

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
Diplomski studij računarstva

Diplomski rad

**Metodologija za usporedbu  
kontekstualiziranih  
polazišno-odredišnih matrica**

Rijeka, lipanj 2019.

Vjera Turk  
0069064924

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
Diplomski studij računarstva

Diplomski rad

**Metodologija za usporedbu  
kontekstualiziranih  
polazišno-odredišnih matrica**

Mentor: izv.prof.dr.sc. Renato Filjar

Rijeka, lipanj 2019.

Vjera Turk  
0069064924

Umjesto ove stranice umetnuti zadatak  
za završni ili diplomski rad

## Izjava o samostalnoj izradi rada

Izjavljujem da sam samostalno izradio ovaj rad.

Rijeka, lipanj 2019.

-----  
Ime Prezime

# Zahvala

# Sadržaj

Popis slika	ix
Popis tablica	x
<b>1 Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Polazišno-odredišna matrica</b>	<b>2</b>
2.1 Tradicionalni pristupi generiranju POM-a . . . . .	3
2.1.1 Ankete . . . . .	3
2.1.2 Prebrojavanje vozila . . . . .	3
2.1.3 Modeliranje prometa . . . . .	4
2.1.4 Problematika i ograničenja tradicionalnih načina . . . . .	4
2.1.5 Pokretna osjetila . . . . .	5
2.2 Matrice iz zapisa o telekomunikacijskim aktivnostima u javnoj pokret- noj mreži . . . . .	6
2.2.1 Putovanje . . . . .	6
2.2.2 Kontekst iz samog izvora podataka o kretanju . . . . .	7
2.3 Kontekst iz vanjskih izvora . . . . .	7
2.3.1 <i>Points of Interest</i> . . . . .	8
2.3.2 Open Street Map . . . . .	8

## Sadržaj

2.4	Modul kretanja . . . . .	8
2.4.1	Geometrija prostorne podjele . . . . .	8
2.4.2	Dobre prakse u generiranju POM iz CDR . . . . .	8
2.5	Drugi primjeri automatskog prikupljanja . . . . .	10
2.5.1	Združena očitavanja prijamnika za satelitsku navigaciju . . . . .	10
2.5.2	Javni prijevoz i <i>pametne kartice</i> ( <i>Smart Card</i> sustavi) . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Postojeće metrike za validaciju POM-e</b>	<b>11</b>
3.1	Točnost POM-e . . . . .	11
3.2	Metrike . . . . .	11
3.3	Strukturalna sličnost . . . . .	12
3.3.1	MSSI . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Odnosni parametri kvalitete</b>	<b>14</b>
4.1	Zajednički, objektivni kriteriji usporedbe . . . . .	14
4.2	Komparacijski indikatori . . . . .	15
4.2.1	Vremenski okvir . . . . .	15
4.2.2	Razlučivost (Rezolucija) . . . . .	15
4.2.3	Širina toka . . . . .	15
4.2.4	Geometrija prostorne podjele . . . . .	15
4.2.5	Definicija putovanja . . . . .	16
4.2.6	. . . . .	16
4.2.7	Gustoća informacija - kontekst . . . . .	16
4.3	Međuovisnost parametara . . . . .	16
	<b>Bibliografija</b>	<b>17</b>
	<b>Pojmovnik</b>	<b>19</b>

## *Sadržaj*

<b>Sažetak</b>	<b>20</b>
<b>A Naslov priloga</b>	<b>21</b>
A.1 Naslov sekcije . . . . .	21
A.2 Naslov sekcije . . . . .	21



# Popis slika

# Popis tablica

# Poglavlje 1

## Uvod

Izvorišno-Odredišna ili Polazišno-Odredišna matrica *eng. Origin-destination Matrix (ODM)* ili *Trip Table* alat je koji omogućuje opis i sustavnu statističku procjenu migracija stanovništva na nekom području u zadanom prostorno-vremenskom okviru. Služi za opis grupne mobilnosti i mjerenje socio-ekonomske aktivnosti u nekoj regiji, a najčešće se koristi u prometnoj znanosti za analizu i strateško planiranje prometnog opterećenja i prometne infrastrukture.

Za razliku od tradicionalnog pristupa prebrojavanja putovanja i putnika na licu mjesta, anketiranjem ili pomoću različitih strateški postavljenih osjetila, za procjenu matrica danas se sve više koristi statistička analiza podataka iz suvremenih informacijskih i komunikacijskih sustava (zapisi o aktivnostima u javnoj pokretnoj mreži, združena očitavanja prijamnika za satelitsku navigaciju i sl.), čime je omogućeno poboljšanje kvalitete procjene preslikavanjem matrice na kontekst. Kada daju informaciju o kontekstu- svrsi kretanja- matrice su dodatno obogaćene i postaju izvor informacija za primjenu i van konteksta prometa. (...)

## Poglavlje 2

# Polazišno-odredišna matrica

Polazišno-odredišna matrica sadrži broj putovanja između svakog para zona unutar nekog područja za određeni vremenski okvir (u svakom smjeru zasebno). Redovi u matrici predstavljaju polazišta (izvore prometnog toka), a stupci odredišta. Svaki element u matrici predstavlja broj putovanja iz pripadajuće polazišne u pripadajuću ciljnu zonu. Može se smatrati matričnim zapisom težinskog usmjerenog grafa, gdje su težinski faktori usmjerenih veza širine prometnih tokova između čvorova mreže koji predstavljaju zone na koje je promatrano područje podijeljeno.

U prometnoj znanosti postoje brojne metode estimacije matrica. I dok se još uvijek ulaže u razvoj matematičkih modela koji imaju za cilj povećati kvalitetu matrica generiranih tradicionalnim metodama, u novije vrijeme razvijaju se nove, moderne metode, koje imaju veliki potencijal, zbog svoje jednostavnosti u izvedbi, ažurnosti podataka i velikog uzorka stanovništva koji obuhvate, (...)

Matrica može biti generirana za sadašnje ili planirano prometno opterećenje. Može biti prikazana ukupno ili po pojedinim modulima prometnog sustava (osobna vozila, vozila javnog prijevoza, teretna vozila, pješaka itd) i/ili različitim svrhama putovanja (putovanja na posao, putovanja kući...).

Određivanje konteksta putovanja dodatno obogaćuje matrice jer specificira socio-ekonomske aktivnosti koje su pokretači putovanja odnosno razlozi kretanja stanovništva. Mogućnost preciznog određivanja konteksta zavisi o metodi estimacije matrica.

Kada kontekst (svrha) putovanja nije inicijalno poznat iz prikupljenih podataka o putovanjima, kada je riječ o novijim metodama estimacije matrica, autori različito pristupaju kontekstualizaciji. O tome je riječ u poglavlju X.

## **2.1 Tradicionalni pristupi generiranju POM-a**

### **2.1.1 Ankete**

Tradicionalne metode uključuju metode provođenja anketiranja. Postoji nekoliko vrsta anketa: u kućanstvima, presretanje vozila, anketiranje prijevoznih kompanija i tvrtki, tranzit na granici, turisti u hotelima i parking [1]. Ovakve metode su prije svega resursno zahtjevne stoga se ne provode često. Anketiranje putovanja u kućanstvima provodi se na područjima brojnih svjetskih metropola tek jednom u deset godina.

Anketiranje vozača presretanjem vozila eng. Road Side Interview (RSI) u prosjeku košta čak 10 eura po jednom zabilježenom putovanju i ukupno obuhvati 10% prometa. Ova vrsta najčešće se provodi na autocestama. [2]

Provođenje ovih metoda zahtjeva mnogo vremena i ponekad su netočne. Pokrivaju malen dio populacije te iz tog razloga mogu biti pristrane.[3]

### **2.1.2 Prebrojavanje vozila**

Metode koje uključuju prebrojavanje vozila na ključnim čvorištima prometne infrastrukture manje su zahtjevne u odnosu na ankete i značajno smanjuju vrijeme i troškove prikupljanja podataka. Radi se o analizi nadzornih snimaka prometa, automatskom sustav za prepoznavanje i očitovanje registarskih pločica eng. Automatic Number Plate Recognition (ANPR), osjetilima prometnog toka (radarski, magnetni, video-senzori, zvučni...) i ručnom prebrojavanju.

### **2.1.3 Modeliranje prometa**

Matematičko modeliranje prometa zahtjeva veliku količinu podataka - informacija o prometnoj mreži i prometnoj potražnji. Točnost modelirane prometne situacije ovisi o kvaliteti dostupnih informacija te kako su podaci kombinirani, koji težinski faktori su primijenjeni za različite izvore. Prometna potražnja ključna je komponenta te stoga gotovo svaki prometni model zahtjeva POM-u koja specificira prometnu potražnju između zona u prometnoj mreži. Točna Polazišno-Odredišna Matrica (POM)-a osnova je za odluke u mnogim Inteligentnim Transportnim Sustavima engl. Intelligent Transportation Systems (ITS) koji su zauzvrat ključni za izbor ruta u različitim sustavima navigacijskog navođenja. Neke od pretpostavki kojima se vode u modeliranju su primjerice da je ukupna dnevna potražnja podjednaka u oba smjera kod svakog para zona na području grada. [4]

### **2.1.4 Problematika i ograničenja tradicionalnih načina**

Širenje gradova i rast stanovništva rezultirali su rastućim brojem sve ozbiljnijih prometnih zastoja u velikim gradovima diljem svijeta. Prepoznata je potreba za opsežnim strategijama upravljanja prometom kako bi se suočili s izazovima koje donosi brzo razvijajuća okolina i demografija populacije. Efektivno upravljanje i kontrola prometa mogu povećati sigurnost, kvalitetu usluge, poticati ekonomski rast i smanjiti zagađenje zraka. Zbog dinamike kojom se gradovi mijenjaju razumno je pitati se ima li smisla koristiti matrice stare više godina za modeliranje današnjeg prometa. Dobivanje što točnijih i jeftinijih POM-a privlači pažnju znanstvenika i van područja prometne znanosti. Alternativni izvori koje oni predlažu za promatranje obrazaca putovanja su značajno jeftiniji, ali nailaze na problem da profesija zahtijeva da se njihova vrijednost dokazuje usporedbom s tradicionalnim metodama. [2]

### 2.1.5 Pokretna osjetila

Osnovna ideja pokretnih osjetila je da vozila koja se kreću po prometnoj mreži i sastavni su dio prometnog toka prikupljaju i šalju podatke. Nužan zahtjev koji treba biti ispunjen kod pokretnih osjetila je poznavanje pozicije vozila u određenim vremenskim trenucima. Za to se koristi Global Navigation Satellite System (GNSS) ili se vozila identificiraju na određenim točkama. Engleski naziv za ovu metodu je Floating Car Data (FCD). Danas je FCD komplementarni izvor vrijednih podataka i postaje najvažnija tehnologija prikupljanja podataka inteligentnih transportnih sustava. U prikupljanju podataka sudjeluju “namjenska” vozila (taksi, distribucija roba, javni prijevoz, službena vozila i dr.), a mora biti uspostavljen način učestalog slanja podataka o položaju a najčešće se odvija preko Global System for Mobile (Communications) (GSM), Wi-fi pa i Bluetooth tehnologije. [5]

Ukoliko pokretno osjetilo nije vozilo već pametni telefon tada se često koristi naziv Floating Phone Data (Floating Cellular Data) (FPD). FPD se odnosi na prikupljanje podataka pomoću mobilnih (pametnih) telefona neovisno o načinu određivanja položaja - korištenjem GNSS ili pomoću javne pokretne mreže.

Zaseban pristup unutar FPD je određivanje položaja unutar javne pokretne mreže (mreže baznih stanica). Kod ovog načina položaj pokretne stanice može se odrediti triangulacijom (pomoću signala iz više baznih stanica čije signal hvata pokretna stanica) ili se aproksimira s područjem pokrivanja bazne stanice na koju je u trenutku očitavanja položaja pokretna stanica spojena.

Kako bi pružali i naplaćivali usluge, mobilni operateri moraju prikupljati podatke o pokretnim stanicama korisnika. Pojednostavljeno, da bi se usmjerio poziv do odgovarajućeg uređaja, mora se biti poznato s koje bazne stanice odaslati signal. Naziv za podatke koje operateri prikupljaju kako bi naplaćivali usluge glasi Call Data Records ili Charging Data Records (CDR). Radi se o zapisima aktivnosti u mobilnoj mreži - pozivima, porukama (engl. Short Messaging Service - SMS) te započetom prijenosu mobilnih podataka. Tipičan zapis između ostalog sastoji se od identifikacijske oznake pristupne točke radijske mreže (bazne stanice) i vremenskog žiga početka telekomunikacijske aktivnosti.

U novije vrijeme znanstvenici predlažu metode u kojima koriste upravo anonimi-

zirane CDR kao izvor podataka za generiranje POM-a. [6] [3] [7]

Zanimljivo je ovdje spomenuti europsku inicijativu *eCall* za brzu pomoć stradalima u prometnim nesrećama bilo gdje u Europskoj Uniji. *eCall* zahtjeva da u svakom novom motornom vozilu bude ugrađen uređaj koji u slučaju prometne nesreće automatski obavijesti centar 112 te mu šalje informacije o aktivaciji zračnih jastuka, prikupljene podatke osjetila za procjenu jačine sudara i u dakako položaj vozila u trenutku prometne nesreće. Također treba omogućiti uspostavu poziva. Prognoza je da će se korištenjem tog sustava vrijeme odziva (dolaska službi na mjesto prometne nesreće) smanjiti za između 40% i 50%. Od travnja 2018. svi novi automobili u prodaji u Europskoj moraju imati ugrađen ovaj uređaj. Nakon uspješnog uspostavljanja sustava očekuje se da bi se uređaj mogao početi koristiti i u druge svrhe. [8]

## 2.2 Matrice iz zapisa o telekomunikacijskim aktivnostima u javnoj pokretnoj mreži

Danas uz sveprisutnost i prodornost tehnologije, podatci koje generiraju pametni telefoni omogućuju podatkovnim analitičarima razumjeti ponašanje u brojnim domenama pojedinaca, uključujući i njihov obrazac kretanja. Kao što je već spomenuto matrice je moguće generirati iz CDR koje operateri prikupljaju u svrhu pružanja i naplaćivanja usluge. Za ovu metodu stoga ne postoji potreba za dodatnim uređajima, sustavima ili protokolima centralnog prikupljanja položaja kao što je to u slučaju kada se položaj određuje pomoću GNSS. (...anonimizacija i k).

### 2.2.1 Putovanje

Priroda ovog pristupa rudarenju podataka za estimaciju POM-a zahtjeva da prvo definiramo što točno smatramo putovanjem, odnosno polazištem i odredištem putovanja.

Zaustavljanje se definira kao skup minimalno  $n$  događaja (aktivnosti) koji su zabilježeni na istoj poziciji unutar minimalnog vremenskog perioda. Time se osigu-



rava da se ne radi o tranzitnoj već o namjerenoj poziciji zaustavljanja (i suzbija se bilježenje lažnog kretanje kod privremenog spajanja na susjednu bazni stanicu). Algoritam u nizu aktivnosti svakog pojedinca traži takva zaustavljanja. Dobiveni niz kontinuiranog zaustavljanja na različitim položajima otkriva kretanje. Algoritam izvlači uzastopne parove zaustavljanja te, prema dodatno definiranim kriterijima dovoljenog minimalnog i maksimalnog vremenskog razmaka između polaska i dolaska na odredište, ranije zaustavljanje postaje polazište, a kasnije odredište putovanja. Skupovi putovanja u pripadajućem vremenskom period sačinjavaju matricu za taj vremenski period.

### 2.2.2 Kontekst iz samog izvora podataka o kretanju

Kada su dostupni zapisi prikupljeni dulje vremensko razdoblje, tjednima ili mjesecima često se putovanja odnosno matrice definiraju na drugačiji način. Analizom zapisa može se utvrditi na kojem položaju (u kojoj ćeliji) neki pojedinci pretežito borave u tipičnom radnom vremenu te u kojoj tokom noći. Prva ćelija za njihova putovanja postaje *Work* destinacija, druga *Home*, a sve preostale destinacije u zasebnu kategoriju *Other*. Potom se generiraju matrice koje uključuju samo putovanja iz jednog tipa destinacije u drugi (npr. Home-Work). [9] [10] [6] [11] [12] Jedan od razloga je da su takve matrice usporedive s onima dobivenim iz anketa stanovništva s istom podjelom putovanja.

## 2.3 Kontekst iz vanjskih izvora

Some studies combined human mobility with land use or POIs data to segment districts in urban areas according to their functions or use. The type of data used to capture human mobility behavior varies between individual GPS traces [10, 11], taxi pick up/drop off locations as in [7, 12], Call Detail Records (CDRs) as in [2, 8], social media check ins as in [13–15], and bus smart card data as in [16].

### **2.3.1 *Points of Interest***

Points of Interest (POIs) Points of Interest (Urban Attractors ima 22 kategorije koristi bazu s POI)

### **2.3.2 Open Street Map**

Model raspodjele toka (naš model)

Izvor infrastrukture

OSM kao izvor infrastrukture (jedan od radova koristi za broj traka na auto cesti jedan za provjeru naseljenosti područja/broj katova zgrada)

## **2.4 Modul kretanja**

Terralytics - prema brzini kojom pokretna stanica mijenja položaj

### **2.4.1 Geometrija prostorne podjele**

Heksagoni

Voronoi teslacije

Jedinice samouprave

Pravokutna mreža

### **2.4.2 Dobre prakse u generiranju POM iz CDR**

Skaliranje CDR POM (primjerak – > pouplacija) (linking to transport infrastructure?) k-anonymization

Grad, Država CDR- POM u zemljama u razvoju Penetracija od 82%, 9x% -i  
pronaći radove

## *Poglavlje 2. Polazišno-odredišna matrica*

Mobilni uređaji iz godine u godinu zastupljeni su kod sve većeg postotka stanovništvu, ne samo u razvijenim zemljama već i u zemljama u razvoju.

## 2.5 Drugi primjeri automatskog prikupljanja

### 2.5.1 Združena očitavanja prijamnika za satelitsku navigaciju

### 2.5.2 Javni prijevoz i *pametne kartice* (*Smart Card* sustavi)

82% putovanja javnim prijevozom naprave korisnici javnog prijevoza sa pametnim karticama. [13]

## Poglavlje 3

# Postojeće metrike za validaciju POM-e

### 3.1 Točnost POM-e

Točnost procijenjenih matrica gotovo uvijek se definira u odnosu na referentnu matricu (eng. *grand truth matrix*) koja je dobivena tradicionalnim postupcima (anketiranje i/ili prebrojavanje vozila). Statističke mjere kvantiziraju razliku procijenjenih i “istinitih” vrijednosti, ako su nam one poznate.

Često se u literaturi (jednoznačno?) koriste pojmovi *točnost*, *pouzdanost* i *kvaliteta*. Gotovo uvijek radi se o mjerama koje opisuju razinu sličnosti odnosno razlike (greška) s referentnom matricom .

### 3.2 Metrike

Za procjenu kvalitete matrica dobivenih isključivo anketranjem u radu [1] korištena je mjera Mean Absolute Percentage Error (MAPE), te je prikazano da se zadovoljavajuća razina kvalitete takvih matrica postiže tek ako uzorak obuhvaća 50% populacije. Istaknuta je važnost korištenja dodatnih izvora za izradu matrica.

[14] navodi statističke mjere Relative Error (RE), Total Demand Deviation (TDD),

Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE) te Maximum Possible Relative Error (MPRE) i Travel Demand Scale (TDS) koji procjenjuju kvalitetu neovisno o referentnoj matrici (no MPRE ne dopušta pogreške u prebrojavanju prometa, dok TDS ovisi o topologiji mreže i odabiru ruta). [15]

U [6] korišten je *Pearsonov koeficijent korelacije* -  $r$  da bi se utvrdila sličnost svakog retka matrice dobivene iz CDR s retkom referentne (izlazni tok iz svake polazišne ćelije). Isti postupak korišten je za kontekstualizirane Home-Work (HW) i Work-Home (WH) matrice dobivene iz CDR u usporedbi s referentnim matricama dobivenim anketiranjem.

Travassoli u svome radu [13] navodi nekoliko uobičajeno korištenih mjera -  $R^2$ , Geoffrey E. Havers statistics (GEH), Root Mean Squared Error percentage %RMSE te uvodi novu mjeru Eigenvalue-based measure (EBM) (temeljenu na svojstvenim vrijednostima matrica) i procjenjuje pouzdanost matrice dobivene iz sustava automatskog prikupljanja podataka u javnom prijevozu (autobus, vlak i trajekt). Spominje i Wasserstein metric, mjeru koja se razlikuje po tome da ne uspoređuje samo vrijednosti parova istih ćelija (elementwise).

Spearmanov koeficijent korelacije ranga korišten je u [11] za procjenu sličnosti matrica dobivenih iz CDR sa tada aktualnim matricama dobivenim anketiranjem.

### 3.3 Strukturalna sličnost

Dosada spomenute mjere neće uhvatiti strukturalnu sličnost matrica. Nekolicina autora ističe važnost strukturalne sličnosti s referentnom matricom kao važnu mjeru kvalitete matrice jer visoka razina strukturalne sličnosti može biti prisutna i kod matrica s manjom razinom sličnosti prema statističkim mjerama. Također, strukturalna sličnost je (vizualno) vidljiva u grafičkom obliku matrice.

#### 3.3.1 MSSI

Mean Structural Similarity index (MSSIM) dolazi iz područja računalne obrade slike i koristi se kao mjera usporedbe digitalnih slika (*eng. measure of comparison*). U

### *Poglavlje 3. Postojeće metrike za validaciju POM-e*

prometu ideja o korištenju MSSIM za mjerenje sličnosti matrica se prvi puta spominje i demonstrira na simuliranim matricama dobivenim iz referentne matrice dodavanjem šuma. [15]

Structural Similarity index (SSIM) bazira se na degradaciji strukturalnih informacija na jednoj slici u usporedbi s drugom (referentnom) slikom. SSIM se računa za svaki blok veličine  $N \times N$  na način da se jezgra (da bi obuhvatila novi blok) pomiče ćeliju po ćeliju dok ne prođe preko cijele slike. MSSIM je srednja vrijednost svih SSIM.

**osnovni**

[15]

**poboljšani**

[2][16]

## Poglavlje 4

# Odnosni parametri kvalitete

Parametar - varijabla o kojoj ovisi određeni logički izraz, matematička formula ili funkcija, a koju promatramo kao dodatnu ovisnost u izrazu koji se definira kao da je ta vrijednost čvrsta.

### 4.1 Zajednički, objektivni kriteriji usporedbe

Kod generiranja matrica treba definirati hoće li se putovanja koja se protežu kroz više perioda dodijeliti vremenskom periodu u kojem započinju ili u kojem završavaju. Iako ponekad nije specificirano, [14] [17] sva putovanja dodjeljuju intervalu u kojem je putovanje započeto.

Isti grad

Isto doba godine

Isto vremensko razdoblje

Week day, work day

-Ima li matrica diagonalu? - kada se preslikava bs ćelije na drugi oblik, nastaju putovanja unutar novih ćelija (koje su veće od bs ćelija) [11]



## **4.2 Komparacijski indikatori**

### **4.2.1 Vremenski okvir**

Departure/Arrival time

### **4.2.2 Razlučivost (Rezolucija)**

Prema hrvatskoj enciklopediji definicija razlučivosti (rezolucije) glasi: mjera za razaznavanje sitnih pojedinosti na nekom prikazu (npr. televizijskoj slici). U računalstvu se odnosi na finoću rasterske slike iskazanu ukupnim brojem slikovnih elemenata (relativna razlučivost) ili brojem slikovnih elemenata po inču (stvarna razlučivost). točnost položaja

### **4.2.3 Širina toka**

Ukupan broj odlazaka/dolazaka po vremenskom okviru za cijelu matricu

### **4.2.4 Geometrija prostorne podjele**

(ne)uniformna podjela

#### **4.2.5 Definicija putovanja**

#### **4.2.6**

Infrastruktura

Sredstvo kretanja

#### **4.2.7 Gustoća informacija - kontekst**

### **4.3 Međuovisnost parametara**

Ukoliko je rezolucija mala (velike ćelije) nema potrebe za preciznim definiranjem kraja

# Bibliografija

- [1] M. Cools, E. Moons, and G. Wets, “Assessing the Quality of Origin-Destination Matrices Derived from Activity Travel Surveys,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2010.
- [2] T. Pollard, N. Taylor, T. van Vuren, and M. MacDonald, “Comparing the Quality of OD Matrices in Time and Between Data Sources,” *European Transport Conference*, 2013.
- [3] M. Alhazzani, F. Alhasoun, Z. Alawwad, and M. C. González, “Urban Attractors: Discovering Patterns in Regions of Attraction in Cities,” *Public Library of Science*, 2016.
- [4] A. Peterson, “The Origin-Destination Matrix Estimation Problem- Analysis and Computations,” Ph.D. dissertation, Linköping Studies in Science and Technology, 2007.
- [5] N. Jelusic, “Telematicka sucelja (nastavni tekst),” 2016.
- [6] V. Frías-Martínez, E. Frías-Martínez, and C. S. Ruiz, “Estimation of urban commuting patterns using cellphone network data,” 2012.
- [7] D. Gundlegard, C. Rydergren, N. Breyer, and B. Rajna, “Travel demand estimation and network assignment based on cellular network data,” *COMPUTER COMMUNICATIONS*, 2016.
- [8] (06.05.2019) ecall. , s Interneta, <https://en.wikipedia.org/wiki/ECall>
- [9] J. Goulding, *Best Practices and Methodology for OD Matrix Creation from CDR data*, N/LAB, University of Nottingham, 2016.
- [10] F. Calabrese, G. D. Lorenzo, L. Liu, and C. Ratti, “Estimating Origin-Destination flows using opportunistically collected mobile phone location data from one million users in Boston Metropolitan Area,” *IEEE Pervasive Computing* 10, no. 4, pp. 36–44., April, 2011.

## Bibliografija

- [11] E. Graells-Garrido and D. Saez-Trumper, “A Day of Your Days: Estimating Individual Daily Journeys Using Mobile Data to Understand Urban Flow,” 2016.
- [12] J. L. Toole, S. Colak, B. Sturt, L. P. Alexander, A. Evskoff, and M. C. González, “The path most traveled: Travel demand estimation using big data resources,” *Transport Research Part C*, 2015.
- [13] A. Travassoli, A. Alsger, M. Hickman, and M. Meshbah, “How close the models are to the reality? Comparison of Transit Origin-Destination Estimates with Automatic Fare Collection Data,” *Australian Transport Research Forum*, 2016.
- [14] S. Bera and K. V. K. Rao, “Estimation of origin-destination matrix from traffic counts: the state of the art,” *European Transport Trasporti Europei n. 49*, 2011.
- [15] T. Djukić, “Reliability assessment of dynamic OD estimation methods based on structural similarity index,” *92nd meeting of the Transportation Research Board*, 2013.
- [16] T. van Vuren, “256 shades of gray - comparing OD matrices using image quality assessment techniques,” *Scottish Transport Applications Research (STAR)*, 2015.
- [17] M. Filić, R. Filjar, and K. Vidović, “Graphical Representation of Origin-Destination Matrix in R Statistical Environment,” in *36. skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem AUTOMATIZACIJA U PROMETU*. KoREMA, November 2016.

# Pojmovnik

**ANPR** Automatic Number Plate Recognition. 3

**CDR** Call Data Records ili Charging Data Records. 12

**FCD** Floating Car Data. 5

**FPD** Floating Phone Data (Floating Cellular Data). 5

**GNSS** Global Navigation Satellite System. 5

**GSM** Global System for Mobile (Communications). 6

**HW** Home-Work. 12

**MSSIM** Mean Structural Similarity index. 12, 13

**ODM** Origin-destination Martix. 1

**POIs** Points of Interest. 10

**POM** Polazišno-Odredišna Matrica. 4

**RSI** Road Side Interview. 3

**SSIM** Structural Similarity index. 13

**WH** Work-Home. 12

# Sažetak

Ovo je tekst u kojem se opiše sažetak vašega rada. Tekst treba imati duh rekapitulacije što je prikazano u radu, nakon čega slijedi 3-5 ključnih riječi (zamijenite dolje postavljene općenite predloške riječi nekim suvislim vlastitim ključnim riječima).

***Ključne riječi*** — Polazišno-odredišna matrica, parametri kvalitete, usporedba

## Abstract

This is a text where a brief summary of your work is outlined. The text should have a sense of recap of what was presented in the thesis, followed by 3-5 keywords (replace the general keyword templates below with some meaningful keywords of your own) .

***Keywords*** —Origin-Destination Matrix, quality parameters, keyword 3

# Dodatak A

## Naslov priloga

A.1 Naslov sekcije

A.2 Naslov sekcije