



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij
geodezije i geoinformatike



Kolegij: Integrirani sustavi u geomatici

Seminarski rad

INTEGRACIJA GNSS-A I GIS APLIKACIJA
(MAP MATCHING) U MOBILNIM TELEFONIMA

Josip Alpeza, Ana Čolak

Zagreb, siječanj 2026.

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Usklađivanje karte.....	4
2. 1. Pregled definicija.....	4
2. 2. Važnost usklađivanja karte.....	5
2. 3. Problem upotrebe interneta	5
2. 4. Poteškoće usklađivanja karata.....	5
2. 5. Prostorna osnova	6
2. 6. Satelitski podatci	6
2. 7. Prednosti i nedostaci usklađivanja karte	7
3. Algoritmi za usklađivanje karte	8
3. 1. Funkcioniranje algoritama.....	8
3. 2. Metode algoritama.....	8
4. Aplikacije s mogućnošću usklađivanja karte	11
4. 1. Google Maps	12
4. 2. OSMAnd	13
4. 3. GNSS Logger	14
4. 4. Usporedba aplikacija	15
5. Analiza integracije GNSS-a i GIS-a u mobilnim telefonima.....	16
5. 1. GNSS mogućnosti korištenih mobilnih telefona.....	16
5. 2. Područje mjerenja.....	17
5. 3. Analiza segmenata.....	19
5. 4. Statistička analiza korištenih mjernih metoda.....	26
6. Zaključak	29
7. Literatura	30
8. Popis priloga.....	32

1. Uvod

Razvoj mobilnih tehnologija posljednjih je desetljeća značajno promijenio način prikupljanja, obrade i korištenja geoprostornih podataka. Pametni telefoni danas su opremljeni integriranim GNSS prijammnicima i nizom dodatnih senzora, čime postaju moćni alati za određivanje položaja i praćenje kretanja u prostoru. Zahvaljujući širokoj dostupnosti i jednostavnosti uporabe, mobilni uređaji sve se češće koriste u navigaciji, analizi prometnih tokova te u različitim GIS aplikacijama. Međutim, pozicioniranje temeljeno isključivo na GNSS mjerenjima u urbanim sredinama često je opterećeno značajnim pogreškama, uzrokovanim ograničenim brojem vidljivih satelita, refleksijom signala i nepovoljnom geometrijom konstelacije satelita.

Kako bi se umanjili negativni utjecaji, razvijeni su algoritmi usklađivanja karte (engl. *map matching*), čija je osnovna zadaća integracija GNSS podataka s cestovnom mrežom unutar GIS sustava. Map matching omogućuje da se sirovi GNSS položaji prilagode stvarnoj infrastrukturi, čime se dobiva stabilnija i realističnija trajektorija kretanja korisnika. Ovaj postupak osobito je važan u urbanim područjima, gdje je točnost GNSS-a smanjena, a zahtjevi za preciznim i kontinuiranim praćenjem položaja izraženiji.

Cilj ovoga seminarskog rada jest prikazati i analizirati integraciju GNSS-a i GIS aplikacija u mobilnim telefonima, s posebnim naglaskom na postupak usklađivanja karte. U teorijskom dijelu rada obrađene su osnovne definicije, važnost map matchinga, poteškoće koje se javljaju pri pozicioniranju, kao i pregled najčešće korištenih algoritamskih metoda. Također su prikazane aplikacije koje implementiraju postupke usklađivanja karte, s naglaskom na navigacijske i istraživačke alate dostupne na mobilnim uređajima.

Praktični dio rada temelji se na testiranju integracije GNSS-a i GIS-a korištenjem dvaju mobilnih telefona različitih karakteristika. Provedena je usporedba rezultata mjerenja dobivenih mobilnim uređajima s referentnim GNSS mjerenjima, kao i analiza uspješnosti map matchinga po pojedinim segmentima trase. Time se nastojalo utvrditi u kojoj mjeri GNSS karakteristike kao i opremljenost mobilnih uređaja raznim sensorima utječe na točnost pozicioniranja. Dobiveni rezultati omogućuju bolji uvid u mogućnosti i ograničenja primjene mobilnih telefona za pozicioniranje i navigaciju.

2. Usklađivanje karte

Usklađivanje ili uklapanje karte (engl. *map matching*) je postupak kojim se dobiveni GNSS podatci, odnosno fazna mjerenja, koji dolaze od satelita do mobilnih uređaja, prilagođavaju stvarnoj mreži cesta na karti, odnosno u GIS sustavu. Može se tako reći da je map matching integracija dvaju vrlo važnih segmenata: GNSS-a i GIS-a (Wang i dr., 2025.).

Podatci se posve precizno usklađuju i uklapaju u kartu. Map matching je posebno važan za navigaciju u gradovima, praćenje vozila, biciklista i pješaka, svih onih koji koriste mobilne uređaje. To omogućuje analizu prometnih tokova i vizualizaciju u stvarnom vremenu (Stipancic i dr., 2025.).

Općenito govoreći, pametni telefoni koriste GNSS signale čime se povećava mogućnost, dostupnost i točnost pozicioniranja. Zahvaljujući širokoj dostupnosti i rasprostranjenosti karata na mobitelima, one su postale nezaobilazno sredstvo u snalaženju u prostoru (Xi i dr., 2007.).

Moderni pametni telefoni integriraju podatke iz više senzora: GNSS-a, Wi-Fi, mobilne mreže, akcelerometar, žiroskop i magnetometar. Korištenjem algoritama poput Kalman filtera, moguće je kombinirati sve izvore kako bi se smanjile pogreške i predvidio smjer kretanja.

Pozicija automobila ili mobilnog uređaja se, dakle, ne određuje samo na osnovi podataka GNSS, nego i na osnovi algoritama uklapanja karte koji GNSS podatke spajaju s najvjerojatnijom cestom. Prvi sustavi razvijali su se koncem prošlog stoljeća, kad su GNSS (GPS) uređaji počeli ulaziti u vozila i počeli postajati sastavni dio mobilnih uređaja. U početku, algoritmi su bili jednostavni i temeljili su se na geometrijskom pristupu, odnosno približavanju GNSS točaka najbližoj cesti. Naglim i uspješnim razvojem mobilnih tehnologija i povećanjem dostupnosti digitalnih karata (posebice OpenStreetMap), algoritmi su postali napredniji i točniji, čime je stvarna pozicija korisnika još više poboljšana (URL 1).

2.1. Pregled definicija

Ovisno o izvoru, više je definicija postupka usklađivanja karata ili map matching-a. Prema (URL 12), usklađivanje je postupak kojim se određuje na kojoj se cesti vozilo nalazi koristeći podatke satelita. Isti izvor navodi da je usklađivanje karte proces usklađivanja niza promatranih korisničkih položaja s cestovnom mrežom na digitalnoj karti. Konačno, izvor definira map matching kao način integracije GNSS podataka s GIS podacima, odnosno cestovnom mrežom kako bi se identificirala stvarna trasa kojom se vozilo kreće i kako bi se kontinuirano i u stvarnom vremenu odredila lokacija vozila na cesti.

2. 2. Važnost usklađivanja karte

Usklađivanje karte vrlo je važno zbog svoje široke upotrebe u navigaciji, posebno za orijentaciju i usmjeravanje u gradovima, praćenje vozila, biciklista i pješaka, svih onih koji koriste mobilne uređaje ili kartu u sklopu automobila.

To omogućuje analizu prometnih tokova i vizualizaciju u stvarnom vremenu (Bierlaire i dr., 2013.).

Konkretno, tvrtke koje se bave uslugama dostave ili prevoze svoja dobra koriste usklađivanje karte za praćenje i analizu kretanja svojih pošiljki.

Map matching se koristi i u upravljanju protokom prometa. I sama vozila koriste navigacijske sustave i GIS za odabir najbrže ceste s manje prometnih gužvi (URL 5).

2. 3. Problem upotrebe interneta

Postoje dva slučaja, u ovisnosti o tome koristi li se ili ne internet, odnosno je li uređaj povezan s mrežom. To su online i offline uklapanje karata.

Kod online uklapanja karata, lokacija trenutnog položaja objekta mora se odrediti u stvarnom vremenu. Usklađivanje se vrši s GNSS podacima u stvarnom vremenu, a algoritam mora biti dovoljno brz da obradi dolazne podatke i uskladi svaku lokaciju s kartom (URL 2).

Kod offline usklađivanja karata zadan je niz položaja, što znači da su svi budući položaji dostupni kada se pokrene algoritam podudaranja karata. Algoritam tada može iskoristiti činjenicu da postoji znanje o prethodnim lokacijama dok se podudara s trenutnom lokacijom. Algoritmi, dakle, analiziraju prikupljene podatke kasnije, za određenu prometnu analizu ili statistiku (Salama, Lehri, 2023.).

2. 4. Poteškoće usklađivanja karata

U stvarnim situacijama, pozicija koja dolazi od GNSS satelita može odstupati od stvarnog položaja uslijed šuma signala, multipath učinka ili ograničenog broja vidljivih satelita. S druge strane, makar signal bio izvrstan, i GIS podatci mogu biti pogrešni, primjerice da nedostaje neka cesta ili nisu ažurirani podatci, odnosno nisu usklađeni sa stvarnim podacima na terenu. Zbog ovih pogrešaka, pozicija korisnika se često može naći izvan mreže ceste, čak na području zgrada ili u posve pogrešnoj ulici, što negativno utječe na upotrebu podataka (Gupta, Shanker, 2022.).

Sami mobilni uređaji imaju nekoliko ograničenja:

- točnost GNSS-a – ograničena, iznosi najčešće 5-10 metara, ali na otvorenim područjima. Podliježu velikim pogreškama u urbanim sredinama, do čak 30 metara.
- smetnje signala – visoke zgrade izazivaju odbijanje GNSS signala, odnosno višestruku refleksiju.
- brzina ažuriranja – brojni mobilni uređaji prikupljaju pozicije svakih nekoliko sekundi, neki samo svake sekunde, a većina svakih 2–5 sekundi, što može otežati usklađivanje karte.
- neažurnost GIS-a – karte se stalno ažuriraju, no nekad ne dovoljno brzo, pa takvo stanje može rezultirati odstupanjem od stvarnog stanja na terenu.

2. 5. Prostorna osnova

Obzirom da se kao glavni GIS sloj koristi mreža cesta za uklapanje karte koristeći podatke globalnih navigacijskih satelitskih sustava, potrebna je uvijek ažurna i potpuna cestovna infrastruktura u vektorskom obliku. Tako se najčešće koristi otvorena i javno dostupna karta, OpenStreetMap. OSM je uglavnom dobro usklađen sa stvarnim stanjem, zahvaljujući velikom broju uređivača koji po cijelom svijetu i u svakom trenutku uređuju stanje karte usklađujući ga sa stanjem na terenu. Zahvaljujući svojoj jednostavnosti, OSM omogućuje izdvajanje mreže cesta, bilo za cijeli svijet, bilo za neko odabrano područje, kao što je država, grad ili općina ili pak neko naselje, odnosno njegov odabrani dio (Bierlaire i dr., 2013.).

2. 6. Satelitski podatci

Za usklađivanje karte koriste se različiti satelitski podatci koji dolaze iz globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS). Ti sustavi omogućuju određivanje položaja mobilnog uređaja na temelju signala koje emitiraju sateliti u Zemljinoj orbiti. Korištenjem više sustava povećava se dostupnost satelita, pouzdanost pozicioniranja i točnost određivanja položaja.

U mobilnim uređajima ovi podatci najčešće dolaze u obliku obrađenih GNSS mjerenja, dok su sirova fazna mjerenja dostupna samo u istraživačkim i naprednijim aplikacijama (GNSS Logger). Iako su sirova mjerenja točnija, većina map matching algoritama u praksi koristi obrađene podatke.

Važno je istaknuti da satelitski podatci nisu savršeni i da uvijek sadrže određenu razinu pogreške. Te pogreške mogu nastati zbog atmosferskih utjecaja, kašnjenja signala, pogrešaka satelitskih satova, ali i zbog multipath efekta, kada se signal reflektira od objekata poput zgrada

ili stijena. Zbog toga satelitski podatci često ne odgovaraju stvarnom položaju korisnika na cesti, što dodatno naglašava potrebu za algoritmima usklađivanja karte. Map matching algoritmi koriste satelitske podatke kao osnovni ulaz, ali ih ne promatraju izolirano. Umjesto toga, satelitski podatci se kombiniraju s informacijama dodatnih senzora kako bi se odredila najvjerojatnija stvarna pozicija korisnika. Na taj način, satelitski podatci predstavljaju početnu točku procesa usklađivanja, dok se konačna pozicija određuje integracijom više izvora informacija (Salama, Lehri, 2023.).

2. 7. Prednosti i nedostaci usklađivanja karte

Map matching ima brojne prednosti, ali i brojne nedostatke (URL 2). Njihov je popis prikazan u sljedećoj tablici (tablica 1).

Tablica 1.: Prednosti i nedostaci usklađivanja karte

Prednosti	Nedostaci
povećanje preciznosti pozicioniranja	kvaliteta GNSS podataka
poboljšanje pozicioniranja u gradovima	točnost karata
omogućavanje stalne navigacije (real time)	odnos preciznosti i izvedivosti
korištenje drugih senzora	pogreške pri paralelnim cestama
smanjenje naglih 'skokova' pozicije	složenost algoritama

3. Algoritmi za usklađivanje karte

Map matching algoritmi na mobitelima služe usklađivanju sirovih GNSS podataka s digitalnom kartom. Taj proces je vrlo složen jer mobitel radi u ograničenim uvjetima te na njih utječe refleksija GNSS signala, ograničena frekvencija, ograničenja baterije i sl. (Stipancic i dr., 2025.).

Algoritmi koriste GNSS lokaciju dobivenu od satelita, brzinu i smjer od IMU sustava, prethodno kretanje (prateći konzistentnost, osvrću se na prethodne točke), topologiju karte te dodatne senzore kao što su Wi-Fi, mobilne bazne stanice, Cell ID i sl. Svi se podatci kombiniraju u realnom vremenu kako bi se odredila najvjerojatnija pozicija korisnika (URL 2).

3. 1. Funkcioniranje algoritama

Kada mobitel dobije GNSS signal (nova točka), algoritam prvo identificira kandidatske cestovne segmente u blizini. Kandidati su cestovni segmenti koji su dovoljno blizu GNSS točke. Algoritam pretražuje i uklanja "grube pogreške", odnosno pogrešne opcije koje su kilometrima udaljene od same točke ili se ne slažu sa smjerom kretanja. Za svaku kandidatsku cestu algoritam računa vjerojatnost da GNSS točka pripada tom segmentu. Računa se koliko je odstupanje točke od stvarne linije kretanja te daje najvjerojatniju kandidatsku cestu. Sljedeći je korak predviđanje smjera i gibanja, na način da prati gdje je došlo do naglog skoka te vraća točku na stvarnu poziciju. Konačno se odabire najvjerojatniji segment koji je zapravo najbliži. Rezultat je vizualni prikaz na karti na najvjerojatnijem segmentu, ne nužno na mjestu gdje je GNSS signal zapravo zabilježio točku, nego je to položaj ispravljen pomoću drugih senzora. Nastavno slijedi kontinuirano održavanje pozicije korisnika i smjera (Dikić, Sokolović, 2016.).

Algoritmi, dakle, prikupljaju GNSS podatke i podatke drugih senzora, pretražuju najbližu cestu, računaju vjerojatnost da se točka nalazi na toj cesti te predviđaju i sljedeću točku i ažuriraju poziciju u stvarnom vremenu (Salama, Lehri, 2023.).

3. 2. Metode algoritama

Usklađivanje karte korištenjem GNSS podataka, kako je već spomenuto, opterećeno je različitim pogreškama, kao što su smetnje signala ili utjecaj ionosfere i troposfere. I GIS podatci imaju znatan utjecaj, obzirom da postoji mogućnost posjedovanja netočnih podataka.

Uvode se stoga različiti algoritmi za usklađivanje karte, koji pomažu u ispravljanju navedenih pogrešaka i omogućuju precizno praćenje vozila ili mobilnog uređaja. Ključni su za

poboljšanje sustava i dobivanje točne pozicije i trajektorije. Općenito se algoritmi dijele u četiri kategorije:

- geometrijske metode – usmjeravaju se samo na udaljenost između pojedinih elemenata trajektorije vozila koju treba uskladiti i stvarne cestovne mreže. Metoda je jednostavna i brza za izvedbu, ali ima nisku točnost, napose u gradskim područjima s vrlo zahtjevnom i složenom cestovnom mrežom (Krehula, 2024.). Tri su vrste pristupa kod geometrijske metode:
 - usklađivanje točke s točkom – svaka od točaka trajektorije dovodi se do najbližeg čvora ceste. Pristup je brz i jednostavan, no njegova točnost ovisi o načinu na koji je stvorena cestovna mreža.
 - usklađivanje točke s linijom – svaka se točka povezuje s najbližom linijom (cestom) u mreži, na način da se pronalazi najmanja udaljenost od svake točke do segmenta te se tako točka pridružuje onom dijelu segmenta od kojega najmanje odstupa. Daje bolje rezultate od prethodnog pristupa, no manje je upotrebljiv u praksi, posebno zbog lošijih rezultata u područjima s većom gustoćom cesta.
 - usklađivanje linije s linijom – prvotno se spajaju sve točke na način da se dobije linijski niz trajektorije vozila, odnosno uređaja. Zatim se, kao u prethodnom slučaju, uspoređuju udaljenosti od točke do točke na segmentima. Pristup ovisi o načinu na koji se bira redoslijed točaka u linijama jer koristi činjenično pristup usklađivanja od točke do točke za izračun udaljenosti između tih točaka. Zbog toga može dati manje točne rezultate, jednako kao i prethodni pristup, pa čak i lošije od istoga (Amini, 2021.).
- topološke metode – uzimaju u obzir povezanost i sličnost oblika. Shodno tome, jednako kao i geometrijske metode, u obzir uzimaju udaljenost između točaka, ali i način na koji su ti segmenti povezani, što pospješuje njihovu upotrebu za složene mreže. Ispituje se također i susjednost točaka, linija i površina. Algoritam je vrlo osjetljiv na grube pogreške. Koristi se sama povezanost između trajektorije i ceste, a potom se statističkom analizom definiraju pragovi za uklanjanje segmenata ceste koji ne sudjeluju u usklađivanju karte (koji su izvan granica i interesa karte) (Krehula, 2024.).
- probabilističke metode – modeliraju nesigurnost trajektorije vozila ili uređaja tako što uključuju pogreške mjerenja i nepoznate ceste, s ciljem pronalaska dionice mreže prometnica s najvećom vjerojatnošću generiranja zadane trajektorije. Pristup uključuje veću točnost, ali su složenije i zahtijevaju više računalnih resursa. Ove metode koriste statističke modele za predviđanje najvjerojatnije rute vozila ili uređaja. Koriste skriveni Markovljev model, jedan od najpoznatijih probabilističkih pristupa map

matchingu. HMM modelira 'problem' tako da su cestovni segmenti skrivena stanja, a GNSS točke promatrane vrijednosti. Vjerojatnosti prijelaza između segmenata i promatranih vrijednosti (točki) izračunavaju se na osnovi udaljenosti, brzine i topologije mreže. Algoritam tada pronalazi najvjerojatniji segment kojemu pripadaju GNSS točke i njihovi nizovi (Krehula, 2024.).

- napredne metode – zasnivaju se na naprednim modelima kao što su Kalmanov filter, partikularni filter i fuzzy logika. Ove metode kombiniraju više izvora podataka i koriste napredne algoritme za postizanje visoke točnosti. Time se smanjuje i pogreška u pozicioniranju i pogreška usklađivanja karte (Krehula, 2024.).

U ovom radu će u praktičnom dijelu biti korištena geometrijska metoda kao algoritam za usklađivanje karte.

Postoji i druga podjela algoritama za usklađivanje karata, a također se mogu razvrstati u četiri skupine:

- model sličnosti – odnosi se na opći pristup koji vraća točke koje su najbliže putanji vozila ili uređaja. Glavni je zadatak ove metode odrediti mjeru blizine pojedine točke od segmenta. Nalikuje na geometrijsku metodu u prethodnoj podjeli.
- model prijelaza stanja – gradi topološki graf koji sadrži sve moguće rute kojima vozilo ili uređaj može putovati. Točke predstavljaju moguća stanja u kojima se korisnik može nalaziti, a linije su prijelazi između tih stanja.
- model evolucije kandidata – formira se skup kandidata od točaka te se traže novi kandidati koristeći postojeće znanje od starih kandidata.
- model bodovanja – koriste se težine koje se dodjeljuju svakom segmentu putanje te se pronalazi stvarni cestovni brid kretanja (Krehula, 2024.).

Zaključno, map matching algoritmi za mobilne telefone razvijeni su da optimiziraju točnost i učinkovitost te daju točan položaj korisnika. Geometrijski algoritmi su brzi, ali manje točni. Hibridni modeli daju najbolju točnost, kombinirajući prednosti svih drugih metoda.

4. Aplikacije s mogućnošću usklađivanja karte

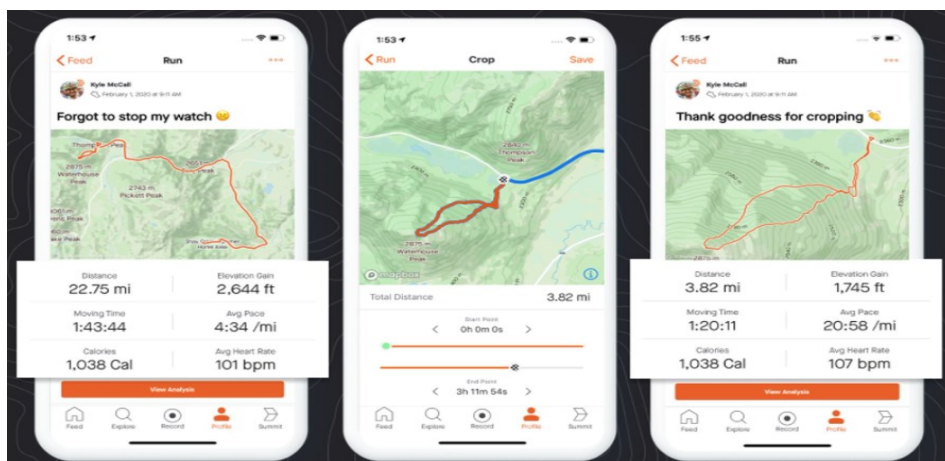
Aplikacije s mogućnošću usklađivanja karte općenito djeluju kao spona između algoritama za usklađivanje karte i samoga korisnika. Pomoću njih se teorijski modeli primjenjuju na stvarne podatke odaslane od satelita, a koji se prikupljaju mobilnim uređajima. Na taj način korisnik dobiva jasan i vizualni prikaz vlastite lokacije, odnosno trajektorije kretanja, pri čemu su složeni algoritamski postupci – metode, sakriveni u pozadini aplikacije.

Osnovna zadaća aplikacija je prikupljanje stvarnog položaja pomoću GNSS-a, ali i IMU-a i drugih ugrađenih senzora mobilnog telefona. Vršiti se zatim njihova obrada te usklađivanje dobivenih pozicija s mrežom cesta – kartom.

Pozicija korisnika bez usklađivanja karte bila bi prikazana kao niz točaka 'razbacanih' posvuda, koje često ne odgovaraju stvarnoj cestovnoj mreži. Usklađivanjem s kartom, aplikacije mogu prikazati stvarnu poziciju korisnika.

Aplikacije s map matching-om mogu se podijeliti na (Salama, Lehri, 2023.):

- navigacijske aplikacije – u stvarnom vremenu korisniku pružaju precizne upute za kretanje. Točnost usklađivanja karte izravno utječe na kvalitetu navigacije jer pogrešno usklađivanje može rezultirati pogrešnim skretanjima ili kašnjenjem upute (Google Maps, OSMAnd).
- aplikacije za sport i rekreaciju – koriste se za trčanje, plivanje, biciklizam, planinarenje i druge vrste sportova u kojima je pozicija važna. Manje su precizne od drugih sustava, ali također primjenjuju map matching kako bi korisniku prikazali stvarnu poziciju (Strava).



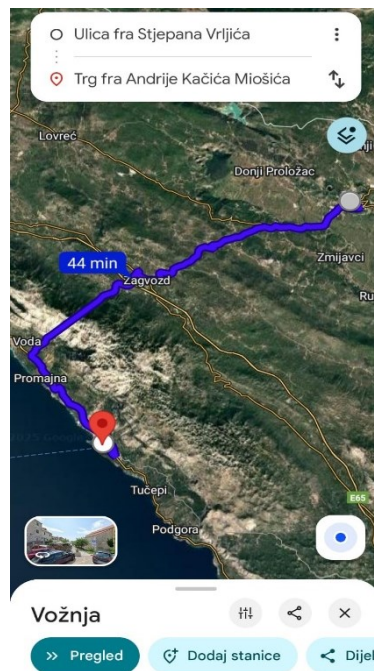
Slika 1.: Prikaz aplikacije Strava

- istraživačke aplikacije – pohranjuju sirove GNSS podatke i kasnije ih obrađuju, a omogućuju primjenu i offline načina rada. Sirova GNSS mjerenja služe za testiranje i ocjenu rezultata dobivenih map matchingom (npr. GNSS Logger).

4. 1. Google Maps

Google Maps je najčešće korištena aplikacija za navigaciju, ali i tipičan primjer aplikacije s mogućnošću usklađivanja karte. Koristi algoritme (skriveni Markovljev algoritam) za pružanje preciznog položaja i njegovo praćenje. Prikuplja podatke o položaju korisnika putem GNSS-a, ali te podatke ne prikazuje izravno jer su to sirove koordinate. Pomoću IMU-a i drugih senzora se pozicija ispravlja te se usklađuje s kartom, odnosno cestovnom mrežom.

U praktičnoj uporabi, Google Maps koristi map matching kako bi odredio na kojoj se cesti ili kojem prometnom smjeru korisnik nalazi. Ovo je posebno važno u urbanim sredinama, gdje su pogreške GNSS mjerenja velike zbog višestruke refleksije signala. Tada sirovi GNSS podatci mogu pokazivati da se korisnik nalazi izvan ceste, dok algoritmi map matchinga u procjenjuju najvjerojatniju stvarnu poziciju.



Slika 2.: Navigacijsko sučelje Google Maps-a

Osim GNSS podataka, Google Maps koristi i podatke s akcelerometra, žiroskopa, magnetometra, Wi-Fi mreža i mobilnih baznih stanica. Ova integracija izvora omogućuje poboljšano map matching usklađivanje, osobito u situacijama kada GNSS signal nije dostupan ili je izrazito nepouzdan, primjerice u tunelima ili podzemnim garažama.

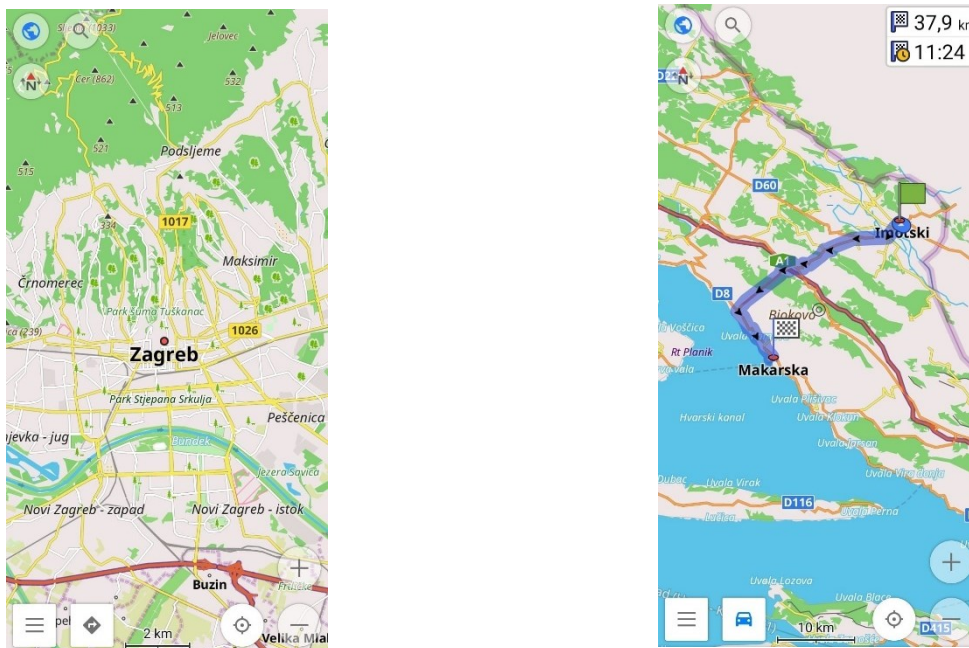
Navigacijski algoritmi Google Mapsa su gotovo pravovremeni, stalno ažurni te iznimno točni (URL 3).

4. 2. OSMAnd

OSMAnd (OpenStreetMap automatizirane navigacijske upute, engl. *OpenStreetMap Automated Navigation Directions*) je jedna od najpoznatijih navigacijskih aplikacija otvorenog koda koja koristi OpenStreetMap podatke. OSMAnd uključuje kombinira navigaciju, mogućnost korištenja offline karte i naprednu obradu geoprostornih podataka.

OSMAnd koristi map matching kako bi stvarnu poziciju korisnika doveo na najvjerojatniju cestu u OpenStreetMap mreži. Kombinira geometrijsku i topološku metodu, pri čemu se dobivena pozicija od GNSS-a uspoređuje s bliskim cestovnim segmentima, nakon čega se provjerava topološka konzistentnost s prethodnim točkama i smjerom kretanja.

Jedna od ključnih prednosti OSMAnd-a je mogućnost offline usklađivanja karte. Aplikacija ne zahtjeva stalnu internetsku vezu, pa OSMAnd koristi optimizirane algoritme s ograničenom složnošću. Svi snimljeni podatci spremaju se u GPX formatu, nakon čega se mogu analizirati i vizualizirati. Moguća je usporedba GNSS mjerenja i usklađenih podataka s cestovnom mrežom te vrednovanje učinkovitosti.



Slika 3.: Navigacijsko sučelje OSMAnd-a

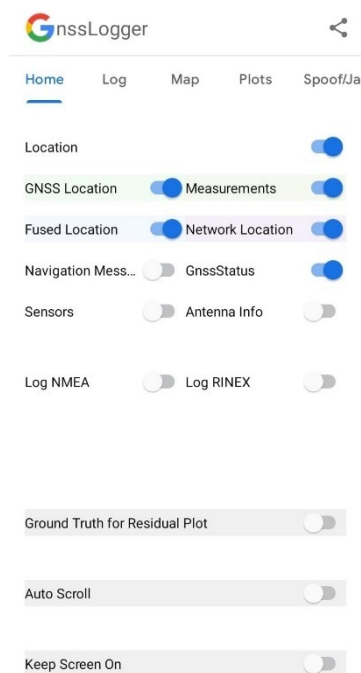
OSMAnd ne koristi kompleksne algoritme kao profesionalni map matching alati. Budući da ne koristi složene algoritme kao što je skriveni Markovljev model, postoji veća vjerojatnost pogrešaka. Map matching se provodi tražeći najbliži segment ceste, dodajući heuristiku – pravila kontinuiteta, smjera i brzine. Lokacija koju daje dobiva se integracijom podataka: GNSS-a, Wi-Fi, Cell ID, IMU-a, a ne samo GNSS podataka (URL 4).

4. 3. GNSS Logger

GNSS Logger je aplikacija razvijena prvenstveno kao istraživački i razvojni alat. Za razliku od navigacijskih aplikacija, GNSS Logger ne provodi map matching automatski, već prikuplja i bilježi sirove GNSS podatke.

GNSS Logger omogućuje pristup podacima kao što su pseudoudaljenost, snaga signala i satelitske efemerida. Ovi podatci se mogu koristiti za detaljnu analizu pogrešaka GNSS-a u mobilnim telefonima.

Jedna od ključnih prednosti GNSS Loggera je mogućnost usporedbe sirovih GNSS podataka s naknadnim rezultatima map matchinga. GNSS Logger može se koristiti za snimanje podataka, a zatim se može primijeniti različite map matching algoritme offline, dobivajući naknadno stvarnu lokaciju korisnika, odnosno njegovu trajektoriju. Na taj način moguće je ocijeniti točnost i ograničenja pojedinih metoda (URL 5).



Slika 4.: Navigacijsko sučelje GNSS Logger-a

GNSS Logger omogućuje analizu sirovih mjerenja, dobivajući od kojih su satelita došli GNSS signali, prikazuje podatke GNSS sata, vrstu koda, stanje GNSS-a, raspon i frekvenciju, i druge važne parametre (Manandhar, 2022.).

4. 4. Usporedba aplikacija

Aplikacije poput OSMAnda i GNSS Loggera prikazuju jasnu razliku između primjene i istraživanja map matchinga. OSMAnd predstavlja aplikaciju orijentiranu krajnjem korisniku, gdje je cilj stabilna i kontinuirana navigacija. GNSS Logger, s druge strane, predstavlja alat za razumijevanje i razvijanje map matchinga.

Ove aplikacije imaju široku dostupnost velikih količina podataka. Međutim, ograničenje im je da su mnogi algoritmi optimizirani za korisnika, a ne za teorijsku (potrebnu) optimalnost. To znači da se često koriste heuristike koje nisu stvarno optimalne, ali u praksi daju zadovoljavajuće rezultate.

OSMAnd pokazuje kako se map matching može implementirati u open-source navigacijskoj aplikaciji s offline podrškom, dok GNSS Logger služi kao temeljni alat za istraživanje i vrednovanje algoritama.

5. Analiza integracije GNSS-a i GIS-a u mobilnim telefonima

U svrhu testiranja integracije GNSS-a i GIS-a u mobilnim telefonima pokusno je odrađen terenski dio mjerenja s ciljem usporedbe performansi dvaju mobilnih uređaja autora rada: Samsunga i Honora. Dobiveni su rezultati uspoređeni s GNSS mjerenjima kao visokotočnom metodom geodetske izmjere, kao i sa stvarnom, referentnom trasom izvedenog mjerenja.

5.1. GNSS mogućnosti korištenih mobilnih telefona

Za praktični dio istraživanja korišteni su mobilni uređaji Honor 50 i Samsung Galaxy A12. Oba uređaja koriste jednofrekventne GNSS prijammike, no razlikuju se po kvaliteti čipa, broju podržanih satelitskih sustava i mogućnostima obrade GNSS signala, što izravno utječe na točnost pozicioniranja.

Honor 50 opremljen je GNSS prijammikom integriranim u čip Qualcomm Snapdragon 778G. Uređaj podržava istodobni prijam signala iz više globalnih navigacijskih satelitskih sustava uključujući GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou i QZSS. Prijam se odvija na civilnoj frekvenciji L1 (1575.42 MHz), što znači da je riječ o jednofrekventnom GNSS sustavu, tipičnom za većinu pametnih telefona. Zahvaljujući istodobnom korištenju više satelitskih konstelacija, Honor 50 raspolaže većim brojem vidljivih satelita, što povećava dostupnost GNSS rješenja i stabilnost pozicioniranja, osobito u zahtjevnim uvjetima urbanih sredina.

Osim GNSS-a, uređaj je opremljen akcelerometrom, žiroskopom i magnetometrom, čime se omogućuje preciznija procjena smjera i dinamike kretanja. Dodatno se koriste podaci dostupnih Wi-Fi mreža i mobilnih baznih stanica, koji služe kao pomoćni izvor informacija u uvjetima slabijeg GNSS signala.

Dodatna prednost Honor 50 uređaja jest podrška za pristup sirovim GNSS mjerenjima, dostupna kroz Android operativni sustav i aplikacije poput GNSS Loggera. Time je omogućena detaljna analiza kvalitete GNSS signala, uključujući podatke o korištenim satelitima, snazi signala i geometriji konstelacije. U optimalnim uvjetima, ostvariva točnost pozicioniranja iznosi približno 3 do 5 metara, dok se u urbanim kanjonima zadržava relativno stabilno ponašanje u usporedbi s uređajima slabijih GNSS mogućnosti (URL 7).

Samsung Galaxy A12 koristi GNSS prijammik integriran u čip MediaTek Helio P35. Uređaj podržava prijam signala iz satelitskih sustava GPS, GLONASS, Galileo i BeiDou, također na frekvenciji L1, što ga svrstava u kategoriju jednofrekventnih GNSS prijammika. Za razliku od Honor 50 uređaja, Galaxy A12 ne podržava QZSS sustav, čime je smanjen ukupan broj

dostupnih satelita. Samsung Galaxy A12 od inercijalnih senzora raspolaže samo akcelerometrom. Položaj se dodatno procjenjuje pomoću informacija o Wi-Fi mrežama i mobilnim baznim stanicama. Zbog nedostatka magnetometra i žiroskopa te manje napredne obrade podataka, pozicioniranje je osjetljivije na smetnje.

Slabiji GNSS čip i manje napredni algoritmi obrade rezultiraju većim osjetljivostima na smetnje signala, posebice u područjima s višestrukom refleksijom signala uzrokovanom visokim zgradama. Ostvariva točnost pozicioniranja uređaja Samsung Galaxy A12 u otvorenim uvjetima iznosi približno 5 do 10 metara (URL 8).

5. 2. Područje mjerenja

Trasa testiranja integracije GNSS-a i GIS-a je, s ciljem bolje izvedbe terenskog dijela mjerenja, obiđena jedanput prije samoga mjerenja. Rekognosciranje terena obavljeno je dana 6. studenoga 2025. u 10.30 sati. Uviđeno je da na terenu nema zapreka, izuzev toga što je odabrano područje istočno od Doma sportova, obzirom da je zapadno područje u krugu tvornice te ga nije bilo moguće prijeći. Prije samog mjerenja pripremljena je i web karta područja za lakše praćenje trase kretanja (URL 6).

Trasu mjerenja čini područje omeđeno sljedećim ulicama: Kačićeva ulica, Magazinska ulica, zgrada Doma sportova, Trakošćanska ulica, Ulica grada Vukovara, Ulica Ivana Broza te Kačićeva ulica. Ukupna je duljina trase 4.25 km.

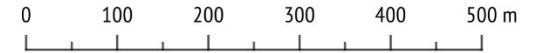
Mjerenje je obavljeno dana 26. studenoga 2025. godine u 11.00 sati. Testiranje je provedeno koristeći GNSS prijamnik, povezujući se na CROPOS sustav, odnosno mrežu referentnih GNSS stanica. Uz to su korištena i dva mobilna telefona: Honor 50 te Samsung Galaxy A12. Na njima su pokrenute aplikacije GNSS Logger i OSMAnd za prikupljanje GNSS podataka, odnosno podataka trajektorije.

Mjerenje je započeto na sjevernom rubu Kačićeve ulice, na križanju s Ilicom, a dovršeno je na križanju Kačićeve ulice s Ulicom Isidora Kršnjavoga. Trasa je obiđena u smjeru obrnutom od kazaljke na satu, odnosno od zapada prema istoku, počevši iz Kačićeve ulice, nastavljajući dalje u Jukićevu ulicu, zatim Adžijinu te, napokon Magazinsku ulicu. Prema Trakošćanskoj ulici nastavilo se skretanjem u Novu cestu kod Doma sportova, a zatim nastavljajući u Ulicu Andrije Žaje te Metalčevu ulicu. Na Trešnjevačkom trgu put je nastavljen prema Ulici Grada Vukovara, skrećući zatim u Ulicu Florijana Andrašeca. Na križanju s Tratinskom ulicom, put je nastavljen prema Ulici Ivana Broza, a zatim skretanjem u Adžijinu ulicu i Ulicu Kršnjavoga, na križanju s Kačićevom ulicom, dovršen je postupak mjerenja i testiranja. Trasa mjerenja, kao i rezultat mjerenja, prikazan je na sljedećoj stranici.









Trasa testiranja integracije GNSS-a i GIS-a u mobilnim telefonima

Mjerilo 1 : 8 000
1 cm = 80 m



Poprečna Mercatorova projekcija
(HTRS96/TM)

Tumač znakova

-  GNSS mjerene točke
-  Honor (OSMAnd)
-  Honor (GNSS Logger)
-  Samsung (OSMAnd)
-  Samsung (GNSS Logger)
-  Prijedena (stvarna) trasa

Kartografski prikaz izrađen je u sklopu rada "Integracija GNSS-a i GIS aplikacija (map matching) u mobilnim telefonima" iz kolegija Integrirani sustavi u geomatici, kod nositelja kolegija prof. dr. sc. Željka Bačića, pri Zavodu za geomatiku, pri Katedri za satelitsku geodeziju, na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.




Autori: Josip Alpeza, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.,
Ana Čolak, univ. bacc. ing. geod. et geoinf.
Zagreb, siječanj 2026.

5. 3. Analiza segmenata

Po dovršetku mjerenja pristupljeno je analizi uspješnosti mjerenja i testiranja, odnosno usporedbi podataka mjerenja sa stvarnom trasom, kao i usporedbi podataka mjerenja s GNSS podatcima. Analiza je podijeljena po ulicama čije je testiranje definirano u okviru ovoga seminarskog rada.

Na slikama na kojima je prikazana usporedba podataka mjerenja korišteni su sljedeći kartografski znakovi, prikazani u tablici. Svi su prikazi u mjerilu 1 : 500.

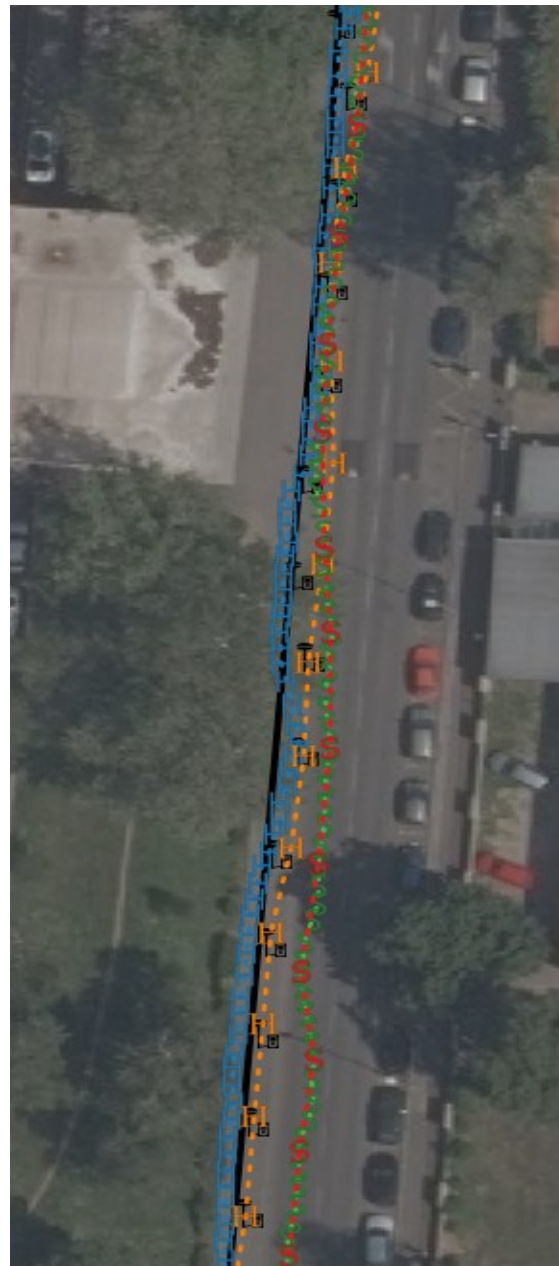
Tablica 2.: Kartografski ključ

Podatci mjerenja	Oznaka
Honor (OSMAnd)	H
Honor (GNSS Logger)	H
Samsung (OSMAnd)	S
Samsung (GNSS Logger)	S
GNSS mjerenja	

5. 3. 1. Kačićeva ulica

Mjerenja u sjevernom dijelu Kačićeve ulice značajno odstupaju od referentne trase. To i ne iznenađuje, obzirom da se u tom dijelu s obje strane ulice nalaze visoke zgrade koje onemogućuju izravan prijem GNSS signala. Tako su stvarnoj trasi najbliže bili podatci mjerenja OSMAnd–a na uređaju Honor. I GNSS Logger na istom uređaju dao je dobre rezultate, obzirom na okolnosti. S druge strane, Samsungovi podatci vrlo su udaljeni od stvarne trase te leže, na većem dijelu dionice na istočnoj strani ulice. GNSS podatci mjerenja također ipak su iznenađujući, obzirom da se točke nalaze ili po sredini ulice ili na istočnom rubu ulice.

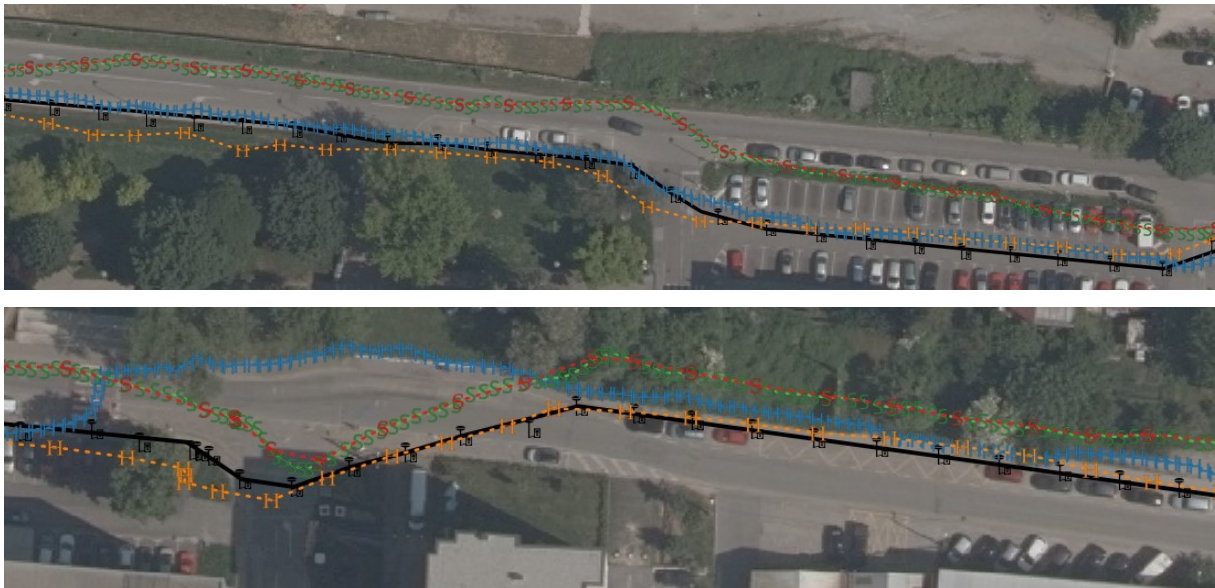
Južni dio ulice, nakon križanja s Klaićevom ulicom, nema većih zgrada, osim Geodetskog fakulteta, pa su ovdje podatci GNSS mjerenja gotovo na stvarno prijedenoj trasi. Blizu trase su i Honor podatci, dok Samsung podatci ipak nešto više odstupaju od trase.



Slika 5.: Prikaz mjerenja u Kačićevoj ulici

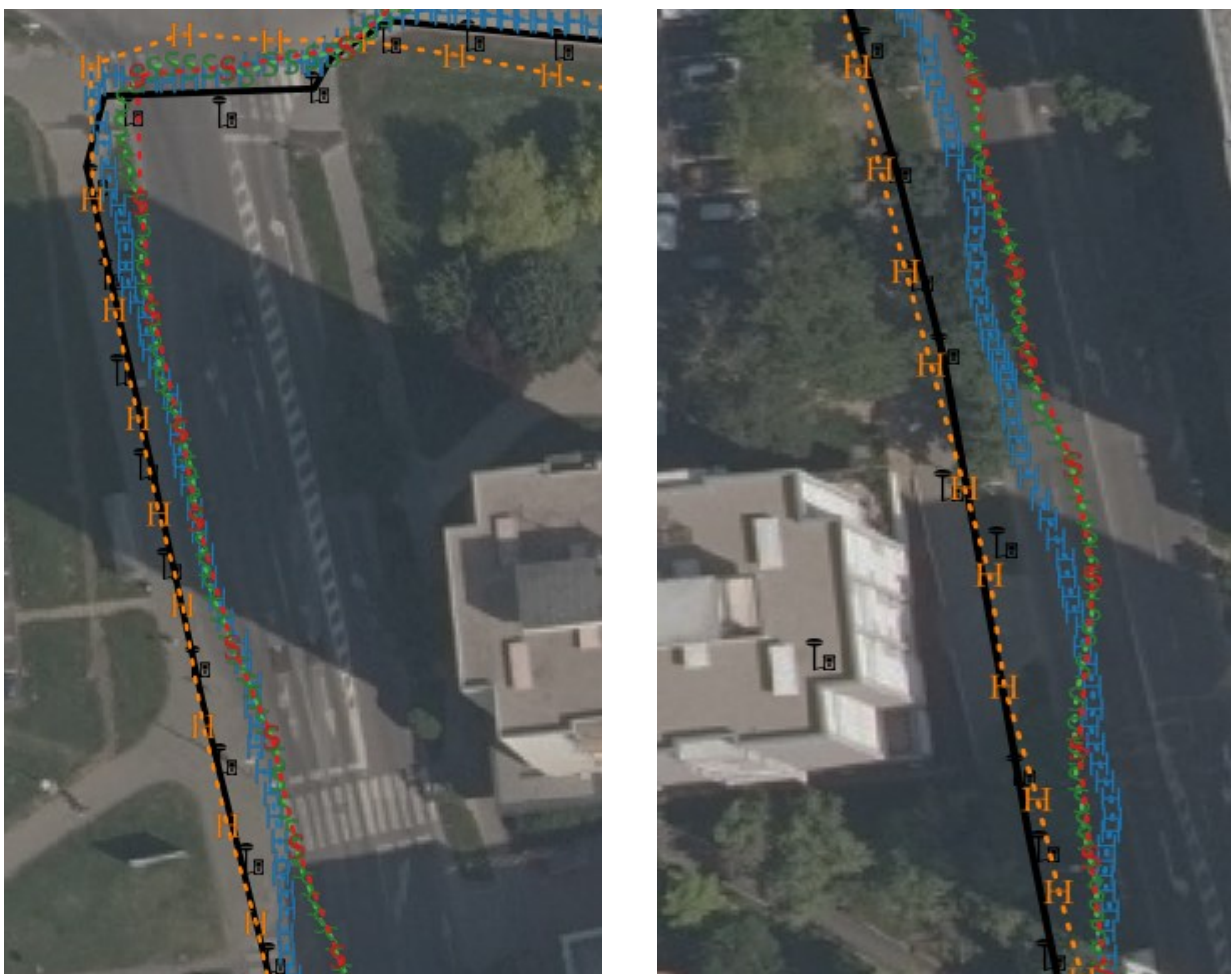
5. 3. 2. Magazinska ulica

U Magazinskoj ulici, GNSS podatci mjerenja gotovo u potpunosti prate stvarno prijeđenu trasu. Razlog tomu jest i čist horizont, odnosno nepostojanje visokih zgrada. Podatci mobilnih uređaja ipak variraju. U zapadnom dijelu Magazinske ulice, GNSS Logger na Honor uređaju gotovo se poklapa s prijeđenom trasom, dok u istočnom dijelu ulice ima najveće odstupanje. OSMAnd na istom mobitelu gotovo potpuno i neprekidno prati stvarnu trasu. Kod Samsung uređaja opažena su značajna odstupanja pa se tako doima kao da su mjerenja obavljena na sjevernom dijelu ulice.



Slika 6.: Prikaz mjerenja u Magazinskoj ulici

5. 3. 3. Dom sportova



Slika 7.: Prikaz mjerenja kod Doma sportova (Nova cesta)

Kod Doma sportova, GNSS podatci ponovno dosljedno prate stvarnu trasu mjerenja, uz iznimku jednoga odstupanja na zgradi Galbanum, gdje dolazi do drastičnog odmaka točke. Dobiveni podatci Honor uređaja ponovno su bliže stvarnoj trasi od podataka uređaja Samsung, pri čemu podatci aplikacije OSMAnd na Honoru prate stvarnu trasu gotovo jednako točno kao i GNSS.

5. 3. 4. Trakošćanska ulica

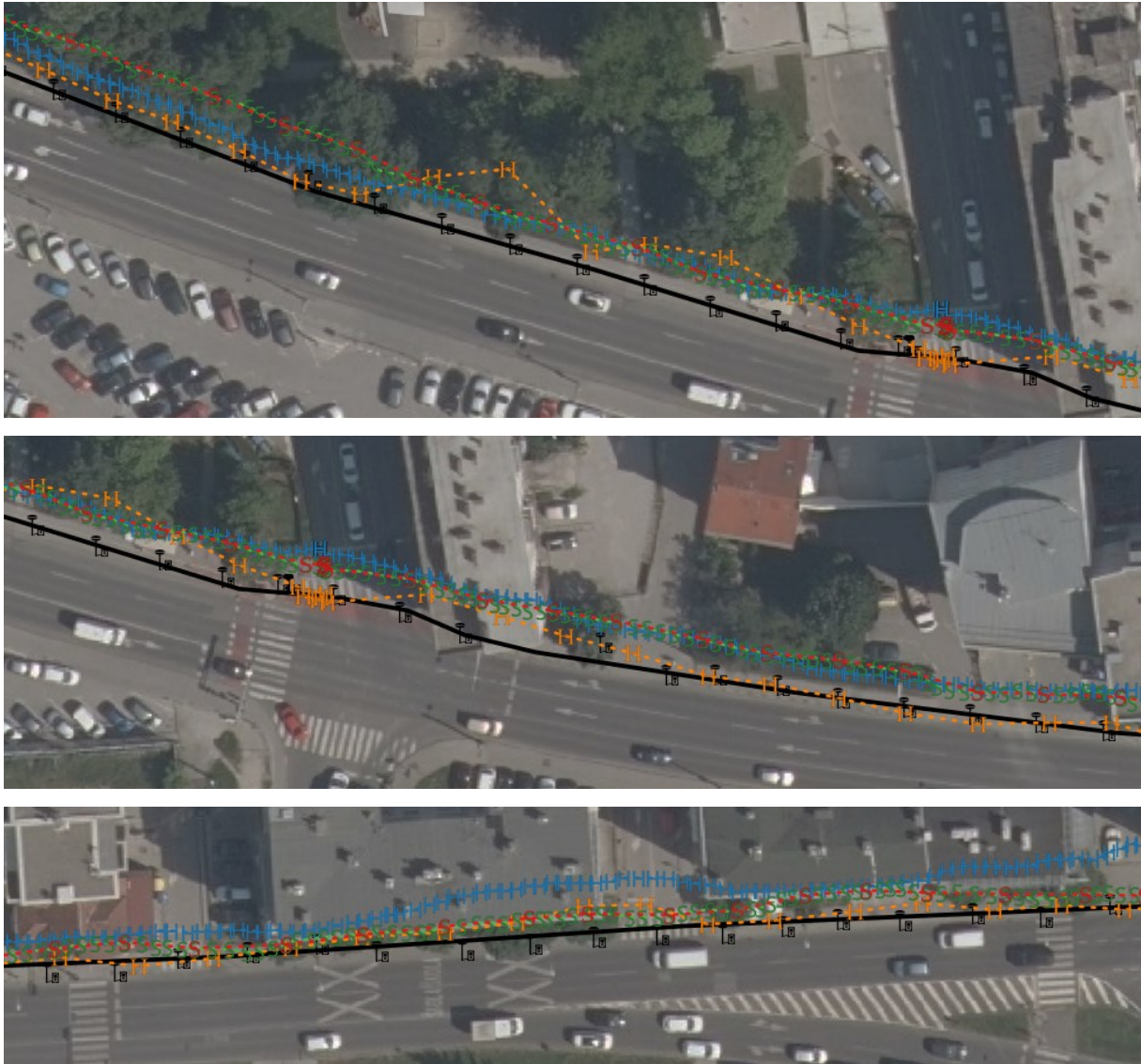
U Trakošćanskoj ulici događa se sličan scenarij kao u Magazinskoj ulici. GNSS podatci slijede stvarnu trasu, uz manja odstupanja pored većih zgrada. OSMAnd na Honoru ipak značajnije odstupa od stvarne trase u sjevernom dijelu ulice, dok se u južnom dijelu, bliže crkvi sv. Josipa, ipak vraća stvarnoj trasi. GNSS Logger je nešto bliži stvarnoj trasi u sjevernom dijelu ulice, ali i dalje značajno odstupa od trase. Samsung podatci OSMAnd-a i GNSS Logger-a ponovno posve odstupaju od stvarne trase.



Slika 8.: Prikaz mjerenja u Trakošćanskoj ulici

5.3.5. Ulica grada Vukovara

U Ulici Grada Vukovara su GNSS podatci ponovno na stvarnoj trasi mjerenja. GNSS Logger na Honor uređaju ipak nešto značajnije odstupa od trase, posebno u istočnom dijelu ulice. OSMAnd podatci dosljedno slijede trasu, uz manja odstupanja kod parka i većih zgrada. Na Samsungu su podatci mjerenja ponovno predaleko od stvarne trase, kolebaju po parkovima i područjima zgrada.



Slika 9.: Prikaz mjerenja u Ulici Grada Vukovara

5. 3. 6. Ulica Ivana Broza

U posljednjoj ulici, Ulici Ivana Broza, veće su zgrade sa zapadne strane, dok se na istočnoj strani nalazi željeznička pruga. Stoga su zabilježena manja odstupanja GNSS mjerenja. OSMAnd na Honor uređaju ponovno slijede trasu ili se poklapaju s GNSS podacima. GNSS Logger na istom uređaju nešto više odstupa, dok su Samsung mjerenja, i u ovoj dionici, ponovno udaljena od stvarne trase.



Slika 10.: Prikaz mjerenja u Ulici Ivana Broza

5. 3. 7. Zbirni pregled rezultata po segmentima

Nakon razlaganja mjerenja po segmentima, može se zaključiti da su GNSS mjerenja gotovo u potpunosti pratila stvarnu, prijedenu trasu, osim u područjima omeđenima zgradama, kao što je sjeverni dio Kačićeve ulice.

Honor je uspješno prošao testiranje. Aplikacija OSMAnd se izuzetno uspješno poklapa sa stvarnom trasom, a nerijetko se poklapa i s podacima GNSS-a. Na dijelovima na kojima je i GNSS ima nešto lošije performanse, i sam OSMAnd ima rezultate jednake GNSS podacima ili nešto slabije. S druge strane, GNSS Logger je većinom djelomično uspješno pratio prijedenu trasu mjerenja. Ipak, postoje značajnija odstupanja na nekim dijelovima trase, i od GNSS podataka, a posebno od OSMAnd-a, uzme li se u obzir da su obje aplikacije preuzete za isti uređaj. Konačno, Honor se pokazao izuzetno uspješnim za postupak usklađivanja karte korištenjem GNSS podataka.

S druge strane, Samsung je posve podbacio. Iako se na samom početku, u Kačićevoj ulici, činilo da su odstupanja od stvarne trase nastala uslijed smetnji zbog visokih zgrada, u daljnjem testiranju su se odstupanja od stvarne trase pokazala kao pravilo, a ne iznimka. Stoga se zaključuje da Samsung nije bio pogodan za postupak usklađivanja karte.

Pregledno su stupnjevi uspješnosti testiranja za Honor i Samsung, kao i za GNSS, prikazani u sljedećoj tablici po segmentima (ulicama). Ocjene su poredane kako slijedi: posve uspješno, uspješno, gotovo uspješno, djelomično uspješno, gotovo neuspješno i nesuspješno.

Tablica 3.: Stupanj uspješnosti mjerenja

Ulica	GNSS mjerenja	Honor		Samsung	
		OSMAnd	GNSS Logger	OSMAnd	GNSS Logger
Kačićeva ulica	djelomično uspješno	djelomično uspješno	djelomično uspješno	djelomično uspješno	djelomično uspješno
Magazinska ulica	posve uspješno	uspješno	uspješno	neuspješno	neuspješno
Dom sportova	posve uspješno	posve uspješno	gotovo neuspješno	neuspješno	neuspješno
Trakošćanska ulica	gotovo uspješno	djelomično uspješno	djelomično uspješno	neuspješno	neuspješno
Vukovarska ulica	posve uspješno	posve uspješno	djelomično uspješno	neuspješno	neuspješno
Brozova ulica	posve uspješno	gotovo uspješno	djelomično uspješno	neuspješno	neuspješno

5. 4. Statistička analiza korištenih mjernih metoda

Ocjena točnosti testiranja integracije GNSS-a i GIS-a u mobilnim uređajima dana je cjelokupno za svaki uređaj, ovisno o korištenoj aplikaciji te za GNSS mjerenja, uspoređujući podatke s podacima stvarne trase mjerenja. Dana je i druga ocjena točnosti, uspoređujući udaljenost podataka mjerenja mobilnih uređaja s podacima GNSS mjerenja.

5. 4. 1. Usporedba mjerenja sa stvarnom trasom

U QGIS-u su, koristeći alat Points along geometry, stvorene točke duž opažane trase (stvarno prijeđena trasa) s udaljenostima od po 0.01 m (1 cm). Pomoću naredbe Distance to nearest hub (points) dobivena je udaljenost opažanih točaka od stvarno prijeđene trase. Dobiveni su rezultati prikazani tablično.

Tablica 4.: Ocjena točnosti GNSS mjerenja

	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
GNSS mjerenja	0.0005	34.8266	1.2918	0.4600	2.1952	2.8357
	N	< 5 m	< 1 m	< 0.1 m	< 0.01 m	> 1 m
	666	92%	76%	16%	5%	24%

Tablica 5.: Ocjena točnosti Honor (GNSS Logger) mjerenja

	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
Honor – GNSS Logger	0.0014	14.4708	3.0653	2.5718	0.7255	2.2237
	N	< 5 m	< 1 m	< 0.1 m	< 0.01 m	> 1 m
	3459	80%	18%	2%	0%	82%

Tablica 6.: Ocjena točnosti Honor (OSMAnd) mjerenja

	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
Honor – OSMAnd	0.0029	10.6179	2.3365	1.8168	0.8722	2.0379
	N	< 5 m	< 1 m	< 0.1 m	< 0.01 m	> 1 m
	625	89%	30%	4%	1%	82%

Tablica 7.: Ocjena točnosti Samsung (GNSS Logger) mjerenja

	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
Samsung – GNSS Logger	0.0101	17.1677	4.8583	4.5616	0.6349	3.0845
	N	< 5 m	< 1 m	< 0.1 m	< 0.01 m	> 1 m
	3326	56%	10%	1%	0%	90%

Tablica 8.: Ocjena točnosti Samsung (OSMAnd) mjerenja

	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
Samsung – OSMAnd	0.0064	16.4271	4.9363	4.6053	0.6236	3.0783
	N	< 5 m	< 1 m	< 0.1 m	< 0.01 m	> 1 m
	600	55%	10%	2%	0%	90%

Iz podataka se može zaključiti da je najmanje standardno odstupanje zabilježeno kod uređaja Honor, na aplikaciji OSMAnd. Prati ju GNSS Logger. GNSS mjerenja ipak imaju znatnije standardno odstupanje, dok su po tom parametru najlošija mjerenja uređaja Samsung. Najveća udaljenost od stvarne trase zabilježena je upravo kod GNSS mjerenja, no ista imaju i najmanju aritmetičku sredinu mjerenja, što pokazuje da je riječ o grubim pogreškama. Budući da su prilikom mjerenja bilježeni svi podaci GNSS prijarnika, a ne samo isključivo fiksna rješenja, grube pogreške su bile očekivane. Kad je riječ o mobitelima, Honor je pokazao puno manje odstupanje od stvarne trase, dok je kod Samsunga pogreška znatno veća.

Gledajući točnost mjerenja, kod GNSS-a je čak 76% mjerenja udaljeno od stvarne trase za manje od 1 metra. Honor je zabilježio dvostruko slabije rezultate, a Samsung s obje aplikacije jedva 10%.

5. 4. 2. Usporedba mjerenja s GNSS podacima

Neke od statističkih mjera računane su i kako bi se usporedile udaljenosti između GNSS podataka mjerenja i mjerenja OSMAnd-a i GNSS Logger-a na dvama korištenim mobilnim uređajima. Na sličan je način u QGIS-u, korištenjem alata Distance to nearest hub (points), dobivena udaljenost opažanih točaka s mobilnih uređaja od GNSS točaka. Dobiveni su rezultati prikazani tablično.

Tablica 9.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Honor (GNSS Logger)

Honor – GNSS Logger	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
	0.0592	14.6964	3.6307	3.3328	0.5287	1.9186

Tablica 10.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Honor (OSMAAnd)

Honor – OSMAAnd	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
	0.0508	15.9643	3.4182	2.9931	0.6547	2.2380

Tablica 11.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Samsung (GNSS Logger)

Samsung – GNSS Logger	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
	0.0979	18.2005	5.0638	4.5560	0.5365	2.7166

Tablica 12.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Samsung (OSMAAnd)

Samsung – OSMAAnd	min. [m]	max. [m]	\bar{x} [m]	med. [m]	var [m]	σ [m]
	0.3772	16.9312	5.1537	4.5853	0.5253	2.7071

Ne može se reći da je ova metoda (posve) točna, obzirom da GNSS podatci u 24% mjerenja odstupaju od stvarne trase za više od 1 metar. Ipak, može dati uvid u činjenicu da su podatci mjerenja Honora od GNSS točaka udaljeni za manje od 2 metra nego su to Samsungovi podatci za obje aplikacije.

6. Zaključak

U ovome seminarskom radu analizirana je integracija GNSS-a i GIS aplikacija u mobilnim telefonima kroz postupak usklađivanja karte. Teorijski dio rada ukazao je na važnost map matchinga kao ključne metode za poboljšanje pozicioniranja u uvjetima gdje su GNSS mjerenja opterećena pogreškama, osobito u urbanim sredinama. Prikazane su osnovne skupine algoritama usklađivanja karte, njihove prednosti i nedostaci, kao i primjeri aplikacija koje takve algoritme primjenjuju u praksi.

Rezultati praktičnog dijela rada pokazali su da kvaliteta GNSS prijarnika i senzorske opremljenosti mobilnog uređaja ima značajan utjecaj na točnost i stabilnost dobivenih trajektorija. Mobilni uređaj Honor 50, zahvaljujući naprednijem GNSS prijarniku i većem broju podržanih satelitskih sustava, pokazao je znatno bolje rezultate u usporedbi s uređajem Samsung Galaxy A12. Aplikacija OSMAnd na uređaju Honor, u većini segmenata je vrlo uspješno pratila stvarnu trasu mjerenja i u pojedinim dijelovima postizala rezultate usporedive s referentnim mjerenjima.

S druge strane, uređaj Samsung Galaxy A12 pokazao je donekle ograničene mogućnosti. Veća odstupanja od stvarne trase, slabija stabilnost pozicioniranja i manja uspješnost map matchinga ukazuju na ograničenja jednostavnijih GNSS prijarnika i senzora u zahtjevnim urbanim uvjetima. Ovi rezultati potvrđuju da mobilni telefoni nisu međusobno jednako prikladni za geoprostorne analize te da izbor uređaja ima ključnu ulogu u kvaliteti dobivenih podataka.

Zaključno, mobilni telefoni mogu predstavljati vrijedan alat za prikupljanje i analizu geoprostornih podataka. Ipak, njihova primjena zahtijeva poznavanje ograničenja pojedinih uređaja i razumijevanje utjecaja GNSS karakteristika na konačne rezultate. Daljnja istraživanja mogu se usmjeriti na primjenu višefrekventnih GNSS prijarnika u mobilnim uređajima, naprednije senzorske integracije te razvoj naprednijih algoritama map matchinga, čime bi se dodatno povećala pouzdanost mobilnih sustava za pozicioniranje u urbanim sredinama.

7. Literatura

Amini, M. (2022.): Map Matching as Service, Bruxelles, Belgija

Bierlaire, M.; Chen, J.; Newman, J. (2013.): A Probabilistic Map Matching Method for Smartphone GPS data, Montreal, Kanada

Dikić, G.; Sokolović, V. (2016.): Predlog rešenja Map-Matching algoritma pri navigaciji vozila u urbanoj sredini, Beograd, Srbija

Gupta, A. K.; Shanker, U.: A Comprehensive Review of Map-Matching Techniques, Mumbai, Indija

Manandhar, D. (2022.): Logging Smart-Phone GNSS Raw Data, Tokyo, Japan

Salama, R.; Lehri, M. (2023.): Using a map matching technique, real-time position tracking for security purposes, Nikozija, Cipar

Stipancic, J.; Saunier, N.; Navidi, N.; Racine, E. B.; Miranda-Moreno, L.; Labbe, A. (2025.): Evaluating Map Matching Algorithms for Smartphone GNSS Data: Matching Vehicle Trajectories to an Urban Road Network, Montreal, Kanada

Wang, J.; Chen, W.; Weng, D. (2025.): GNSS/IMU/map-matching feedback integration with adaptive GNSS accuracy estimation by using low-quality sensors for vehicle localization in urban canyon, Peking, Kina

Xi, L.; Liu, Q.; Li, M.; Liu, Z. (2007.): Map Matching Algorithm and Its Application, Nanjing, Kina

Popis URL-ova

URL 1: Inside GNSS, Pozicioniranje u gradu s pametnim telefonom:

<https://insidegnss.com/auto/novdec13-WANG.pdf> (15. 12. 2025.)

URL 2: PubMed Central, Pozicioniranje GNSS pametnih telefona: napredak, izazovi, prilike i buduće perspektive: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8604560>

(18. 12. 2025.)

URL 3: Google Maps, <https://www.google.com/maps/about/> (21. 12. 2025.)

URL 4: OSMAnd, <https://osmand.net/> (21. 12. 2025.)

URL 5: GNSS Logger, <https://developer.android.com/develop/sensors-and-location/sensors/gnss> (23. 12. 2025.)

URL 6: Trasa testiranja, <https://preglednik.github.io/trasa/> (06. 01. 2026.)

URL 7: Specifikacije Honor 50 mobilnog uređaja,
<https://www.honor.com/global/phones/honor-50/spec/> (07. 01. 2026.)

URL 8: Specifikacije Samsung Galaxy A12 mobilnog uređaja,
https://www.phonearena.com/phones/Samsung-Galaxy-A12_id11552 (07. 01. 2026.)

8. Popis priloga

▪ POPIS SLIKA

Slika 1.: Prikaz aplikacije Strava.....	11
Slika 2.: Navigacijsko sučelje Google Maps-a.....	12
Slika 3.: Navigacijsko sučelje OSMAnd-a.....	13
Slika 4.: Navigacijsko sučelje GNSS Logger-a.....	14
Slika 5.: Prikaz mjerenja u Kačićevoj ulici.....	20
Slika 6.: Prikaz mjerenja u Magazinskoj ulici.....	21
Slika 7.: Prikaz mjerenja kod Doma sportova (Nova cesta)	21
Slika 8.: Prikaz mjerenja u Trakošćanskoj ulici.....	22
Slika 9.: Prikaz mjerenja u Ulici Grada Vukovara.....	23
Slika 10.: Prikaz mjerenja u Ulici Ivana Broza.....	24

▪ POPIS TABLICA

Tablica 1.: Prednosti i nedostaci usklađivanja karte	7
Tablica 2.: Kartografski ključ.....	19
Tablica 3.: Stupanj uspješnosti mjerenja.....	25
Tablica 4.: Ocjena točnosti GNSS mjerenja.....	26
Tablica 5.: Ocjena točnosti Honor (GNSS Logger) mjerenja	26
Tablica 6.: Ocjena točnosti Honor (OSMAnd) mjerenja	26
Tablica 7.: Ocjena točnosti Samsung (GNSS Logger) mjerenja.....	27
Tablica 8.: Ocjena točnosti Samsung (OSMAnd) mjerenja.....	27
Tablica 9.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Honor (GNSS Logger).....	28
Tablica 10.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Honor (OSMAnd).....	28
Tablica 11.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Samsung (GNSS Logger)	28
Tablica 12.: Odstupanje mjerenja od GNSS podataka za Samsung (OSMAnd)	28