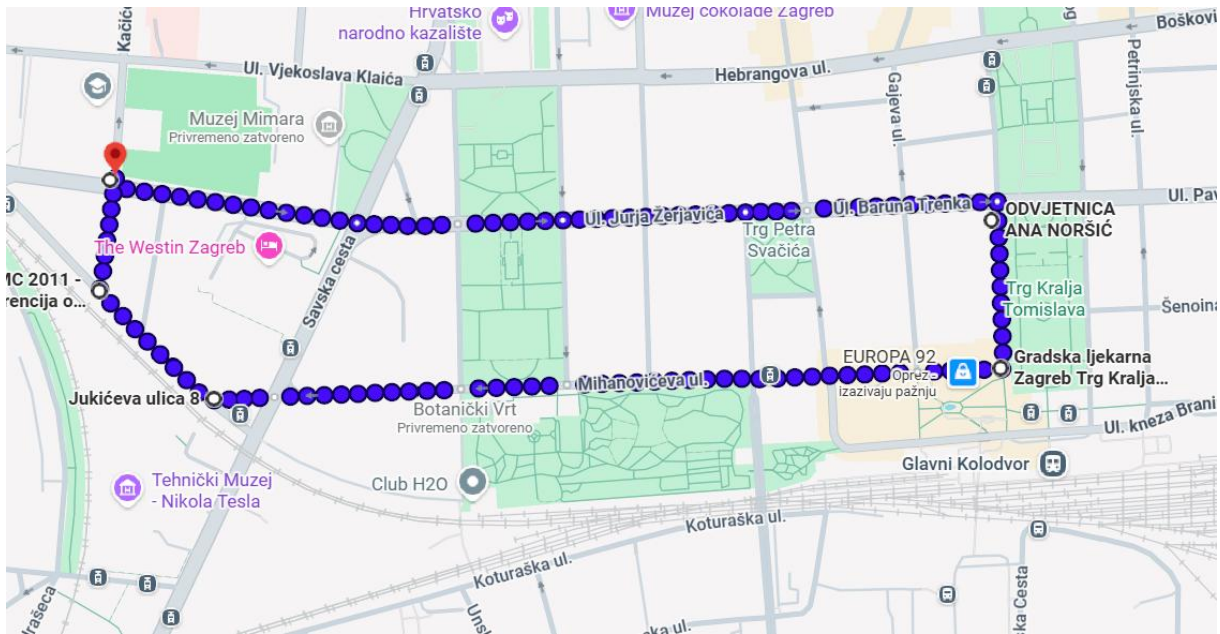
2.4 GNSS instrumentarij

U istraživanju je korišten instrument Topcon Hyper SR, GNSS prijamnik visoke preciznosti namijenjen geodetskim i terenskim mjerenjima. Antena prijarnika bila je montirana na mjerni štap te postavljena na visinu od 2,0 m iznad tla. Za prikupljanje i upravljanje podacima korištena je terenska aplikacija MAGNET Field, koja omogućuje kontrolu mjerenja, pohranu podataka i njihovu daljnju obradu. Mjerenja su provedena kinematičkom metodom, pri čemu je položaj određivan kontinuirano tijekom kretanja. Podaci su se bilježili isključivo u trenutku kada je GNSS rješenje imalo status fix, što znači da su fazne nepoznanice satelitskih signala bile u potpunosti razriješene, čime se postiže centimetarska točnost.

3. TRAJEKTORIJA I PODACI MJERENJA

3.1 Trajektorija

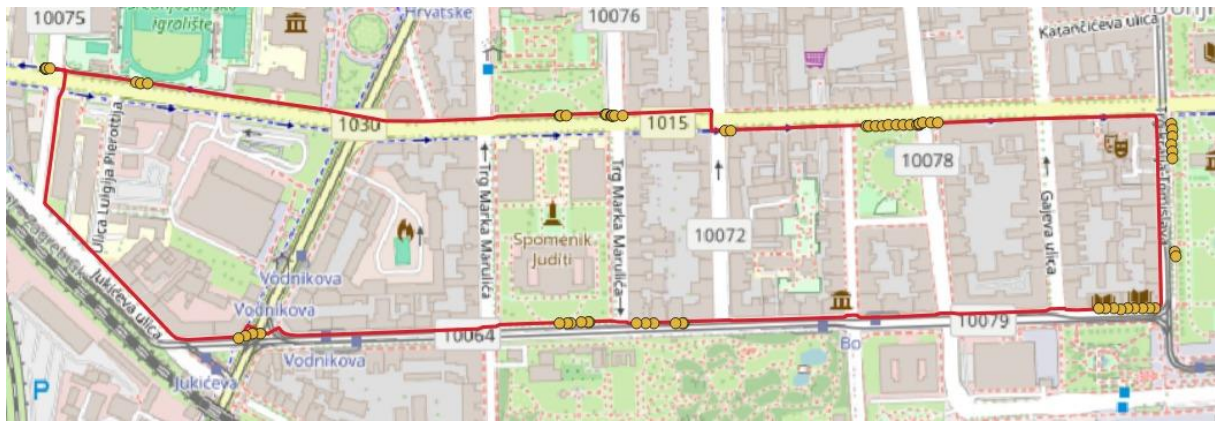
Zadana trajektorija za potrebe usporedbe GNSS podataka i rezultata mobilnih aplikacija određena je kao trasa T4, koja obuhvaća uži centar grada. Mjerenje je provedeno u ponedjeljak, 17. studenoga, od 8:30 do 9:00. Trasa T4 započinje u Kačićevoj ulici, nastavlja se kroz Ulicu Isidora Kršnjavoga, zatim Baruna Trenka, nakon čega se obilazi Trg Kralja Tomislava. Kretanje se potom nastavlja Mihanovićevom ulicom, zatim Jukićevom te se krug ponovno zatvara povratkom u Kačićevu ulicu. Na Slici 2. prikazana je trajektorija kreirana u Google Maps-u.



Slika 2. Trajektorija u Google Maps-u

3.2 Podaci mjerenja

Na Slici 3. prikazani su mjerenja. Crvena linija predstavlja podatke prikupljene aplikacijom OsmAnd, koja koristi map matching. Žute točke su podaci prikupljeni GNSS-om. Mjerenje GNSS-om započinje točkom broj 10 na križanju Kalićeve ulice i Ulice Isidora Kršnjavog.



Slika 3. Podaci mjerenja u QGIS-u.

4. ANALIZA I REZULTATI

Nakon provedenog mjerenja i prikupljanja podataka, u QGIS-u su učitani GNSS podaci, podaci mobilnih aplikacija OsmAnd (map matching) i GNSS Logger, koji su bili spremljeni u GPX formatu. Iz GPX datoteke mobilne aplikacije kreirana je linija trajektorije, koja služi kao referentna putanja dobivena map matching-om. GNSS podaci, zabilježeni kao skup pojedinačnih točaka, iskorišteni su za izračun odstupanja od te linije. Zbog nedostupnosti signala, na nekim područjima nema podataka dobivenih GNSS-om.

Usporedba GNSS podataka i map matching-a

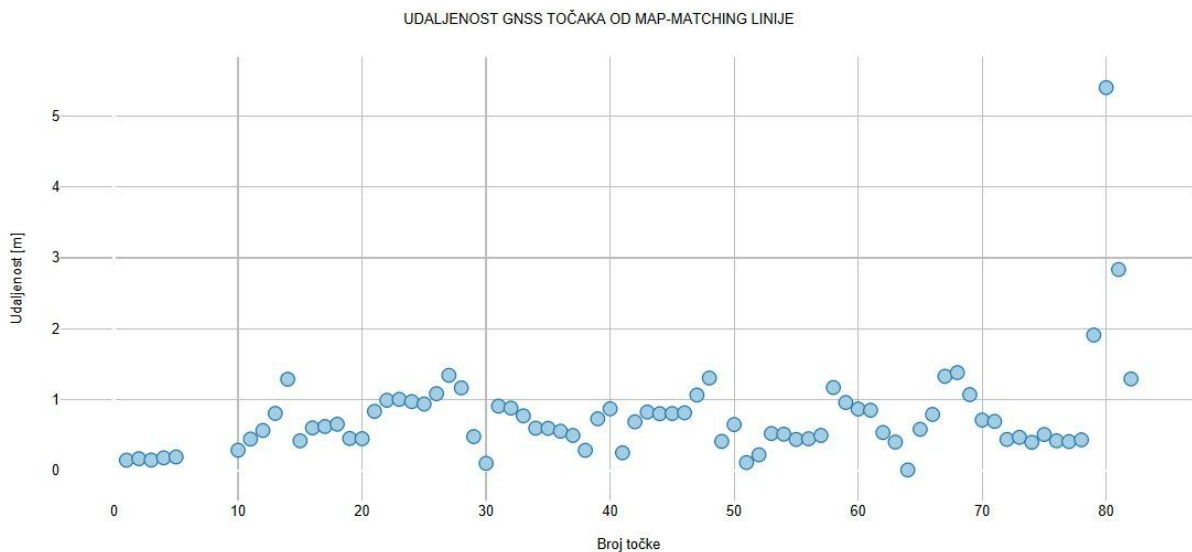
Kako bi se izračunala udaljenost točaka od linije korišten je QGIS alat Shortest Line Between Features (Distance to nearest point on feature), kojim je za svaku GNSS točku izračunata minimalna udaljenost do referentne linije mobilne aplikacije, prikazano na grafikonu 1. Na temelju tih izračuna dobiveni su sljedeći rezultati:

Minimalna udaljenost: 0,009 m (točka 64)

Maksimalna udaljenost: 5,398 m (točka 80), Slika 4

Srednja vrijednost udaljenosti za sve točke: 0,76 m

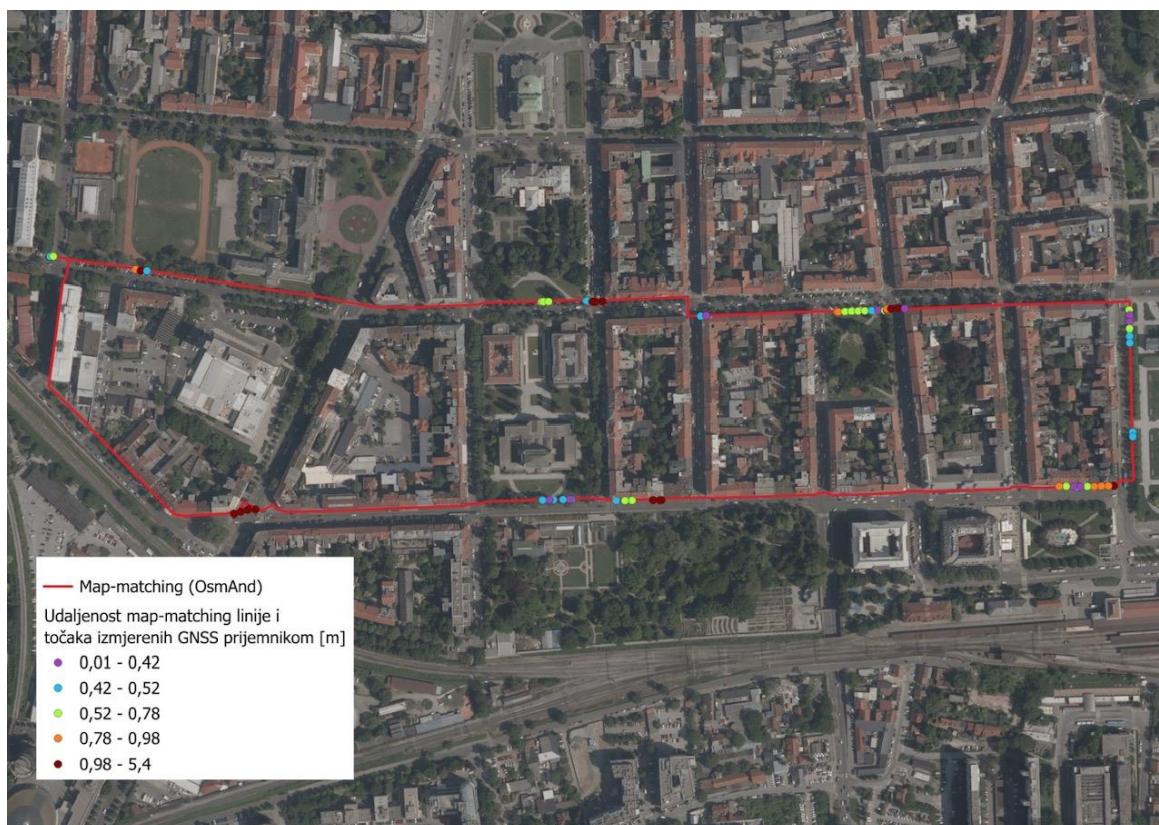
Grafikon 1: Udaljenost GNSS točaka od map matching linije





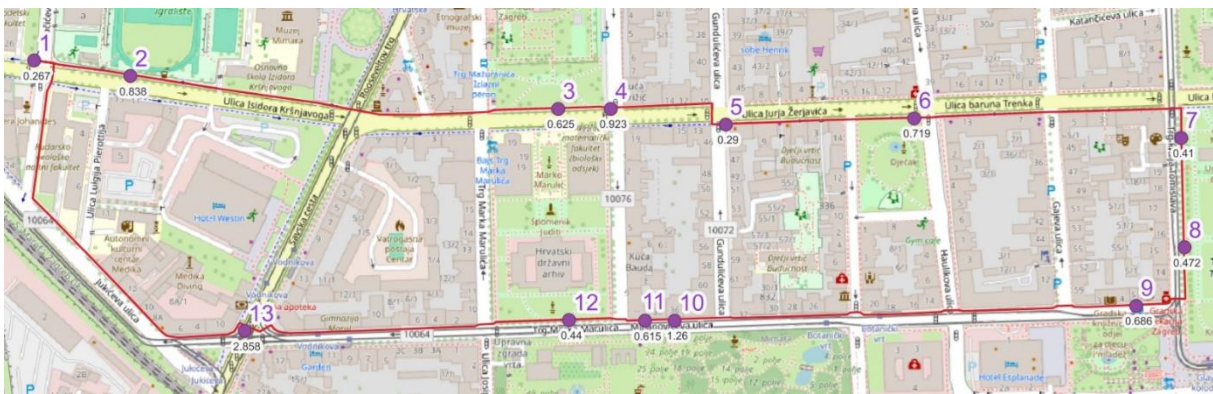
Slika 4. Točke s najvećom udaljenosti od map matching linije

Na Slici 5 prikazani su podaci dobiveni postupkom map matchinga u aplikaciji OsmAnd (crvena linija) i stvarnih položaja zabilježenih GNSS prijemnikom. Točke označavaju GNSS pozicije, pri čemu boja odgovara udaljenosti pojedine točke od map matching linije. Veća odstupanja javljaju se u području gdje je utjecaj okolnih objekata na GNSS signal izraženiji.



Slika 5. Usporedba GNSS podataka i podataka map matchinga

Za detaljniju analizu, GNSS točke su grupirane prema vremenu snimanja, odnosno prema različitim fazama mjerenja, pri čemu je formirano 13 zasebnih grupa. Nakon toga korištena je QGIS opcija Statistics by Categories, kojom je izračunata srednja vrijednost udaljenosti (mean) unutar svake grupe. Ovaj pristup omogućuje uočavanje promjena preciznosti unutar različitih dijelova mjerenja, primjerice u trenucima kada je signal bio slabiji, kada je došlo do gubitka fiksiranja ili kada se mijenjao okoliš (otvoreni prostor, ulica između zgrada i sl.). Na Slici 6 prikazani su grupirani podaci dobiveni GNSS-om te je ispod svake grupe točaka naveden iznos prosječnog odstupanja izražena u metrima.



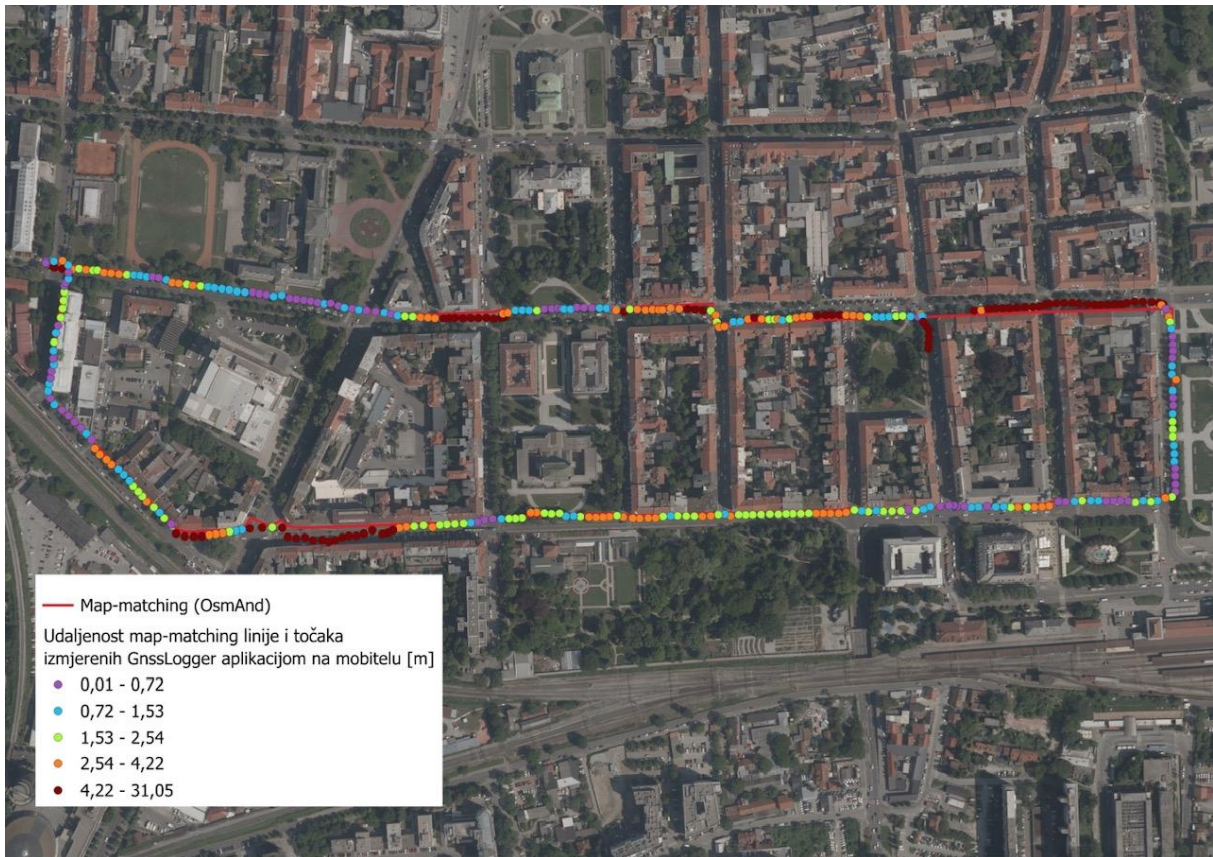
Slika 6. Grupirani podaci GNSS-a

Dobiveni rezultati potvrđuju da map matching mobilne aplikacije značajno stabilizira i “ispravlja” putanju u odnosu na sirove GNSS točke, što se vidi iz relativno malog prosječnog odstupanja od 0,76 m te posebno u trenucima kada GNSS pokazuje veće skokove. Time se demonstrira korisnost map matchinga u svakodnevnoj navigaciji na mobilnim uređajima. Na području grupe točaka pod brojem 13, odstupanja su najveća zbog prelaženja preko ceste na mjestu koje nije sredina pješačkog prijelaza, već nekoliko metara s južne strane.

Usporedba podataka mjerenja aplikacijom GNSS Logger i map matching-a

Na Slici 7 vidljiva je usporedba map matchinga (crvena linija, OsmAnd) i stvarnih GNSS mjerenja prikupljenih aplikacijom GNSS Logger na mobilnom uređaju. Obojene točke predstavljaju izmjerene GNSS pozicije, pri čemu boja označava udaljenost pojedine točke od map-matching linije, u skladu s legendom (od najmanjih odstupanja 0,01–0,72 m do najvećih 4,22–31,05 m). Većina točaka ima manja odstupanja i grupirana je uz cestovnu mrežu, što upućuje na dobru usklađenost GNSS mjerenja s map-matching modelom. Veća odstupanja, označena toplijim bojama, pojavljuju se uglavnom na raskrižjima i u urbanim dijelovima s

gustom izgradnjom, gdje su GNSS mjerenja podložnija pogreškama zbog refleksije signala i zaklanjanja satelita.



Slika 7. Usporedba map matching-a i podataka mjerenja GNSS Logger aplikacijom

5. ZAKLJUČAK

Na temelju provedene analize i usporedbe GNSS mjerenja, podataka mobilne aplikacije GNSS Logger i rezultata map matchinga u aplikaciji OsmAnd može se donijeti nekoliko zaključaka. Referentna trajektorija dobivena postupkom map matchinga pokazala se stabilnom i prostorno konzistentnom, te je poslužila kao pouzdana osnova za procjenu odstupanja GNSS mjerenja. Analiza GNSS podataka pokazala je odstupanja od referentne linije, s prosječnom udaljenošću od 0,76 m u uvjetima dostupnog satelitskog signala. Takva točnost je zadovoljavajuća za GNSS u navigaciji. Zbog gubitka signala, GNSS mjerenja nisu bila dostupna duž cijele trajektorije, što rezultira prostornim prekidima u podacima. S druge strane, aplikacija GNSS Logger omogućila je kontinuirano bilježenje položaja tijekom cijelog kretanja, bez obzira na kvalitetu prijema signala. Zbog takvog neprekidnog snimanja, u podacima GNSS Loggera vidljiva su veća odstupanja od referentne map-matching linije, osobito na raskrižjima i u dijelovima s otežanim GNSS uvjetima. Iako su pogreške veće u usporedbi s GNSS točkama dobivenima u optimalnim uvjetima, prednost aplikacije očituje se u potpunom vremenskom i prostornom pokrivanju rute. Ukupno gledano, rezultati projekta pokazuju da klasična GNSS mjerenja pružaju veću položajnu točnost, ali uz ograničenje dostupnosti podataka u slučaju gubitka signala, dok mobilna aplikacija GNSS Logger osigurava kontinuirani zapis kretanja uz manju točnost. Time se jasno ističe važnost map matchinga kao metode koja stabilizira i poboljšava interpretaciju GNSS podataka, što je posebno korisno u svakodnevnoj navigaciji i analizi kretanja u urbanom okruženju.

6. LITERATURA

Bačić, Ž. (2025). *Integrirani sustavi u geomatici (ISuG V3)*. Nastavni materijal za kolegij, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za geomatiku, akademska godina 2025./2026. Dostupno putem sustava Srce Moodle.

OsmAnd. OsmAnd — Maps & GPS Offline [Android i iOS aplikacija]. Google Play.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.osmand> (pristupljeno 30.11.2025.)

Google LLC. *GnssLogger* [Android aplikacija]. Google Play.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.location.gps.gnsslogger> (pristupljeno 30.11.2025.)