

Korištenje velikih skupova podataka (Big Data) u procesu planiranja međugradskog prijevoza putnika

Mišura, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:501396>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Mišura

**Korištenje velikih skupova podataka (Big Data) u
procesu planiranja međugradskog prijevoza putnika**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

Korištenje velikih skupova podataka (Big Data) u procesu planiranja međugradskog prijevoza putnika

Using Big Data in Intercity Passenger Transport Planning
Process

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Ševrović

Student: Ivan Mišura, 0246048943

Zagreb, srpanj 2023.

Zagreb, 29. svibnja 2023.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Organizacija prijevoza putnika**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7375

Pristupnik: **Ivan Mišura (0246048943)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Korištenje velikih skupova podataka (Big Data) u procesu planiranja međugradskog prijevoza putnika**

Opis zadatka:

U sklopu rada analizirat će se postojeći trendovi kretanja putnika kao i procesi upravljanja i planiranja prijevoza putnika u međugradskom prometu. Istražit će se upotreba velikih skupova podataka u analizama prijevozne potražnje s naglaskom na njeno predviđanje i prognoziranje kao temeljem prometnog planiranja. Istražit će se mogućnosti korištenja velikih skupova podataka u procesu planiranja prijevoza putnika s naglaskom na međugradski prijevoz putnika te sukladno utvrđenim mogućnostima kreirati prijedlozi za unaprijeđenje tog procesa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Marko Ševrović

SAŽETAK

Big Data tehnologija donosi brojne prednosti i moguće ju je uključiti u sve aspekte poslovanja, pa tako i u transportne procese. Big Data ili veliki skupovi podataka mogu povećati efikasnost poslovanja, smanjiti troškove i općenito poboljšati kvalitetu poslovnih procesa i zadovoljstvo korisnika. Ovaj rad istražuje mogućnosti primjene Big Data sustava u međugradskom prijevozu putnika te prikazuje njihov značaj u procesu planiranja prijevoza. Cilj ovog rada je prikazati na koji način se koristi Big Data tehnologija kako bi, uz njezinu upotrebu, pozitivno utjecali na proces planiranja prijevoza. Osim širokih mogućnosti primjene, treba pripaziti i na brojne izazove vezane uz privatnost i sigurnost podataka, kao i na tehničke izazove koji se pojavljuju u procesu njihove obrade i analize. U ovom radu općenito su opisani veliki skupovi podataka, načini njihove primjene u prometnom sustavu te su prikazani konkretni primjeri njihovog korištenja u planiranju međugradskog prijevoza putnika. Iako se suvremeni elektronički sustavi temelje na obradi velike količine podataka, ti podaci su samo djelić onoga što nas stvarno okružuje i postoji oko nas. U sklopu ovog diplomskog rada prikazani su mogućnosti primjene Big Data sustava za potrebe definiranja potrebne prijevozne ponude te procjenu mogućih slabosti prometne mreže međugradskog prijevoza putnika. Prikazane su prednosti i nedostaci korištenja različitih modova prijevoza na različitim udaljenostima putovanja, čime se otvara mogućnost poboljšanja učinkovitosti međugradskih prometnih sustava i promiče koordinirani razvoj regionalne integracije.

KLJUČNE RIJEČI:

veliki skupovi podataka, prometno planiranje, modeliranje udaljenosti putovanja, međugradski prijevoz, planiranje prijevoza putnika

SUMMARY

Big Data technology brings numerous advantages and it is possible to include it in all aspects of business, including transport processes. Big Data or large data sets can increase business efficiency, reduce costs and generally improve the quality of business processes and customer satisfaction. This master thesis investigates the use of Big Data in intercity passenger transport and shows its significance in the transport planning process. The aim of this research is to show how Big Data technology can be used in order to positively influence the transport planning process. In addition to wide application possibilities, one should also be aware of the numerous challenges that manifest themselves in data privacy and security, as well as technical challenges that arise in the process of data processing and analysis. In this master thesis, Big Data Systems are generally described, as well as the ways of their application in transport system, and concrete examples of their use in planning intercity passenger transport are presented. Although the amount of data we process seems very large, it is only a part of what really surrounds us. This master thesis also gives an assessment of the possible weaknesses of the transport network of intercity passenger transport, and of the need to increase or decrease the transport supply. The advantages and disadvantages of using different transport modalities at different travel distances are presented, which opens up the possibility of improving the efficiency of the intercity transport systems and promotes the coordinated development of regional integration.

KEY WORDS

Big Data, transportation planning, transportation demand forecasting, intercity transport, passenger transportation planning.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 4 |
| 3. PLANIRANJE I LOGISTIKA PRIJEVOZA PUTNIKA | 8 |
| 3.1. Definicija i ciljevi logistike | 8 |
| 3.2. Proizvodnja usluga prijevoza..... | 9 |
| 3.3. Prijevoz putnika u međugradskom prometu | 10 |
| 4. BIG DATA - VELIKI SKUPOVI PODATAKA | 14 |
| 4.1. Znanost o podacima..... | 15 |
| 4.2. Razvoj podataka kroz povijest | 17 |
| 4.3. Obilježja velikih skupova podataka - 3V i 5V koncept..... | 19 |
| 4.4. Izvori velikih skupova podataka..... | 20 |
| 4.5. Analitika velikih skupova podataka | 24 |
| 5. BIG DATA U PROMETNOM SUSTAVU | 26 |
| 5.1. Prikupljanje podataka za planiranje prijevoza..... | 27 |
| 5.2. Big Data tehnologija u rješavanju problema pri prijevozu..... | 30 |
| 5.3. „Pametni“ transport | 32 |
| 6. PRIMJENA BIG DATA U PLANIRANJU MEĐUGRADSKOG PRIJEVOZA PUTNIKA U NR KINI | 37 |
| 6.1. Izračun dominantne udaljenosti putovanja u međugradskom prijevozu putnika | 37 |
| 6.1.1. Prikupljanje podataka..... | 38 |
| 6.1.2. Metoda izračuna..... | 39 |
| 6.1.3. Rezultati istraživanja..... | 40 |
| 6.2. Multimodalni mrežni pristup kod izračuna prometne povezanosti u međugradskom prijevozu putnika | 44 |
| 6.2.1. Izvor podataka | 45 |
| 6.2.2. Dinamičko-težinski model izračuna koeficijenta povezanosti | 45 |

| | |
|--|----|
| 6.2.3. Rezultati istraživanja..... | 46 |
| 6.3. Analiza prostornih i vremenskih karakteristika putovanja u planiranju cestovnog međugradskog prijevoza putnika..... | 51 |
| 6.3.1. Izvor podataka..... | 51 |
| 6.3.2. Metoda istraživanja..... | 52 |
| 6.3.3. Rezultati istraživanja..... | 52 |
| 7. ZAKLJUČAK | 60 |
| POPIS LITERATURE | 64 |
| POPIS SLIKA | 66 |
| POPIS TABLICA..... | 66 |

1. UVOD

U posljednjih nekoliko godina, veliki skupovi podataka (engl. *Big Data*) postali su važni za poslovne procese diljem svijeta, uključujući i proces planiranja prijevoza putnika. Korištenjem velikih skupova podataka, tvrtke i organizacije u transportnom sektoru mogu dobiti uvid u kompleksne informacije i podatke koji im pomažu u donošenju informiranih i utemeljenih odluka. Budući da se informacijska tehnologija u kontekstu inovacija razvija pod utjecajem suvremenog načina života, količina digitalnih podataka eksponencijalno raste. Danas postoji ogromna količina podataka koji se generiraju svakodnevno u sektorima proizvodnje, poslovanja, znanosti i našeg osobnog života.

Planiranje međugradskog prijevoza putnika je kompleksan proces koji zahtijeva učinkovitu analizu velikih skupova podataka koji se odnose na putnike, linije, vozila, izvorišta i odredišta putovanja. U sklopu tog procesa, potrebno je periodički provoditi analizu prometnih tokova, učestalosti vožnje, korištenja vozila i vremenskih intervala slijeda. Svi ti podaci su nužni za uspješno planiranje međugradskog prijevoza putnika. Korištenjem velikih skupova podataka, prijevozne organizacije mogu automatizirati svoje procese i povećati učinkovitost procesa donošenja odluka. Analitika velikih skupova podataka također omogućuje kompanijama da dobiju bolji uvid u potrebe i zahtjeve putnika, te da u skladu s time prilagode svoje prijevozne usluge. Veliki skupovi podataka imaju ključnu ulogu u poboljšanju učinkovitosti i efikasnosti prijevoznih procesa.

Primjenom tehnologija za obradu i analizu podataka, prometne organizacije mogu osigurati optimizaciju svojih procesa te pružanje prijevozne usluge prilagođene potrebama putnika. Time se stvara dodana vrijednost za prometnu industriju, što također ima pozitivan utjecaj na poslovne rezultate i zadovoljstvo putnika. U današnjim trendovima globalizacije svijeta, mobilnost putnika postaje sve veća potreba. Snažan proces urbanizacije, koji je prisutan u svijetu, proizvodi sve složenije prometne probleme, tako da organizacija prijevoza putnika u međugradskom prometu postaje sve zahtjevniji zadatak.

U sklopu ovoga rada razmatraju se mogućnosti korištenja velikih skupova podataka za potrebe planiranja međugradskog prijevoza putnika. Kroz rad su opisani veliki skupovi podataka i njihova rastuća uloga u društvu i znanosti, njihova primjena u prometnom sektoru, kao i konkretni primjeri njihove primjene u cilju povećanja efikasnosti i optimizacije pružanja prometne usluge. Cilj rada je prikazati različite načine upotrebe Big Data tehnologije s ciljem

optimizacije prijevoznih procesa, konkretno u međugradskom prijevozu putnika. Korištenjem novih tehnologija u planiranju prometa, odnosno prikupljanjem i obradom velikih skupova podataka, postiže se veća preciznost u predviđanju prijevozne potražnje, što rezultira boljom i kvalitetnijom prijevoznom uslugom i nižim troškovima prijevoza.

U drugom poglavlju prikazan je pregled dosadašnjih istraživanja, u sklopu kojih se iznose karakteristike različitih Big Data sustava. Istraživanja opisuju procese prometnog modeliranja i planiranja prijevoza putnika u međugradskom prometu, ali i u gradskom prometu i urbanim sredinama.

U trećem poglavlju navedeni su ciljevi i definicije logistike prijevoza putnika te je opisana proizvodnja prijevozne usluge, čiji je osnovni element predviđanje prijevozne potražnje radi planiranja fizičkih i ljudskih resursa. Navedeni su različiti čimbenici koji utječu na odabir prijevoznog sredstva. Opisan je proces prijevoza putnika u međugradskom prometu i navedeni su različiti oblici međugradskog prijevoza. Definiran je turizam kao bitan čimbenik ostvarivanja međugradskog prometa u Republici Hrvatskoj, a opisan je i njegov utjecaj na prometni sustav općenito.

U četvrtom poglavlju definiran je pojam velikih skupova podataka te su objašnjene njihove osnovne karakteristike. Osim toga, u ovom poglavlju objašnjen je i pojam znanosti o podacima, opisane su karakteristike strukturiranih i nestrukturiranih skupova podataka, prikazan je razvoj podataka kroz povijest, objašnjeni su 3V i 5V koncepti velikih skupova podataka te načini prikupljanja podataka iz različitih izvora. Također, objašnjeni su pojmovi poput analitike velikih skupova podataka i datafikacije.

Peto poglavlje bavi se problematikom primjene velikih skupova podataka u prometnom sustavu. Opisani su specifični problemi prometne mreže i prometne tehnologije te koncepti koji se mogu primijeniti za otklanjanje takvih problema s ciljem optimizacije sustava. Objašnjene su mogućnosti primjene različitih podatkovnih izvora, uključujući mobilni internet, različite aplikacije te podatke prikupljene iz vozila i s prometnica. Opisana je i razlika između statičkih i dinamičkih podataka. Prikazan je koncept „pametnog transporta“ kao jedan od načina usvajanja Big Data tehnologije u prometnom sustavu.

U šestom poglavlju opisani su načini primjene Big Data sustava za potrebe planiranja međugradskog prijevoza putnika. U šestom poglavlju, navedeni su rezultati i zaključci proizašli iz tri različita istraživanja provedena u NR Kini, u kojima se obrađuje problematika prijevoza putnika u međugradskom cestovnom, željezničkom i zračnom prometu. U sklopu prikazanih

istraživanja proveden je proračun dominantne udaljenosti putovanja te je utvrđena prometna povezanost između gradova kroz multi-modalni mrežni pristup. Osim toga, analizirane su prostorne i vremenske karakteristike putovanja u međugradskom prijevozu putnika.

U zaključku se navodi potreba za poboljšanjem sustava za prikupljanje podataka radi lakšeg pristupa podacima. Navedeni su razlozi za modernizaciju voznog parka te su opisane mjere kojima je moguće unaprijediti kvalitetu planiranja i nadzora javnog prijevoza, korištenja informacija, prometne kontrole i prikupljanja podataka o zagušenosti prometa. Navedeni su prijedlozi za optimizaciju postojećih prijevoznih usluga u Republici Hrvatskoj.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U dosadašnjim istraživanjima navode se različiti načini korištenja velikih skupova podataka u svrhu planiranja i modeliranja prometa. Većina tih istraživanja odnosi se na promet u urbanim područjima. Tema koja se obrađuje u ovom radu bavi se istraživanjem velikih skupova podataka koji se prikupljaju iz različitih izvora s ciljem predviđanja prijevozne potražnje u međugradskom prijevozu putnika, unutar različitih modova prijevoza. Istraživanja koja su spomenuta u nastavku odnose se na područje Republike Hrvatske i Europske unije, a obrađuju problematiku povezanu s temom ovog rada.

U istraživanju autora s linköpskog sveučilišta u 2020. godini, pokušala se preciznije utvrditi modalna razdioba putnika između dvaju gradova, primjenom podataka mobilne mreže.¹ Promatrane su dvije relacije - Stockholm-Norrköping i Norrköping-Linköping. Podaci su za potrebe istraživanja podijeljeni u dvije skupine - označene podatke koji su sadržavali informacije o načinu putovanja putnika te neoznačene podatke koji su predstavljali velike skupove anonimnih podataka. Istraživači su primijenili nadzornu metodu koja se temeljila na označenim podacima, kao i geometrijsku metodu koja je koristila prostornu blizinu mobilnih uređaja u odnosu na unaprijed definirane smjerove kretanja. Rezultati istraživanja su pokazali da je moguće uspješno utvrditi modove prijevoza putnika, čak i kada su cestovni i željeznički pravci relativno blizu. Nadzorna metoda se pokazala efikasnijom u identifikaciji moda prijevoza. Istraživanje je istaknulo važnost korištenja podataka mobilne mreže za dobivanje informacija o čimbenicima koji utječu na izbor moda prijevoza. Utvrđeno je da podaci mobilne mreže omogućavaju detaljniji uvid u karakteristike putovanja u usporedbi s tradicionalno prikupljenim podacima.

Na Svjetskoj konferenciji o istraživanju u prometu (engl. WCTR – World Conference on Transport Research) održanoj u Šangaju 2016., autori s egejskog sveučilišta u Grčkoj predstavili su istraživanje u kojem su analizirali postojeći sustav za prijevoz putnika u Egejskom arhipelagu.² Koristeći kombinirane podatke s mobilnih telefona i statističke podatke iz pomorskih i zračnih luka, autori su istražili obrasce kretanja putnika i prijevoznu potražnju. Za modeliranje prijevozne potražnje upotrijebljen je četverostupanjski slijedni agregatni model.

¹ Breyer N., Gundlegard D., Rydergren C.: *Travel mode classification of intercity trips using cellular network data*; Linköping University, Linköping, Švedska; rujan 2020.

² Hatzioannidu F., Polydoropoulou A.: *Passenger demand and patterns of Tourists mobility in the Aegean Archipelago with combined use of Big Datasets from mobile phone and statistical data from ports and airports*; University of the Aegean, Hij, Grčka; srpanj 2016.

Cilj istraživanja bio je pokazati vrijednost kombiniranja različitih podataka za analizu prijevozne potražnje. Analizom podataka istraživači su uspjeli prepoznati popularne destinacije, definirati sezonske varijacije u kretanju turista i identificirati ključne tokove turista u egejskom arhipelagu. Dobiveni rezultati mogu biti korisni za planiranje turističke i prometne infrastrukture, pružanje bolje usluge putnicima i poboljšanje prometnog sustava u regiji. Istraživanje donosi uvid u ponašanje putnika i promjene u obrascima putovanja, što predstavlja vrijedne informacije za prijevoznike i turističke organizacije.

U istraživanju iz 2022., ispitana je mogućnost primjene velikih skupova podataka za simuliranje individualnih karakteristika, preferencija i navika putnika u željezničkom prometu.³ Autori su pokušali razviti simulacijski model koji bi omogućio bolje razumijevanje ponašanja putnika. Za izradu tog modela, primijenjena je Big Data tehnologija u svrhu prikupljanja i analize velikih skupova podataka o putnicima. Zbog mogućnosti obrade i analize velikih količina podataka, korištenje Big Data tehnologije omogućava bolje planiranje i veću prilagodbu željezničkog prometa prema potrebama putnika. Istraživanje je pokazalo da se upotrebom velikih skupova podataka postiže optimalno planiranje rasporeda vlakova i korištenje prometne infrastrukture. Također, povećava se razina pružene prijevozne usluge sa aspekta putnika.

U suradnji s njemačkim kolegama, autori s riječkog sveučilišta, u istraživanju provedenom tijekom 2019. godine, su prikazali primjenu velikih skupova podataka u navigaciji, lučkim operacijama, i organizaciji te praćenju pomorskog prometaprema vremenskim uvjetima i uvjetima sigurnosti.⁴ Utvrdili su da Big Data tehnologija, pomaže u efikasnijem donošenju odluka, predviđanju vremena pristajanja brodova u luku i kalkulaciji potrebne brzine kretanja. Na taj način brodari postižu optimalnu brzinu brodova i omogućuju ekonomičniju potrošnju goriva. U kombinaciji s IoT tehnologijom (engl. *Internet of Things*) postiže se autonomija u brodskom prijevozu, čime je moguće izbjeći sudare u uskim područjima brodskih luka. Ipak, pokazalo se da je za učinkovitu primjenu Big Data tehnologije u pomorskom prijevozu potrebno dodatno educirati ljude po pitanju uporabe odgovarajućih uređaja za obradu podataka. Nedostatak kvalificiranih stručnjaka, kao i nedostatak propisa te kibernetički kriminal, usporavaju razvoj tehnologije.

³ Odiari E., Birkin M.: *Simulating micro-level attributes of railway passengers using Big Data*; Journal of Urban Mobility; prosinac 2022.

⁴ Jović M., Tijan E., Marx R., Gebhard B.: *Big Data Management in Maritime Transport*; Pomorski zbornik br. 57, Sveučilište u Rijeci, Rijeka; prosinac 2019.

U istraživanju provedenom 2016. godine provedena je analiza mogućnosti primjene društvenih mreža i velikih skupova podataka u planiranju prometa.⁵ Istraživanje se fokusiralo na integraciju podataka s društvenih mreža i velikih skupova podataka te na inkorporaciju naprednih analitičkih metoda u tradicionalne metode planiranja prometa. Autori su istaknuli da su društvene mreže postale važan izvor podataka o kretanju ljudi te da je analizom tih podataka moguće utvrditi navike putnika, preferirane rute i druge važne informacije. Analizom podataka iz različitih izvora, poput mobilnih uređaja i senzora, mogu se definirati trendovi kretanja i potrebe korisnika javnog prijevoza te se prema tim podacima može i prilagoditi prometni sustav. Napredne analitičke metode, poput strojnog učenja i metoda temeljenih na primjeni umjetnih neuronskih mreža, također se mogu koristiti za obradu podataka. Na temelju provedenih istraživanja, autori su zaključili kako se primjenom velikih skupova podataka sadržanih na društvenim mrežama i velikih skupova podataka može doprinijeti poboljšanju planiranja prometa, optimizaciji ruta, smanjenju gužvi, povećanju učinkovitosti i poboljšanju korisničkog iskustva u javnom prijevozu.

Slično istraživanje provedeno je 2018. godine⁶, u sklopu kojega je provedeno prikupljanje geolokacijskih podataka s TripAdvisora i njihova integracija sa službenim statističkim podacima. Takvi podaci dostupni su u realnom vremenu i tijekom velikog vremenskog razdoblja, što omogućava dinamičko analiziranje i ažuriranje prognozirane prijevozne potražnje te praćenje kvalitete različitih modova prijevoza. Kroz primjenu tehnika rudarenja podataka, moguće je identificirati stavove korisnika i njihove preferencije u vezi javnog prijevoza. Dobiveni rezultati mogu se koristiti kao podrška kod planiranja prometa i djelatnosti vezanih uz turizam te za potrebe prepoznavanja pozitivnih i negativnih čimbenika vezanih uz te gospodarske djelatnosti i njihov održivi razvoj.

Iz dosadašnjih istraživanja, vidljivo je da se većina podataka o putnicima i njihovim putovanjima može prikupiti putem njihovih mobilnih uređaja te društvenih mreža. Na taj se način najbrže mogu doznati navike i ponašanja putnika te njihovo zadovoljstvo pruženom prijevoznom uslugom. Veći broj istraživača je proveo analizu postojećih prijevoznih sustava na temelju kombinirane primjene službenih statističkih podataka i velikih skupova podataka prikupljenih iz različitih izvora. Istraživanja su primarno fokusirana na putovanja na posao i

⁵ Ruiz T., Mars L., Arroyo R., Serna A.: *Social Networks, Big Data and Transport Planning*; XII Conference on Transport Engineering, Valencia, Španjolska; lipanj 2016.

⁶ Serna A., Gašparović S.: *Transport Analysis Approach Based on Big Data and Text Mining analysis from Social Media*; XIII Conference on Transport Engineering, Gijon, Španjolska, lipanj 2018.

turistička putovanja. Rezultati upućuju na to da da bi veliki skupovi podataka u budućnosti trebali biti jedan od temeljnih izvora informacija u procesu planiranja prijevoza putnika.

3. PLANIRANJE I LOGISTIKA PRIJEVOZA PUTNIKA

3.1. Definicija i ciljevi logistike

Definicija logistike orijentirane prema usluzi temelji se na zamisli da se usluga može korisniku staviti optimalno na raspolaganje samo ako se koordinacijom ostvare sve aktivnosti za proizvodnju. Sukladno tome, logistika označava proces koordinacije svih nematerijalnih aktivnosti koje se trebaju ispuniti da bi se jedna usluga ostvarila na efektivan način u pogledu troškova i u odnosu na kupca. Težište tih aktivnosti leži u sljedećim područjima - najkraće vrijeme čekanja, menadžment kapaciteta usluga i dogotavljenja usluga putem distribucijskog kanala. Životni ciklus jedne usluge sastoji se od nastanka u procesu planiranja, projektiranja, konstruiranja, izrade, razvitka, zatim uporabe i na kraju zastarijevanja i gašenja.⁷

Logistika prijevoza putnika je složeno područje koje uključuje planiranje, izvođenje i kontrolu kretanja pojedinaca s jednog mjesta na drugo kako bi se zadovoljile njihove potrebe putovanja na siguran, učinkovit i ekonomičan način. Područje logistike putničkog prijevoza obuhvaća različite aspekte, kao što su planiranje i politika prijevoza, upravljanje potražnjom za prijevozom, upravljanje sustavima javnog prijevoza, tehnologijom prijevoza i slično. Jedni od ključnih elemenata logistike putničkog prijevoza su planiranje i politika prijevoza. Navedeni elementi uključuju razvoj prometnih planova i politika kojima je cilj zadovoljiti potrebe različitih skupina putnika, uspostaviti koordinaciju različitih elemenata i načina prijevoza kako bi se osiguralo da prometni sustav zadovolji potrebe putnika na siguran, učinkovit i isplativ način.

Upravljanje potražnjom u prijevozu jedan je dio logistike putničkog prijevoza, a njezin cilj je upravljanje potražnjom poticanjem alternativnih načina prijevoza. Sustavi javnog prijevoza su ključna komponenta logistike putničkog prijevoza. Ti sustavi dizajnirani su za pružanje učinkovitih i pristupačnih mogućnosti prijevoza za veliki broj putnika. Učinkovito upravljanje sustavima javnog prijevoza može dovesti do veće pouzdanosti prijevozne usluge, smanjenog vremena putovanja i većeg zadovoljstva putnika. Prometne tehnologije također imaju značajnu ulogu u prijevozu putnika. Tu pripadaju napredne tehnologije, kao što su inteligentni transportni sustavi čiji je cilj povećati učinkovitost i sigurnost prijevoznih sustava, pružiti putnicima informacije u stvarnom vremenu te pomoći u kontroli i nadzoru prijevozna.

⁷ Zelenika R. : *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet u Rijeci; Rijeka, 2005.

Ciljevi logistike mogu se definirati kao zadovoljenje potreba korisnika za isporukom tražene usluge, zahtijevane kvalitete, na pravom mjestu u pravo vrijeme po minimalnoj ukupnoj cijeni. Logistika predstavlja poslovnu funkciju upravljanja u kojoj se tradicionalnim vrijednostima usluga kao što su vrsta, kvaliteta i cijena usluge, dodaje nova vrijednost - raspoloživost tražene usluge u onom trenutku kada se javlja potražnja. Usluga manje vrijednosti u tradicionalnom smislu (veća cijena, manja kvaliteta) može imati veću vrijednost kod potrošača zbog pravovremene raspoloživosti. Prema tome, možemo zaključiti da je cilj logistike nekog poduzeća kvalitetna i pravovremena realizacije tražene usluge.⁸

3.2. Proizvodnja usluga prijevoza

Proizvodnja usluga prijevoza je složen proces koji zahtijeva pažljivo planiranje, organiziranje i nadzor. Upravljanje operativom započinje planiranjem ili predviđanjem. Potrebno je predvidjeti potražnju za uslugom da bi se mogla planirati količina usluga. U procesu proizvodnje usluga, potrebno je planirati fizičke kapacitete u koje spadaju infrastruktura vezana za prijevoz, pogon i održavanje, mreža linija i jedinice za prijevoz putnika. Također, potrebno je planirati i ljudske resurse. Tu spadaju vozači, upravljačko osoblje, osoblje za održavanje fizičkih kapaciteta itd. Nakon planiranja potrebnih fizičkih i ljudskih resursa, potrebno je planirati proizvodnju i distribuciju usluge u pravo vrijeme i na pravo mjesto, a naglasak treba staviti na usklađivanje ponude i potražnje.⁹

Proizvodnja usluga prijevoza obuhvaća niz aktivnosti koje se provode kako bi se zadovoljile potrebe putnika za premještanjem s jednog mjesta na drugo. Jedan od ključnih faktora koji se uzima u obzir prilikom proizvodnje prijevozne usluge je vrsta prijevoznog sredstva, stoga je važno odabrati prijevozno sredstvo koje najbolje odgovara potrebama putnika. Dostupnost prijevoznog sredstva, cijena, brzina, sigurnost i pouzdanost usluge neki su od čimbenika koji utječu na odabir prijevoza. Usluge prijevoza mogu uključivati različite vrste prijevoza, kao što su cestovni, željeznički, zračni ili pomorski prijevoz. Prijevozne tvrtke i operatori moraju pažljivo planirati i organizirati svoje operacije kako bi osigurali učinkovitu i kvalitetnu proizvodnju usluga prijevoza. Vrijeme trajanja putovanja također je važan faktor, stoga je važno osigurati putnicima dolazak na odredište u pravo vrijeme. Kvaliteta usluge prijevoza ovisi o tome koliko je brzo, pouzdano i učinkovito putovanje. Putnici očekuju pouzdanost, udobnost i točnost usluga koje koriste. Zbog toga je važno da prijevozne tvrtke

⁸ Regodić D.: *Logistika*; Fakultet za informatiku i menadžment, Univerzitet Sigidunum; Beograd, 2010.

⁹ Brčić D., Ševrović M.: *Logistika prijevoza putnika*; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; Zagreb 2012.

pružaju dobru kvalitetu usluga, koja pored navedenog ovisi i o redovitom održavanju vozila, pravilnoj obuci osoblja i pružanju pravovremenih informacija o promjenama i rasporedu vožnji. Sigurnost ima važnu ulogu tijekom cijelog putovanja, a uključuje identifikaciju i smanjenje potencijalnih rizika na mjestima kao što su terminali i druga mjesta zaustavljanja. Putnici moraju biti osigurani od bilo kakvih opasnosti tijekom putovanja, a prijevozne tvrtke moraju poštivati sigurnosne propise i standarde kako bi osigurale zaštitu putnika. Tehnološki napredak također ima značajan utjecaj na proizvodnju usluga. Uvođenje naprednih informacijskih sustava, praćenje vozila u stvarnom vremenu, rezervacije putem interneta i mobilne aplikacije olakšavaju putnicima pristup uslugama i poboljšavaju učinkovitost operacija prijevoznih tvrtki.

Kako se usluga distribuira kroz prostorno-vremenski okvir, nužno je imati i informaciju u logističkom procesu prijevozne usluge. Informacije mogu biti različitog tipa, npr. gdje su prijevozne jedinice, koji je vozni red, koji je raspored prometnog osoblja, gdje su zastoji i zagušenja na mreži, gdje su izvanredni događaji, kakva je prijevozna potražnja i slično. Cilj logističkog informatičkog sustava je prikupiti i pretvoriti točne podatke u korisne informacije. Kvaliteta informacije je od neprocjenjive važnosti, stoga su za informacijski sustav važna tri osnovna uvjeta - pribavljanje prave informacije, održavanje informacije točnom i učinkovito prenošenje informacije (efikasan komunikacijski kanal). Važna sastavnica u logističkom sustavu je protok i korištenje informacija u tom sustavu. Sustav logistike od informatičkog sustava treba zahtijevati razumnu informaciju. Informacije moraju biti selektivne i prilagođene razini zahtijevane obrade.¹⁰

3.3. Prijevoz putnika u međugradskom prometu

Međugradski prijevoz putnika predstavlja prijevoz ljudi između dvaju mjesta, odnosno iz jednog mjesta u drugo. U tom smislu, on je važan za povezivanje gradova, a putnici ga koriste iz različitih razloga, uključujući posao, školovanje i turizam. Uglavnom se radi o vanjskom, horizontalnom povezivanju dvaju gradova, pri čemu se u određenom vremenu premješta jedan čovjek ili grupa ljudi s jednog prostornog lokaliteta na drugi. Kod velikog broja linija u međugradskom prometu, javlja se niz usputnih stanica između polaznog i odredišnog terminala, s ciljem ukrcanja i iskrcanja putnika. Terminali kao osnovne točke na liniji nisu jedine lokacije na

¹⁰ Brčić D., Ševrović M.: *Logistika prijevoza putnika*; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; Zagreb 2012.

kojima je nužno prikupljati podatke o prometnoj potražnji, već je na nizu linija nužno procijeniti i potrebe putnika koji gravitiraju usputnim stanicama.¹¹

U analizi potražnje za prijevozom, međugradski prijevoz putnika smatra se prijevozom između gradova koji su relativno blizu jedan drugome. Gradovi i naselja u tom slučaju smatraju se točkama unutar koridora, a koridor predstavlja geografsko područje koje obuhvaća niz različitih gradova i naselja pa se putovanja između njih smatraju kratkima. Takav koncept koridora koristan je u analizi potražnje za prijevozom jer omogućuje razumijevanje kretanja putnika između određenih geografskih područja. To može biti korisno prilikom planiranja i razvoja prijevoznih sustava, kao i kod donošenja odluka o optimizaciji rute i pružanju usluga za putnike unutar određenog koridora. Međugradski prijevoz putnika obuhvaća različite oblike prijevoza koji se koriste za putovanja između gradova:

- cestovni prijevoz - za kratke i srednje udaljenosti najpopularniji je prijevoz autobusom. Autobusne linije povezuju gradove te pružaju pristupačnu i široko dostupnu uslugu prijevoza.
- željeznički prijevoz - željeznica je čest oblik međugradskog putovanja. Vlakovi pružaju i mogućnost putovanja većim brzinama u usporedbi s autobusima. Postoje različite vrste željezničkog prijevoza, uključujući brze vlakove, regionalne i međugradске vlakove, koji povezuju gradove na različitim udaljenostima.
- zračni prijevoz - najbrži oblik međugradskog putovanja, posebno za velike udaljenosti. Zračni prijevoz omogućuje brzo putovanje između udaljenijih destinacija i gradova.
- vanjski prijevoz - prijevozi poput taksi usluga, podijeljenih vožnji ili usluga prijevoza putem mobilnih aplikacija sve su popularniji. Ovakve usluge omogućuju putnicima da rezerviraju prijevoz između gradova na zahtjev i nude fleksibilnost u odabiru vremena, izvorišta i odredišta putovanja.

Ovi oblici međugradskog prijevoza nude različite mogućnosti i prednosti te putnicima omogućuju da odaberu prijevozno sredstvo koje najbolje odgovara njihovim potrebama u pogledu udaljenosti, brzine, udobnosti i troškova. Putnici međugradski prijevoz koriste iz

¹¹ Malić A.: *Prijevozna potražnja u međumjesnom cestovnom putničkom linijskom prometu*; Zagreb, 1999.

različitih razloga koji variraju ovisno o potrebama i preferencijama, kao i specifičnim uvjetima putovanja. Čimbenici koji često utječu na odabir prijevoza su:

- ekonomičnost - za mnoge putnike međugradski prijevoz može biti ekonomičnija opcija u usporedbi s osobnim automobilom. Cijene karata za autobusni ili željeznički prijevoz često su niže od troškova goriva, cestarine ili parkiranja.
- dostupnost - međugradski prijevoz često pruža veći stupanj povezanosti zbog pristupačnosti transportnih čvorova. Autobusne stanice, željezničke postaje i zračne luke uz dobru prometnu povezanost i infrastrukturu olakšavaju pristup i prijelaz putnika između različitih modova prijevoza.
- frekvencija - ako postoji veći broj polazaka tijekom dana, putnici imaju veću fleksibilnost u odabiru vremena putovanja i mogućnost prelaska na druge rute ili prijevozne modalitete ako je potrebno.
- kapacitet - osiguranje dovoljnog kapaciteta prijevoznih sredstava omogućava da veći broj ljudi putuje istovremeno, smanjujući gužve i osiguravajući putnicima jednostavniji dolazak do svojih odredišta.
- udobnost - korištenje međugradskog prijevoza omogućuje putnicima da putuju bez razmišljanja o vožnji ili navigaciji.
- brzina putovanja - korištenje željezničkog ili zračnog prijevoza brže je od vožnje vlastitim automobilom. Smanjuje se ukupno vrijeme putovanja zbog većih brzina i izbjegavanja prometnog zagušenja u gradovima.
- duljina putovanja - međugradski prijevoz uglavnom se koristi za duža putovanja. Putnici mogu koristiti autobuse, vlakove ili zrakoplove umjesto vlastitih automobila kako bi brže stigli na svoje odredište i kako se ne bi suočavali s dugim vožnjama.
- integracija prijevoza - integracija različitih oblika prijevoza može povećati povezanost između gradova. Može uključivati zajedničke karte, koordinirane rasporede polazaka, zajedničke terminale ili jednostavne prijelaze između različitih prijevoznih modaliteta.
- ekološka osviještenost - s obzirom na rastuću svijest o zaštiti okoliša, mnogi putnici biraju međugradski prijevoz kao ekološki prihvatljiviju opciju. Vlakovi i autobusi imaju manji ugljični otisak u usporedbi s individualnim automobilima, dok se zrakoplovi razvijaju na način kako bi smanjili emisije štetnih plinova.

U Republici Hrvatskoj bitnu ulogu u ostvarivanju međugradskog prijevoza putnika igra i turizam. Međuovisnost promet i turizma vrlo je kompleksna jer, osim uzajamnog učinka, prisutno je i ograničavajuće djelovanje. Ograničavajući utjecaj turizma na promet sastoji se u određivanju granice do koje će se promet na turističkom području razvijati. U postizanju tog cilja, prometna infrastruktura se planski razvija prema turističkoj destinaciji i na području turističke destinacije jer se time određuju mogući prometni pravci i gustoća prometne infrastrukture. Pretpostavljanje turističkog razvitka prometnom može se raspoznati po odabiru duljih i građevinski nepovoljnijih trasa prometnica, a time i višim troškovima izgradnje infrastrukture kako bi se pojedina područja ekološki sačuvala i u njima razvijali turistički sadržaji. Utjecaj turizma na promet očituje se u:

- povećanju izgradnje i modernizaciji prometne infrastrukture
- porastu i modernizaciji kapaciteta prijevoznih sredstava
- uvođenju novih oblika organizacije prometa
- porastu prometa putnika i tereta.¹²

¹² Mrnjavac E.: *Promet u turizmu*; Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Sveučilište u Rijeci; Opatija, 2006.

4. BIG DATA - VELIKI SKUPOVI PODATAKA

Veliki skupovi podataka (engl. Big Data) pojam je koji se odnosi na velike količine različitih vrsta podataka koji brzo nastaju iz velikog broja različitih vrsta izvora. Za rukovanje tim podacima u stvarnom vremenu potrebni su novi alati i metode, poput snažnih procesora, softvera i algoritama. Veliki skupovi podataka se odnose na velike, raznolike, kompleksne, longitudinalne i distribuirane podatkovne skupove koje su generirali strojevi, senzori, mrežne transakcije, elektronička pošta, videozapisi, zapisi klikova na mrežnim stranicama i svi ostali dostupni digitalni izvori.

Big Data je termin koji se koristi za određene sustave skupova podataka, a sam sustav se koristi za prikupljanje, obradu i analizu podataka. Neke od najznačajnijih karakteristika su velika količina podataka, učestale promjene podataka i zahtjevnost strukturiranja podataka za kasniju upotrebu. Veliki skupovi podataka odnose se na promjene u količini i kvaliteti dostupnih i potencijalno relevantnih podataka, uglavnom kao posljedica napretka u tehnologiji zapisivanja i pohranjivanja podataka. Američka Nacionalna znanstvena fondacija izdala je dokument u kojem opisuje program pod nazivom „Osnovne tehnike i tehnologije za unaprjeđenje znanosti i inženjeringa Big Data sustava“.¹³ Cilj programa je unaprijediti temeljne znanstvene i tehnološke načine za upravljanje, analiziranje, vizualizaciju i izvlačenje korisnih informacija iz velikih, raznolikih, distribuiranih i heterogenih skupova podataka radi:

- ubrzanja napretka znanstvenih otkrića i inovacija.
- poticanja razvoja novih podatkovnih analitičkih alata i algoritama.
- omogućavanja podesivih, pristupačnih i održivih podatkovnih infrastruktura.
- povećanja razumijevanja ljudskih i društvenih procesa i interakcija.
- promoviranja ekonomskog rasta i poboljšanja zdravlja i kvalitete života.
- dovođenja do novih područja istraživanja koja inače ne bi bila moguća.

Novonastala znanja, alati, postupci i infrastrukture omogućit će revolucionarna otkrića i inovacije u znanosti, inženjeringu, medicini, trgovini, obrazovanju i sigurnosti, postavljajući tako temelj za konkurentnost u nadolazećim godinama. Poseban značaj veliki skupovi podataka

¹³ Spengler S., Kalyanasundaram B., Xu H., Carver D., Misawa E., McCarney P.: *Critical Techniques and Technologies for Advancing Big Data Science & Engineering (BIGDATA)*; The National Science Foundation; Arlington, Virginia, SAD; lipanj 2014.

moгу imati za interdisciplinarna istraživanja u kojima bi se mogli spajati podaci prikupljeni pojedinačno za svaku od disciplina.

Nije bitna samo količina podataka, već i brzina akumuliranja novih podataka, kao i raznolikost tipova prikupljenih podataka. Primjeri upotrebe Big Data tehnologije pokazuju da su oni ušli u sve sfere života i da ih se više ne može ignorirati. Digitalna transformacija je proces integracije informacija i podataka u sve oblasti ljudske djelatnosti. To je sustav koji stalno uči i konstantno se nadograđuje. Upotreba podataka u današnje vrijeme transformira načine života i poslovanja. Podaci se koriste za povećanje usluge korisnika i za stvaranje kompetitivnih prednosti nad konkurencijom. Većina današnjih ekonomija zasniva se na bazama podataka. Posljedica oslanjanja na baze podataka i informacije o korisnicima rezultirat će nezaustavljivom ekspanzijom u količini podataka na globalnoj razini. Uskoro će se pojaviti velika potreba za obrazovanim i stručnim kadrom koji će se moći nositi s obradom, prikupljanjem, analiziranjem i upravljanjem velikim skupovima podataka na etičan način.

4.1. Znanost o podacima

Znanost o podacima omogućava izlučivanje različitih tipova uzoraka podataka iz velikih skupova podataka. Cilj znanosti o podacima jest poboljšati donošenje odluka koje se temelje na primjeni velikih skupova podataka. Kao područje djelovanja, ona obuhvaća skup načela, definicija problema, algoritama i procesa za izvlačenje neočiglednih, ali korisnih uzoraka podataka iz velikih skupova podataka. Znanost o podacima je usko povezana s područjem rudarenja podataka i strojnog učenja, ali je opsegom od njih šira. Danas se znanost o podacima primjenjuje za upravljanje donošenjem odluka u gotovo svim dijelovima suvremenog društva. Zamjetan rast primjene znanosti o podacima potaknut je pojavom velikih skupova podataka, nastankom društvenih medija, ubrzanim rastom procesne snage računala, masovnim smanjenjem troškova memorije računala te razvojem snažnijih metoda za analizu i modeliranje podataka. Podatke nikada nije bilo lakše sakupljati, pohranjivati i obrađivati.¹⁴

U svojoj temeljnoj formi, podaci ili fragmenti informacije su apstrakcija entiteta stvarnog svijeta - osobe, objekta ili događaja. Svaki entitet tipično se opisuje nizom atributa. Skupovi podataka se sastoje od podataka povezanih u podatkovne slogove, pri čemu je svaki podatkovni slog opisan u terminima skupa atributa. U svom najosnovnijem obliku, skup

¹⁴ Kelleher J. D., Tierney B.: *Znanost o podacima*; Massachusetts Institute of Technology; Cambridge, 2018.

podataka organiziran je u podatkovnu matricu poznatu kao analitički zapis, koji se sastoji od redova i stupaca. Oblikovanje analitičkog zapisa preduvjet je za primjenu znanosti o podacima. Većina vremena troši se na oblikovanje, čišćenje i ažuriranje analitičkog zapisa. Slog analitičkog zapisa često se oblikuje spajanjem informacija iz više različitih izvora - podatke je možda potrebno izdvojiti iz više baze podataka, skladišta podataka, računalnih datoteka u različitim formatima ili s *weba* ili društvenih mreža.

Podaci mogu biti strukturirani i nestrukturirani. Strukturirani podaci su podaci koji se mogu pohraniti u tablici, pri čemu svaki podatkovni slog ima istu strukturu. Mogu se lako pohranjivati, organizirati, pretraživati, mijenjati i spajati s drugim podacima te vrste. Na njih je relativno lako primijeniti znanost o podacima jer su oni po definiciji već u obliku prikladnom za okrupnjavanje u analitički zapis. Primjer strukturiranih podataka mogu biti demografski podaci stanovništva, gdje svaki redak pripada određenoj osobi i sastoji se od istog skupa demografskih atributa (ime, dob, spol, adresa itd.).

Nestrukturirani podaci su podaci u kojima svaka instanca u skupu podataka može imati vlastitu unutarnju strukturu, a ta struktura nije u svakom slučaju ista. Ovakva vrsta podataka puno je češća od strukturiranih podataka. Varijacije u strukturi različitih elemenata znače da je nestrukturirane podatke teško analizirati u njihovom sirovom obliku. Koristeći tehnike umjetne inteligencije, digitalne obrade signala i računalnog vida, iz nestrukturiranih podataka često je moguće izdvojiti strukturirane podatke. Međutim, provedba i testiranje tih procesa preoblikovanja podataka je skupa i dugotrajna. Primjeri nestrukturiranih podataka su zbirke tekstova (knjige, poruke, e-pošta) te zbirke zvučnih, slikovnih, glazbenih, video i multimedijjskih datoteka.

Područje istraživanja računalnih znanosti, koje je usredotočeno na razvoj i vrednovanje algoritama za izvlačenje korisnih uzoraka podataka iz skupova podataka, zove se strojno učenje. Algoritam za strojno učenje uzima skup podataka kao ulaz i vraća model koji kodira iz njega algoritmom izlučene uzorke podataka. Model predstavlja prikaz uzorka podataka, izlučenog iz skupa podataka metodama (algoritmima) strojnog učenja. Prema tome, modeli u kontekstu strojnog učenja su naučeni i prilagođeni promatranom skupu podataka ili stvoreni provedbom algoritma strojnog učenja na skupu podataka. Popularni tipovi modela uključuju „stabla odlučivanja“ i „neuronske mreže“. Model predviđanja definira preslikavanje sa skupa ulaznih atributa u vrijednost ciljnog atributa. Nakon što je model izrađen, može ga se primijeniti na nove podatkovne slogove iz okružja razmatranog problema. Na primjer, da bismo obučili model filtra neželjene e-pošte, primijenit ćemo algoritam strojnog učenja na skup podataka povijesnih

poruka e-pošte, označenih neželjenom e-poštom. Nakon učenja modela, isti je moguće primijeniti za označavanje novih poruka e-pošte koje nisu bile prisutne u izvornom skupu podataka.¹⁵

4.2. Razvoj podataka kroz povijest

Količina informacija nastala u razmaku većem od tisuću godina, od osnutka Carigrada do otkrića Gutenbergovog tiskarskog stroja, udvostručila se nakon pedeset godina. U današnje vrijeme, postojeću količinu informacija udvostručimo svake dvije do tri godine, stoga se može reći da smo u tijeku nove revolucije. Tako velike količine podataka promijenile su i način na koji koristimo i obrađujemo podatke. Iako se brojke vezane uz Big Data tehnologiju mogu činiti enormnima, činjenica je da je količina onoga što se može prikupiti i obraditi samo djelić informacija koje zaista postoje. Veliki skupovi podataka označavaju eru u kojoj ćemo moći kvantificirati svijet i razumjeti ga na drugačiji način.¹⁶

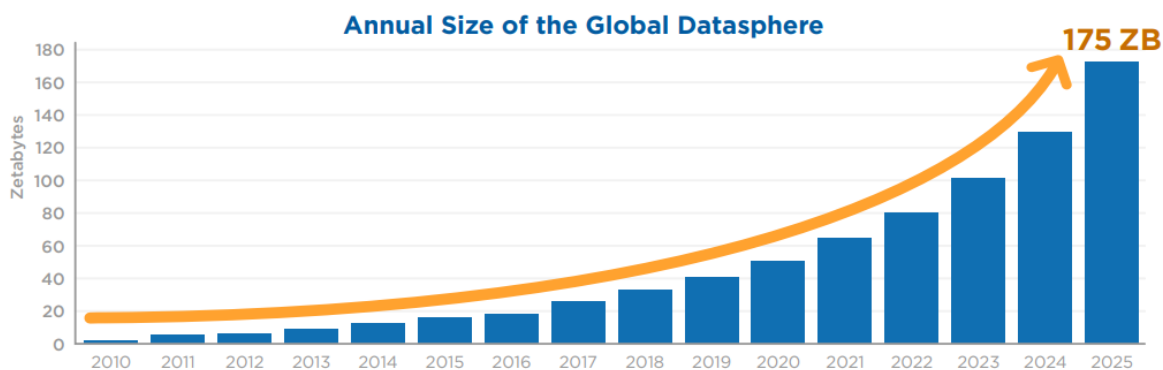
U 2000. godini, četvrtina pohranjenih podataka bila je u digitalnom zapisu, a ostatak u analognom (na papiru, filmu, magnetnim vrpčama, pločama itd.). Samo sedam godina kasnije, svega 7 % pohranjenih informacija bilo je analogno, svi drugi zapisi bili su digitalni. Martin Hilbert je 2007. godine izmjerio količinu informacija koje nas okružuju i izračunao da je samo te godine postojalo 309 eksabajta (10^{18}) pohranjenih podataka. Da su ti podaci zapisani na CD-u, mogli bismo od njih složiti pet stupova od Zemlje do Mjeseca.

Tako se predviđa da će s 33 zetabajta (10^{21} milijardu terabajta) podataka u 2018. taj broj narasti na 175 ZB u 2025. godini (slika 1). Predviđa se da će u 2025. godini gotovo 150 milijardi uređaja na svijetu biti umreženo, od kojih većina u realnom vremenu te će ukupni broj podataka u realnom vremenu iznositi više od 30 % s daljnjom tendencijom rasta.¹⁷

¹⁵ Kelleher J. D., Tierney B.: *Znanost o podacima*; Massachusetts Institute of Technology; Cambridge, 2018.

¹⁶ Kocijan K.: *Komunikacijski obrasci i informacijska znanost*; Zavod za informacijske studije; Zagreb, 2014.

¹⁷ Reinsel D., Gantz J., Rydining J.: *The Digitalization of the World*; Data Age 2025, International Data Corporation, studeni 2018.



Slika 1. Rast količine podataka u vremenskom razdoblju od 2010. do 2025. godine.

izvor: [15]

Mnoge tvrtke danas shvaćaju važnost dostupnosti velike količine podataka u svrhu donošenja ispravnih odluka i provedbe strategija poslovanja. Paralelno uz razvoj modernih tehnologija, interneta i društvenih mreža, konstantno se povećava i količina generiranih digitalnih podataka. Termin Big Data odnosi se na heterogeni skup digitalnih podataka stvorenih od različitih poduzeća ili osobnih korisnika koji, zbog velike količine podataka, različitih oblika podataka i različitih brzina procesiranja, zahtijevaju sofisticirane alate za obradu i računalnu pohranu. Podaci nastaju kao rezultat korištenja interneta, odnosno spajanja i rada uređaja na internetu, budući da pametni telefoni, tableti i računala prenose podatke o radu svojih korisnika.

Osim toga, postoje različiti tipovi podataka koji dolaze iz različitih podatkovnih izvora: demografski podaci, podaci o vremenu, znanstveni i medicinski podaci, podaci o potrošnji energije itd. Ti podaci nam pružaju informacije o lokaciji uređaja, putovanjima, potrošačkim navikama, slobodnim aktivnostima, ali i informacije o korištenju infrastrukture i uređaja. Sa sve većim brojem korisnika interneta i mobilnih uređaja, ubrzano raste i količina podataka. Informacije imaju ključnu ulogu u današnjem društvu te u njegovom ekonomskom, političkom i kulturnom okruženju. Big Data se odnosi na evoluciju i primjenu tehnologija koje omogućuju pravovremene i korisne informacije za korisnika – u pravo vrijeme na pravom mjestu. Izazov ne predstavlja samo ubrzano povećanje količine podataka, već i upravljanje povećanom raznolikosti oblika i kompleksnosti podataka, kao i sve većoj međusobnoj povezanosti podataka. Definicija velikih skupova podataka ovisi o tome koristi li ih korisnik ili pružatelj usluge. Predstavljaju se kao rješenje osmišljeno tako da svakome, u realnom vremenu, omogućuju pristup velikim bazama podataka. Teško je odrediti odnosi li se izraz Big Data na

veliku količinu ili veliku raznolikost i širinu spektra podataka. Podaci su prisutni u vrlo različitim oblicima, odnosno u strukturiranom, djelomično strukturiranom i nestrukturiranom obliku.¹⁸

Veliki skupovi podataka nastaju kao posljedica naglog povećanja količine i kvalitete dostupnih i potencijalno relevantnih podataka, koje je nastalo uglavnom kao posljedica napretka u tehnologiji zapisivanja i pohranjivanja podataka.

4.3. Obilježja velikih skupova podataka - 3V i 5V koncept

Tri pojma koja označavaju koncept velikih skupova podataka predstavljaju se s 3V konceptom (engl. *Volume, Variety, Velocity*), koji se odnosi na obujam, vrstu i brzinu podataka.

Obujam predstavlja količinu generiranih, pohranjenih i obrađenih podataka u sustavu. Povećanje obujma objašnjava se povećanjem ukupne sume podataka u sustavu i potrebom za eksploatacijom tih istih podataka. Ovaj termin se najviše povezuje uz velike skupove podataka, a zapravo je riječ o neshvatljivom broju. Tako, na primjer, samo jedna društvena mreža, Facebook, sadrži oko 250 milijardi fotografija, ne uzimajući u obzir druge podijeljene informacije. Samo do 2016. na Facebooku je podijeljeno 2,5 bilijuna (10^{12}) statusa. Za usporedbu možemo uzeti u obzir jedan senzor za mjerenje temperature koji očitava temperaturu u prostoriji svaku minutu. Takav uređaj godišnje generira 525 950 jediničnih podataka. Moglo bi se reći da najviše podataka generiraju nacionalne sigurnosne službe, medicinske službe i energetska industrija.

Različiti izvori podataka generiraju različite vrste podataka. Raznolikost dovodi do kompleksnosti čvorova i raznovrsnosti čvorova između podataka i izvora. Podaci se značajno razlikuju od aplikacije do aplikacije te je prisutno mnoštvo nestrukturiranih podataka. Za primjer uzmimo elektronsku poštu – u jednoj elektronskoj poruci posjedujemo podatke o pošiljatelju (adresu e-pošte), podatke o primatelju, vremenski otisak, kao i sadržaj poruke, koji može biti tekstualni, slikovni, zvučni ili videozapis. Sve te vrste čine raznolikost u sustavu velikih skupova podataka.

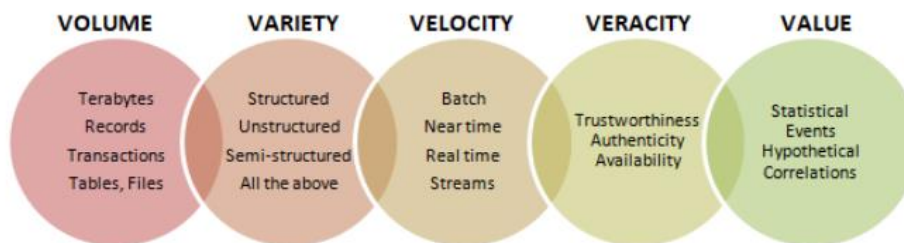
Brzina se odnosi na učestalost kojom su podaci generirani, pohranjeni i podijeljeni. Podaci u sustav pristižu u tokovima, u naletima ili u serijama, a analiziraju se u realnom

¹⁸ Riahi Y., Riahi S.: *Big Data and Big Data Analytics: Concepts, Types and Technologies*; International Journal of Research and Engineering, listopad 2018.

vremenu. Brzina je vremenska mjera obrade podataka. Uzevši za primjer senzor za temperaturu, možemo ustvrditi da će povećanje IoT uređaja donijeti više međusobno povezanih senzora koji će generirati konstantne tokove podataka. Tokovi podataka predstavljaju kanale kojima se određuje brzina prijenosa podataka. Neće sve platforme postizati istu brzinu prijenosa, pa zbog toga o brzini ne treba prerano zaključivati bez prethodnog utvrđivanja stanja.

Prvobitni 3V koncept može se proširiti na 5V koncept, tako da se pridruže dva dodatna elementa – točnost i vrijednost (engl. *Veracity, Value*). Točnost se odnosi na razinu kvalitete, preciznosti i nedvojbenosti podataka, a vrijednost na potencijalne mogućnosti primjene podataka.¹⁹

Koncept 5V možemo vidjeti na slici 2.



Slika 2. 5V koncept velikih skupova podataka.

Izvor: [16]

4.4. Izvori velikih skupova podataka

Podaci postaju osnovno sredstvo funkcioniranja današnjeg informatičkog društva te se kao takvi nalaze u središtu suvremene znanosti i poslovanja. Veliki skupovi podataka se prikupljaju na temelju podatkovnih tragova *web* pretraživanja, elektroničke pošte, komunikacija na društvenim mrežama, podataka koje prikupljaju senzori i GPS podaci, ali i podataka koje prikupljaju sigurnosni i nadzorni sustavi. Među izvore velikih skupova podataka spadaju i baze DNA i baze s otiscima prstiju, zapisi obrazovnih sustava i javnih ustanova, transakcije kreditnih kartica i bankovnih računa itd. Najviše se podataka prikuplja s računala i mobilnih uređaja, a u daljnjem tekstu bit će opisani neki od najčešćih izvora podataka.

¹⁹ <https://www.zdnet.com/article/volume-velocity-and-variety-understanding-the-three-vs-of-big-data/>, 20.1.2023.

Senzori ili mjerači te zapisi aktivnosti s elektroničkih uređaja proizvode informacije u stvarnom vremenu. Periodičnost i broj zapisa su promjenjivi, a ponekad ovise o vremenskim periodima u kojima se stvari ponavljaju, kao i o mogućem nezapisivanju nekih pojava. Kvaliteta ove vrste izvora podataka uglavnom ovisi o kapacitetu senzora da izvrši točna mjerenja, na za to predviđeni način.

Društvene mreže stvaraju podatke putem ljudskih interakcija na mreži. Ova vrsta podataka podrazumijeva kvalitativne i kvantitativne aspekte koji su od interesa za mjerenje. Kvantitativne aspekte lakše je mjeriti od kvalitativnih jer podrazumijevaju brojanje opažanja grupiranih prema geografskim ili vremenskim karakteristikama. Kvalitativni aspekti oslanjaju se na točnost algoritama koji se primjenjuju za izdvajanje značenja sadržaja koji se obično nalaze kao nestrukturirani tekst napisan prirodnim jezikom. Primjeri analiza koje se izrađuju iz ovih elemenata su analiza sentimenta, analiza trendova itd.

Poslovne transakcije stvaraju podatke kao rezultat poslovnih aktivnosti i mogu se bilježiti u strukturiranim i nestrukturiranim bazama podataka. Kada se podaci bilježe u strukturirane baze podataka, najčešći problem za analizu tih informacija i dobivanje statističkih pokazatelja je velika količina informacija i periodičnost njihove proizvodnje jer se ponekad ti podaci proizvode vrlo brzo - tisuće zapisa se može proizvesti u sekundi, npr. kada velike tvrtke poput lanca supermarketa bilježe svoju prodaju. Ova vrsta podataka nije uvijek proizvedena u formatima koji se mogu izravno pohraniti u relacijske baze podataka. Kvaliteta podataka proizvedenih iz poslovnih transakcija usko je povezana sa sposobnošću dobivanja reprezentativnih opažanja i njihove obrade.

Elektroničke datoteke predstavljaju statički ili dinamički proizvedene nestrukturirane dokumente koji su pohranjeni ili objavljeni kao elektroničke datoteke, kao npr. internetske stranice, audio i videozapisi, PDF datoteke i slično. Mogu imati sadržaje od posebnog interesa koji se mogu obraditi i analizirati primjenom različitih tehnika poput rudarenja teksta, prepoznavanja uzoraka itd. Kvaliteta mjerenja najviše se oslanja na sposobnost izdvajanja i ispravnog tumačenja svih reprezentativnih informacija iz tih dokumenata.

Emitirani podaci ili medijski podaci se odnose na audio i videopodatke proizvedene u realnom vremenu. Dobivanje statističkih podataka iz sadržaja ove vrste elektroničkih podataka do sada je previše složeno i podrazumijeva veliku računsku i komunikacijsku sposobnost. Kada se riješi problem pretvaranja digitalno-analognih sadržaja u digitalno-podatkovne sadržaje,

pojavit će se komplikacije oko njihove obrade slične onima koje možemo pronaći u društvenim interakcijama.²⁰

Na slici 3. prikazani su različiti izvori velikih skupova podataka.



Slika 3. Izvori velikih skupova podataka

Izvor: [23]

Big Data omogućava razumijevanje relacija između dijelova informacija. Vrijednost podataka leži u zbroju svih njegovih mogućih primjena, a do tih je vrijednosti moguće doći na više načina:

- nova upotreba starih podataka - podaci mogu biti korišteni više puta, tako na primjer podaci nose neku primarnu informaciju, ali iz istog podatka se može izvući i sekundarna informacija, koja je korisna u neke druge svrhe.
- spajanje različitih skupova podataka - mnogi su podaci vrijedni sami po sebi, ali pri njihovom spajanju s drugim bazama podataka, njihova vrijednost se može dodatno povećati.
- višenamjenska upotreba podataka - upotreba podataka je proširena, odnosno višenamjenska, a ponekad se nova namjena otkrije tek nakon što su podaci prikupljeni.

²⁰ <https://www.linkedin.com/pulse/20141004145540-16145380-a-taxonomy-of-big-data-as-a-source-to-produce-statistical-information>, 24.7.2023.

- podatkovni „ispušni plinovi“ - oni podaci koji nastaju kao nusprodukt korisničkih interakcija na mreži.
- „grobnice“ podataka - mjesto gdje se drže prikupljeni podaci koji su se (možda) jednom iskoristili, a potom pohranili bez daljnje upotrebe.

U prethodnim desetljećima u opticaju je bila manja količina podataka od današnje jer alati za prikupljanje, pohranjivanje, organiziranje i analiziranje podataka nisu bili na današnjoj razini. Prikupljanja su trajala duže, podaci su bili tek djelomični, a većina podataka gotovo nevažna. U današnje vrijeme, o svakom se prikuplja više informacije nego prije, a prikupljanje podataka je prestala biti privilegija vladinih institucija, već podatke skupljaju i državne agencije, tajne službe, osiguravajuća društva, mobilni operateri, društvene mreže i razni *online* servisi. Podaci koji se prikupljaju mogu biti brojni, ali i složeni. Na primjer, tijekom čitanja e-knjiga, zabilježeni podaci mogu biti o brzini čitanja, intervalima čitanja, stvaranju zabilješki, podcrtavanju rečenica itd. Internetske stranice za *online* obrazovanje prate mrežnu interakciju studenata kako bi bolje otkrili pedagoške metode poučavanja.

Pojam datafikacije odnosi se na proces u kojem se prikupljaju informacije o svemu što nas okružuje, a potom transformiraju u format podatka kako bi se mogli obraditi i dalje analizirati i koristiti. To je vrsta tehnološkog trenda koji razne aspekte ljudskog života transformira u digitalne podatke i pretvara dobivene informacije u nove forme koji imaju povećanu vrijednost. Datafikacija ne prikazuje samo pojedinačne stavove ili osjećaje u obliku koji se može analizirati, već i načine ponašanja pojedinaca ili društvenih skupina. Dok su telefonske i internetske mreže poboljšale i ubrzale protok informacija, cilj datafikacije je obogatiti čovjekovo poimanje svijeta. Različite društvene mreže posjeduju velike količine podataka, čijom datafikacijom i kasnijom analizom možemo doći zaključka o različitim društvenim obrascima ponašanja pojedinaca ili društva u cjelini. Datafikacija shvaća svijet kao oceane informacija te omogućuje da istražujemo njihova prostranstva. Mijenja način na koji čovjek promatra svijet oko sebe, a putem interneta ona već utječe na kreiranje ljudske svakodnevice.²¹

²¹ Kocijan K.: *Komunikacijski obrasci i informacijska znanost*; Zavod za informacijske studije; Zagreb, 2014.

4.5. Analitika velikih skupova podataka

Analitika podataka označava proces proučavanja skupova podataka služeći se pritom statističkim i analitičkim alatima za pretvorbu tih podataka u smislene informacije i izvršavanje jedne ili više zadaća. Analitici pristupamo da bismo iz velike količine podataka i njihovih složenih obrazaca, raščlanjivanjem i pronalaženjem zakonitosti, došli do novih, pojednostavljenih rezultata te otkrivanja skrivenih obrazaca, korelacija, tržišnih trendova i preferencija kupaca koje mogu pomoći organizacijama ili tvrtkama u donošenju informiranih poslovnih odluka. Tehnike i tehnologije analize podataka pružaju organizacijama način da analiziraju skupove podataka i prikupe nove informacije. Analitika velikih skupova podataka je oblik napredne analitike koja uključuje složene aplikacije s elementima, kao što su prediktivni modeli i statistički algoritmi.

Big Data se općenito odnosi na podatke koji nadilaze tipičnu pohranu, obradu i računanje u konvencionalnim bazama podataka i tehnikama obrade podataka, a zahtijeva alate i metode koji su sposobni analizirati i izuzimati uzorke iz velikih skupova. Analiza strukturiranih podataka se ubrzava zahvaljujući raznolikosti i brzini podataka koji dolaze u sustav, što znači da više nije dovoljno da sustav samo prikaže rezultate analize, već da u njoj sudjeluje i pomaže. Unutar spektra podataka, koji se mijenjaju velikom brzinom, analiza automatski određuje veze između njih kako bi se ubrzao proces.

Analitika velikih skupova podataka se koristi za istraživanje različitih podatkovnih uzoraka i drugih korisnih informacija, a sastoji se od skupa tehnika i tehnologija koji zahtijevaju integraciju da bi uspješno obradili skrivene vrijednosti podataka iz velikih baza i podatkovnih skupova. Fokus je na rješavanju novih problema i starih problema na efikasniji način. Podaci se prikupljaju iz različitih izvora koji često sadrže mješavinu djelomično strukturiranih i nestrukturiranih podataka. Nakon prikupljanja, podaci se pripremaju i obrađuju, a potom pohranjuju u baze podataka gdje ih je potrebno pravilno organizirati, konfigurirati i podijeliti za analitičke upite. Podaci se zatim „čiste“ pomoću alata za skriptiranje kako bi se poboljšala njihova kvaliteta. Takvi alati traže bilo kakve pogreške ili nedosljednosti, kao što su dupliciranja ili pogreške u formatu, te takve podatke reorganiziraju i pohranjuju. Tako prikupljeni, obrađeni i očišćeni podaci analiziraju se analitičkim softverom.

Poznajemo četiri tipa analitike:

- deskriptivna analitika – odgovara na pitanje „Što se događa?“. To je preliminarna faza procesiranja koja promatra skup podataka iz prošlosti. Metode rudarenja podataka upravljaju i pomažu u otkrivanju uzoraka kojima se detektira stanje. Ovaj tip analitike omogućuje analizu vjerojatnosti i budućih trendova, odnosno daje ideje što bi moglo biti u budućnosti.
- dijagnostička analitika – odgovara na pitanje „Zašto se dogodilo?“. Ova analitika traži korijen problema i otkriva razloge njihovog nastanka. Također, pokušava pronaći i razumjeti uzroke određenih ponašanja i događanja.
- prediktivna analitika – odgovara na pitanje „Što će se dogoditi?“. Koristi podatke iz prošlosti za predviđanje budućih radnji i oslanja se na prognozu. Za ovu analitiku koristimo tehnike kao što su rudarenje podataka i umjetna inteligencija, kako bi iz konkretnih podataka predvidjeli eventualne nove događaje.
- preskriptivna analitika – odgovara na pitanje „Što bi trebalo učiniti?“. Služi za pronalaženje ispravnog rješenja. Ova analitika koristi se podacima iz prošlosti iz deskriptivne analitike i prognozom budućeg stanja iz prediktivne analitike u svrhu predlaganja najboljeg mogućeg rješenja.²²

Organizacije mogu koristiti analitičke sustave i velike skupove podataka za donošenje odluka koje mogu poboljšati poslovne rezultate. Prednosti primjene velikih skupova podataka mogu se očitovati u učinkovitijem marketingu, novim mogućnostima prihoda, personalizaciji korisnika i poboljšanoj operativnoj učinkovitosti. Uz učinkovitu poslovnu strategiju, ove prednosti mogu povećati konkurentnost organizacija.²³

²² Riahi Y., Riahi S.: *Big Data and Big Data Analytics: Concepts, Types and Technologies*; International Journal of Research and Engineering, listopad 2018.

²³ <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/big-data-analytics>, 21.1.2023.

5. BIG DATA U PROMETNOM SUSTAVU

U današnje vrijeme, putnici zahtijevaju skraćeno vrijeme putovanja, predvidljiv raspored i mogućnost praćenja lokacije. Takve tehnološke mogućnosti čine prijevoz udobnijim, a one ne bi postojale bez velikog napretka informacijskih tehnologija. Big Data tehnologija jedna je od najpopularnijih tema u znanstvenim istraživanjima, a prijevoz putnika jedno je od mnogih područja, u okviru prometnog sustava, u kojima se istražuje primjena Big Data tehnologije. Količina podataka koja se generira, obrađuje i koristi u prometu je vrlo velika. Značajne promjene dogodile su se u načinu korištenja mobilnih uređaja i društvenih mreža, u planiranju putovanja i pristanku na davanje osobnih podataka o svom kretanju. To je dovelo do brzog rasta količine podataka koji se prikupljaju u svrhu planiranja i organizacije putovanja, odnosno prijevoza putnika. Ti podaci mogu se koristiti i u daljnjim analizama kako bi se poboljšala prijevozna usluga.

Podatkovna revolucija omogućila je automatsko generiranje, prikupljanje, pohranjivanje i analizu velikih skupova podataka, za razliku od tradicionalnog načina prikupljanja podataka. Novi načini prikupljanja, obrade i analize podataka omogućuju razvoj pametnih gradova i poboljšanje stanja prometne infrastrukture. Primjena novih tehnologija, kao što su napredna analitika podataka i korištenje prediktivnih modela omogućava razvoj automatizirane cestovne mreže. Specifični problemi prometne mreže mogu biti nedovoljna razvijenost i kvaliteta prometnica. U Rusiji je gustoća autocesta 0,044 km/km², dok je taj broj u Finskoj 1 km/km², a u Japanu 3 km/km². Kvaliteta cestovne mreže bitna je i zbog sigurnosti prijevoza putnika. Povećani troškovi prometnih nesreća uzrokuju značajnu štetu gospodarstvu. Radi smanjenja prometnih nesreća treba se promijeniti sustav nadzora prometa, povećati sigurnost prometnih sustava i stvoriti moderne autoceste s učinkovitim upravljanjem prometom. Ove probleme nije moguće riješiti bez upotrebe digitalnih tehnologija. Nove tehnologije, uključujući Big Data, mogu pružiti alate koji mogu pomoći u pronalaženju rješenja za ove probleme i otvoriti nove mogućnosti za daljnji razvoj prometne infrastrukture.²⁴

Trenutačni trendovi oblikuju budućnost u kojoj vlada sveprisutna povezanost. Upotreba pametnih telefona je dosegla razinu od gotovo 80 % u svakoj razvijenoj zemlji, a više od tri milijarde ljudi koristi internet na globalnoj razini. Lokacijske usluge koriste se u različite svrhe,

²⁴ Iliashenko O., Iliashenko V., Lukyachenko E.: *Big Data in Transport Modelling and Planning*; St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; svibanj 2020.

a neke od njih su navigacija, prepoznavanje obližnjih usluga, društveno umrežavanje ili rad raznih medicinskih uređaja. Usluge lokacije postaju sve točnije kako svijet postaje sve povezaniji u mrežu. Tome pridonosi sve veći broj tehnologija za otkrivanje lokacije i globalnih satelitskih sustava za pozicioniranje. Senzori se sve više ugrađuju u mobilne uređaje, vozila i javne prostore. Kako se povezana mreža širi, količina podataka koje ona generira eksponencijalno raste. Prijenosni podaci mogu podržati aplikacije u stvarnom vremenu putem otkrivanja incidenata, upravljanja zagušenjima i navođenjem rute.²⁵

5.1. Prikupljanje podataka za planiranje prijevoza

Za adekvatno planiranje prijevoza putnika potrebno je provesti analizu postojećeg stanja prometnog sustava. Osnovni ulazni podaci mogu se svrstati u sljedeće kategorije: podaci o putnicima i putovanjima (matrice putovanja), podaci o organizaciji prostora, podaci o prometnoj mreži, podaci o dostupnosti različitih načina prijevoza, podaci o modalnoj razdiobi putovanja i dostupnim modelima upravljanja prijevoznom potražnjom. Efektivno planiranje prijevoznih operacija, izrada voznih redova, analiza efikasnosti i zadovoljenja potreba korisnika zahtijevaju precizne i točne podatke o korištenju prijevoznih linija. Prijevoznici trebaju organizirati prikupljanje podataka, održavati i redovito obnavljati baze podataka.

Baze podataka potrebno je održavati sustavnim prikupljanjem podataka pomoću raznih vrsta istraživanja koja se provode periodično ili kontinuirano, na uzorku ili na cijelom podatkovnom skupu. Nadgledanje, brojanje, mjerenja i intervjui neki su od načina prikupljanja podataka. Učestalost i opsežnost istraživanja na terenu potrebno je odrediti temeljem kompromisa između potrebe za preciznošću podataka i troškova istraživanja. Opsežni, cjeloviti podaci koji opisuju sve operacije u jednom vremenu, kombiniraju se s longitudinalnim, odnosno vremenskim podacima o ključnim elementima. Neki od primjera takvih podataka su protok putnika na najopterećenijim dionicama, karakteristične postaje na linijama s velikom učestalošću nailaska putnika ili maksimalni protok. Baze podataka trebaju sadržavati:

- podatke o infrastrukturi - postajama i njihovoj opremi, signalizaciji, izgledu trase, garažama, radionicama;
- podatke o vozilima - dimenzijama vozila, obliku, performansama, starosti i stanju vozila;

²⁵ The International Transport Forum: *Big Data for Travel Demand Modelling: Summary and Conclusions*, No. 186, OECD Publishing; Paris, svibanj 2021.

- podatke o uvjetima pri obavljanju linijskog prijevoza - regulaciji prometa, koordinaciji vozila s ostalim vozilima, brzinama vozila, vremenima čekanja i pouzdanosti usluge;
- podatke o vrstama pruženih usluga i voznim redovima za sve vrste prijevoza na svim linijama;
- podatke o korištenju prijevoznih usluga - ukrcaju/iskrcaju putnika, protocima duž linija, vremenskim neravnomjernostima prijevozne potražnje i duljinama putovanja;
- informacije o izvanrednim događajima tijekom prijevoza, informacije o cijenama prijevoza, stavovima putnika o pojedinim vrstama linijskog prijevoza, udobnosti vožnje itd.²⁶

Baza podataka o udjelu korištenja modaliteta prijevoza u međugradskom prijevozu putnika može se dobiti iz podataka transportnih terminala. U tu kategoriju spadaju zračne luke, željeznički i autobusni kolodvori i postaje, naplatne postaje itd. Ovako dobiveni podaci imaju sljedeće prednosti nad tradicionalno prikupljenim podacima:

- pokrivaju široko područje uključujući veliki raspon međugradskog prometa u različitim gradovima;
- osiguravaju pravovremenost te mogućnost iskazivanja prijašnjih i novih podataka;
- pružaju opširnije informacije o individualnom putovanju.²⁷

Podaci prikupljeni putem pametnih telefona, podaci o vozilima, mobilnom internetu i prodaji karata za javni prijevoz najrelevantniji su za procjenu broja putovanja od polazišta do odredišta.

Podaci o mobilnom internetu se najčešće dobivaju od mobilnih telefona, ali mogu biti i s drugih mobilnih uređaja opremljenih SIM karticom. Bilježe se pri potrošnji interneta, primanju ili prijenosu podataka te korištenju aplikacija. Ove podatke prikupljaju mobilni operateri. Za procjenu podataka o putovanju koristi se koncept kojim se otkriva vremenski

²⁶ Brčić D., Ševrović M.: *Logistika prijevoza putnika*; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; Zagreb 2012.

²⁷ Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*, School of Transportation, Southeast University, Nanjing, rujana 2019.

interval mirovanja mobilnog uređaja na određenoj lokaciji. Proces putovanja se završava kada uređaj napusti lokaciju i stacionira se na drugoj lokaciji. Neobrađeni podaci mogu se analizirati kako bi se definirao put, način prijevoza ili promjena načina prijevoza na određenim lokacijama. Neki mobilni operateri mogu sami obrađivati te podatke, dok s druge strane postoje neovisne tvrtke za analizu podataka koje su razvile stručnost u planiranju prijevoza i sklopile partnerstvo s operaterima za obradu njihovih neobrađenih podataka.

Mobilne aplikacije, u svrhu povezivanja sa uslugom, često traže pristup podacima o lokaciji uređaja, koje pruža njihov operativni sustav. Korisnici aplikacija u zamjenu za besplatne usluge pristaju na praćenje lokacije i tako nude svoje podatke koji su korisni za marketinške svrhe. Podaci koji se prikupljaju pomoću aplikacija su izrazito precizni pa iz tog razloga stvaraju veliki komercijalni interes. Ti podaci mogu se iskoristiti i za procjenu količine putovanja ili prijevoza, odnosno mogu se prikupljati i u svrhu planiranja prijevoznih usluga. Nedostatak mobilnih aplikacija nalazi se u tome što su pojedine aplikacije namijenjene specifičnim tipovima ljudi pa podaci iz tog razloga nisu reprezentativni, odnosno ne predstavljaju ukupnu sliku populacije. Aplikacije pametnih telefona koriste razne senzore, kao što su brzinomjeri, kompasi i žiroskopi koji mogu poslužiti za prepoznavanje načina prijevoza kada je uređaj u pokretu.

Podatke iz vozila možemo dobiti očitavanjem opreme vozila koja generira različite podatke. Svi noviji automobili posjeduju navigaciju i sustav GPS pozicioniranja. Pružatelji usluga navigacije prikupljaju podatke o putovanju, uključujući podatke o polazištima i odredištima, vremenskim intervalima putovanja, mjestima zaustavljanja itd. Procjena karakteristika putovanja iz uzorka putovanja korisnika usluga može biti pristrana. Na primjer, kod korisnika usluge može postojati pristranost prema novijim vozilima opremljenima naprednom tehnologijom. Kao rezultat toga, podaci o putovanjima u kojima se koriste vozila bez takve opreme neće biti generirani. Pristranost se može očitovati i pri odabiru putovanja, pri čemu kratka ili rutinska putovanja koja ne zahtijevaju upotrebu navigacijske opreme također neće biti obuhvaćena.

Transakcijski podaci sustava za naplatu prijevoza su također ograničeni. Ograničenja proizlaze iz različitih načina prijevoza koji se koriste, varijacija u metodama naplate za isto putovanje te nedostatka podataka koji bi prikazali krajnje točke putovanja putnika. Za putnike

koji putuju ilegalno i ne plaćaju kartu, podataka uopće nema. U najboljem slučaju, podaci iz ovih izvora najpraktičniji su za mjerenje putovanja od stanice do stanice.²⁸

5.2. Big Data tehnologija u rješavanju problema pri prijevozu

Big Data sustavi postaju katalizator napretka suvremene infrastrukture te stvaranja pametnih prometnih sustava i inteligentnih gradova. Mogućnosti velikih skupova podataka nezamjenjive su u učinkovitom upravljanju prometom u realnom vremenu. Neki od glavnih problema u prometnoj industriji koji se rješavaju korištenjem Big Data tehnologije su:

- geo-lokacijska analitika - omogućuje fleksibilnu analizu i ispitivanje raznovrsnih definicija s ciljem razvoja specifičnih područja logističke dostupnosti i pokrivenosti prometnom mrežom;
- optimizacija transportne logistike - smanjenje praznih vozilo-kilometara u prijevozu tereta, mogućnost dodatnog utovara djelomično popunjenih kamiona;
- informiranje o potrebi održavanja vozila - analiza istrošenosti vozila;
- sprječavanje prijevara - implementacija sustava za blokiranje manipulacije vremenom vožnje, kontrola plaćanja putovanja putnika;
- prikupljanje podataka za optimizaciju tarifa osiguravajućih društava - formiranje sustava fleksibilnih popusta za prijevoznike na temelju statističkih podataka o osiguranim vozilima.

Velike skupove podataka vezane uz prijevoz moguće je podijeliti u dvije skupine prema načinu prikupljanja. U prvu skupinu pripadaju statički podaci. U ovom slučaju, podaci se zapisuju, obrađuju i prenose na daljnju obradu i interpretaciju statičnim, nepokretnim sensorima. Tu spadaju sve vrste kamera koje su postavljene da snimaju samo ono na što su fokusirane te na taj način bilježe samo lokalne pojave. Njihova korist očituje se pri opsežnim i dugotrajnim mjerenjima, kada se podaci s više kamera povezuju radi dobivanja informacija. Na taj način može se pratiti određeno vozilo i očitati njegova točna putanja.

U drugu skupinu spadaju dinamički podaci koji nude mnogo više mogućnosti od statičnih. Radi se o podacima koji su prikupljeni od raznih senzora i uređaja koji nisu vezani za određeno mjesto i koji su stalno u pokretu, često u neposrednoj blizini ili unutar promatranog objekta. Ovi podaci su samodostatni, za razliku od statičkih, odnosno mogu proizvoditi

²⁸The International Transport Forum: *Big Data for Travel Demand Modelling: Summary and Conclusions*, No. 186, OECD Publishing, Paris, svibanj 2021.

informacije bez dodatnih sadržaja, njihova je struktura fraktalna - podijeljena na više istoznačnih dijelova. Jedan zasebni tok informacija može dati dovoljno podataka o promatranom objektu da bi se mogle formirati različite hipoteze. U ovoj skupini podataka, mobilni uređaji koji se nalaze u putničkoj kabini vozača donose najviše informacija.

Prijevozničke tvrtke rade prvenstveno s dinamičkim podacima. Na temelju samo jednog GPS senzora moguće je identificirati i analizirati sljedeće parametre:

- prometne zastoje - analiza, uzroci i trendovi prometnih zagušenja;
- tipične putanje obilaska prometnih zastoja - identifikacija novih ruta, izbjegavanje loše reguliranih prometnih raskrižja;
- sezonalnost prijevozne potražnje - ovisnost količine narudžbi transportnog poduzeća o vremenu, kvaliteti prometnica itd;
- tehničko stanje vozila.

Pri analizi svih parametara, važno je uzeti u obzir brzinu reakcije u rješavanju problema kao što su prometni zastoji. U međugradskom prometu gustoća protoka je manja, a udaljenost prijevoza veća, za razliku od gradskog prometa. Iz tog razloga, brzina reakcije pri rješavanju prometnih zastoja u gradovima je manja u odnosu na međugradske relacije te je potreban veći odziv. Upravljanje prometom obuhvaća kontrolu brzine, regulaciju prometa semaforima, usmjeravanje na jednosmjerni promet ili potpuno zatvaranje prometnica za pojedine vrste prijevoza. Neke prijevozničke tvrtke svojim vozačima omogućuju prijavljivanje nepravilnosti na cesti samo jednim klikom na mobilnom uređaju. Takve usluge su temelj za poboljšanje ne samo prometne infrastrukture, već i ukupne kvalitete prometne industrije. Uz pomoć drugih tehnologija, moguće je i više pridonijeti rješavanju nedostataka vezanih za obavljanje prijevoza.

Tehnologije Big Data i Internet of Things mogu pomoći kod problema loše infrastrukture, budući da je putem mobilnih aplikacija moguće prijaviti sve nedostatke u najkraćem mogućem roku. Također, kod javnog prijevoza, mogu uz pomoću GPS-a pratiti lokaciju vozila te pravodobno i točno informirati putnike preko zaslona postavljenih na stanicama i terminalima. Putem uređaja postavljenih u automobilima, moguće je prikupljati podatke o prometnom toku. Ako na to dodamo i tehnologiju strojnog učenja (engl. *machine learning*), moguće je identificirati dijelove prometnica s visokom razinom rizika od prometnih nesreća, uz pomoć informacija o stanju na prometnicama i prevladavajućim vremenskim uvjetima. Također, može se analizirati postojeće stanje na prometnicama i regulirati promet uz pomoć dinamički prilagođenih semafora. Optimizacija ruta prijevoza izvediva je bez izgradnje

novih prometnica, ako se uz pomoć različitih tehnologija prati prometni tok, zatim regulira prometno opterećenje i povratno obavještava putnike preko njihovih mobilnih telefona o izboru najbolje rute. Podatke o putovanju putnika moguće je pratiti na način da njegov identitet ostane anoniman, ali da se prikupe podaci o kretanju koji mogu poslužiti u daljnjem planiranju javnog prijevoza.²⁹

Optimizacija ruta i rasporeda polazaka potrebna je u i međugradskom prometu kako bi se maksimizirala učinkovitost prijevoza, smanjilo vrijeme putovanja i poboljšala kvaliteta pružene prijevozne usluge. Primjenom velikih skupova podataka, moguće je prikupiti povijesne podatke o provedenim putovanjima, broju putnika, vremenu putovanja, prometnim uvjetima. Ti podaci se analiziraju kako bi se identificirali trendovi, putnički tokovi, popularne rute i vremenski uzorci putovanja. Na temelju tih analiza može se primijeniti algoritam optimizacije rute i rasporeda, kako bi se pronašla optimalna ruta. Algoritam može uzeti u obzir različite faktore, poput prometnih uvjeta, vremena putovanja, preferencija putnika i zahtjeva za povezivanjem s drugim prijevoznim sredstvima.

Analizom velikih skupova podataka može se otkriti postoji li veći broj putnika na određenoj ruti tijekom pojedinih vremenskih perioda. Na temelju tih podataka, algoritam predlaže odgovarajući broj polazaka, odnosno prilagođava vremena polazaka prijevoznih sredstava kako bi se zadovoljila povećana prijevozna potražnja. Pri tome je moguće uzeti u obzir i stupanj iskorištenja kapaciteta prijevoznih sredstava. Ako su pojedina prijevozna sredstva preopterećena, a ostala prijevozna sredstva nemaju popunjene kapacitete, algoritam predlaže redistribuciju prijevoznih kapaciteta i rasporeda polazaka kako bi se bolje iskoristili raspoloživi resursi i poboljšala udobnost putovanja. Primjenom algoritma za optimizaciju prijevoza moguće je skratiti vrijeme putovanja, smanjiti prometna zagušenja, povećati zadovoljstvo putnika i poboljšati učinkovitost cjelokupnog sustava prijevoza.

5.3. „Pametni“ transport

Trend spajanja tehnologije obuhvatio je mnoga područja pa tako i prometnu infrastrukturu. Pod prometnim sustavom podrazumijevamo prometnu infrastrukturu i sve sudionike u prometu. Što je veći tehnološki napredak, to se više mijenjaju načini njihove interakcije. Modernim prometnim mrežama nameću se zahtjevi: kvalitete površine prometnica,

²⁹ Iliashenko O., Iliashenko V., Lukyachenko E.: *Big Data in Transport Modelling and Planning*; St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; svibanj 2020.

pogodnosti navigacije, visoke razine sigurnosti, visoke razine usluge uz cestu, najudobnijeg režima brzine, prometnog toka bez zagušenja, sposobnosti brzog rješavanja problema vezanih uz incidentne prometne situacije itd. Pametni transport karakteriziraju pametne prometnice, a neke od njihovih obilježja su:

- visoka tehnologija - povezivanje svih sudionika u prometu i infrastrukturnih objekata s dinamičnim informacijsko-komunikacijskim sustavom;
- ekološka prihvatljivost - kvalitetno korištenje novih cestovnih površina, smanjenje prometnih gužvi poboljšanje sustava planiranja i modeliranja prometa;
- sigurnost – visoka integracija tehnologija smanjit će ulogu ljudskog čimbenika u osiguravanju sigurnosti na cestama;
- brze ceste - ostvarivanje potencijala vozila bez stvaranja zagušenja na cestama;
- ekonomičnost - dinamičko određivanje cijena omogućit će prilagodbu troškova specifičnim situacijama;
- visoka razina udobnosti - primjena automatizacije smanjit će utjecaj ljudskog faktora na procese.

U sklopu strategije razvoja koncepta pametnih prometnica planira se korištenje inovativnih tehnologija u različitim aspektima, koji uključuju: praćenje onečišćenja okoliša, stvaranje inovativne cestovne površine, organizacija interakcije između sudionika u prometu, korištenje suvremenih tehnologija za praćenje prometnih tokova i otkrivanje nesreća, uvođenje koncepta korištenja bespilotnih letjelica, formiranje fleksibilnog tarifnog sustava itd.

Koncept V2X (engl. *vehicle-to-everything*) suvremeni je koncept komunikacije između vozila i svega što ih okružuje tijekom vožnje. Ovaj sustav uključuje vozila, prometne znakove, semafore, cestovnu infrastrukturu i pješake. Sustav osigurava učinkovitiju interakciju između vozila i postojeće infrastrukture. Realizacija koncepta podrazumijeva korištenje fleksibilnog transportnog planiranja i tehnika modeliranja. Za organizaciju prometa u skladu s konceptom, potrebno je prikupljati informacije, obrađivati prikupljene skupove podataka i donositi odluke na temelju analize rezultata. Integracija različitih tehnologija u prometni sustav omogućava napredno planiranje i modeliranje prometnih tokova. Analizom, predviđanjem i optimizacijom prometnih tokova, postižu se bolje performanse prometnog sustava. Korištenje naprednih algoritama i modela omogućuje precizno predviđanje prometnih gužvi, optimizaciju signalizacije, upravljanje prometnim prioritetima te pružanje informacija i uputa sudionicima u prometu. Integracija tehnologija unapređuje kvalitetu interakcija te stvara fleksibilne modele

interakcije među sudionicima u prometu. Primjena naprednih komunikacijskih sustava omogućuje bolju povezanost između vozila, prometne infrastrukture i korisnika. Takvi sustavi omogućuju prikupljanje, praćenje, analizu i vizualizaciju ključnih podataka, uključujući podatke u realnom vremenu.

Za optimizaciju rada prometnica mogu se primijeniti dva sustava - strateško planiranje tokova i operativno upravljanje prometom. Suvremeno modeliranje prometa omogućuje integraciju svih sudionika u prometu u jedinstveni matematički prometni model. Postoje sustavi koji predviđaju intenzitet prometa za dugoročni vremenski period u bilo kojem dijelu mreže, uzimajući u obzir naknade za cestarinu, promjene na cestovnoj mreži, kretanje stanovništva i socioekonomski razvoj područja. Takvi sustavi mogu se primijeniti i u zračnom, vodnom te svim vidovima kopnenog prijevoza. Modeliranje prometnih tokova na cestama s naplatom cestarine omogućava definiranje scenarija za različita predviđanja, uzimajući u obzir mogućnosti gospodarskog i prometnog razvoja, sustave i metode naplate cestarina i slično. Primjenom prometnih modela, s kojima se uzima u obzir spremnost za plaćanje cestarine, moguće je s visokom preciznošću prognozirati intenzitet prometa na tim cestama i prihode generirane naplatom cestarine.³⁰

Pametni transport koristi velike skupove podataka za rješavanje mnogih izazova s kojima se prometni sektor suočava. Tehnološki razvoj, koji se očituje kroz inteligentne transportne sustave i koncept „Mobilnost kao usluga“, usmjeren je na načine pružanja održivijeg i učinkovitijeg prijevoza, kao i na pružanje načina da korisnici personaliziraju svoje iskustvo prijevoza. Inteligentni transportni sustavi prikupljaju podatke o prometu, vozilima i korištenju različitih načina prijevoza. Iz ovih se podataka mogu izvući informacije koje prijevoz čine učinkovitijim i dostupnijim. Na primjer, „pametne“ autoceste koriste niz tehnologija za praćenje uvjeta vožnje i definiranje promjenjivih ograničenja brzine kojima se reguliraju prometni tokovi.

Mobilnost kao usluga je pojam koji se koristi za opisivanje platformi usluga digitalnog prijevoza koje korisnicima omogućuju pristup, plaćanje i dobivanje informacije u realnom vremenu, o nizu opcija u javnom i privatnom prijevozu. Različiti modaliteti su integrirani kako bi se korisnicima omogućio najučinkovitiji prijevoz. Mobilnost kao usluga može pružiti alternativu privatnom automobilu koja može biti održivija, praktičnija i jeftinija, pomažući

³⁰ Iliashenko O., Iliashenko V., Lukyachenko E.: *Big Data in Transport Modelling and Planning*; St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; svibanj 2020.

pritom u smanjenju zagušenja. Promjena koju je mobilnost kao usluga donijela jest da korisnici prijevoza trenutačno komuniciraju svoje potrebe putem platforme digitalnih usluga, odnosno odabiru vrijeme dolaska, polazište i odredište putovanja. Budućnost mobilnosti nalazi se u uspostavljanju multimodalnih sustava koji će biti međusobno povezani putem pametne tehnologije. Velike tehnološke kompanije sklapaju strateška partnerstva i akvizicije kako bi proširili svoju ponudu na tržištu pametnog transporta. Aplikacije za planiranje putovanja i mobilnost kao usluga pomažu putnicima da budu bolje informirani i donose ispravnije odluke o putovanju.

Usvajanje Big Data tehnologije u prometnom sektoru relativno je sporo u usporedbi s drugim sektorima, kao što su zdravstvo i trgovina, a razlog tome se primarno nalazi u činjenici da prometne industrije ne žele omogućiti otvoreni pristup svojim podacima. Otvaranje pristupa podacima poboljšalo bi javne usluge, stvarajući ekonomske koristi kroz stvaranje novih proizvoda i usluga. Obrada i analiza velikih i složenih skupova podataka iz više nekompatibilnih izvora također predstavlja tehničke izazove za one koji ih pokušavaju koristiti. Podaci su najvrjedniji kada se mogu međusobno uspoređivati. Za različite vrste podataka koriste se različiti formati, a ti formati moraju biti standardizirani ili transformirani u zajednički format, čime se ujedno osigurava i kvaliteta podataka. Nedostatak standardizacije rezultira netočnim, nepostojećim ili dupliciranim podacima. Ako se odluke temelje na nekvalitetnim podacima, to može imati negativne posljedice za poslovanje. Integracija različitih skupova podataka eksponencijalno povećava broj informacija koje se iz njih mogu izvući. Pokretači vrijednosti na tržištu pametnog prijevoza bit će one tvrtke s profiliranim skupovima podataka, kao i tvrtke koje standardiziraju, prikupljaju i upravljaju tim podacima. U ostvarivanju tržišne vrijednosti ključna je obrada i analiza velikih skupova podataka prikupljenih iz više različitih izvora.

Promet je sektor koji je bogat podacima, a mnoge agencije shvaćaju prednosti korištenja tih podataka. Zastarjele prometne mreže, zagađenje i zagušenost prometne mreže zahtijevaju prelazak na alternativne oblike prijevoza s niskim udjelom ugljičnog dioksida. Smanjenje zagušenja i povećanje učinkovitosti prometne mreže vrlo je važno zbog povećanog broja putnika uzrokovanim rastom broja stanovništva u urbanim područjima. Prometni sektor ne može ostvariti napredak bez otvorene razmjene podataka između pružatelja i korisnika prijevoznih usluga. Razne tehnološke tvrtke pomažu u rješavanju ovih problema, omogućavajući da zajednički podaci dopiru do velikog broja novih korisnika putem integriranih međugradskih platformi. Mobilnost kao usluga, internet stvari i pametni prijevoz ključni su za

transformaciju prijevoza te poboljšanje njegove učinkovitosti i održivosti u budućim razdobljima.³¹

³¹ Aalto Capital: *Big Data Transforming the Transport Sector*; Big Data and the Transport Sector; London, srpanj 2020.

6. PRIMJENA BIG DATA U PLANIRANJU MEĐUGRADSKOG PRIJEVOZA PUTNIKA U NR KINI

U ovom poglavlju provedena je komparativna analiza rezultata i zaključaka proizašlih iz tri istraživanja vezana uz problematiku korištenja velikih skupova podataka u planiranju cestovnog, željezničkog i zračnog međugradskog prijevoza putnika. Sva tri promatrana istraživanja provedena su u Narodnoj Republici (NR) Kini, koja posjeduje jednu od najvećih baza podataka na svijetu koja obuhvaća različite ekonomske te podatke vezane uz promet i prijevoz putnika, koji su poslužili u provedbi ove komparativne analize. Prvo istraživanje razmatra mogućnosti primjene velikih skupova podataka za sva tri navedena modaliteta prijevoza. Drugo istraživanje je usmjereno na analizu željezničkog i zračnog prijevoza putnika, dok je treća istraživanje fokusirano isključivo na cestovni prijevoz, odnosno na autobusni prijevoz putnika u međugradskom prometu.

6.1. Izračun dominantne udaljenosti putovanja u međugradskom prijevozu putnika

Procjena dominantne udaljenosti putovanja može doprinijeti rješavanju problema niske učinkovitosti ili prekomjerne iskorištenosti kapaciteta prijevoznih sredstava u međugradskom prijevozu putnika. Cilj istraživanja autora Xiang, Xua i Yua bio je predložiti funkcije svakog pojedinog modaliteta prijevoza u svrhu povećanja učinkovitosti međugradskih prometnih sustava. U istraživanju su korišteni podaci više od 360 gradova u NR Kini.³²

Tradicionalnim načinom ispitivanja - anketama i upitnicima, ispitivači su prikupili podatke o udjelu korištenja različitih načina prijevoza ovisno o udaljenostima između izvorišta i odredišta putovanja. Međutim, upitnici i ankete imaju nisku učinkovitost, a njihova provedba je skupa i dugotrajna. Budući da je teško prikupiti dostatan broj uzoraka koji pokrivaju različita područja, tradicionalne studije fokusiraju samo na manje podsustave kao što su gradski prijevoz i pojedini prometni koridori. Pojavom pametnih telefona i društvenih mreža, došlo je do velike primjene usluga temeljenih na lokaciji. Neke od aplikacija, kao što su Google Places, Facebook, Tencent i druge, uvelike koriste lociranje u svom radu. Do ovih podataka je lakše doći nego do podataka dobivenih tradicionalnim metodama, a što je još važnije, njihovom primjenom mogu

³² Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*, School of Transportation, Southeast University, Nanjing, rujan 2019.

se pratiti ponašanja pojedinaca na dužim putovanjima tijekom duljeg razdoblja promatranja. Prethodne studije uglavnom su bile usmjerene na optimizaciju gradske prometne mreže u svrhu rješavanja problema prometnih zagušenja.

6.1.1. Prikupljanje podataka

Podaci o lokaciji korisnika mobilnih uređaja mogu se dobiti putem usluga temeljenih na lociranju. U ovom istraživanju korišten je alat za indeksiranje mreže u svrhu korištenja podataka na internetskoj platformi koju je ustanovila tvrtka Tencent³³. Ova platforma trenutno može primiti preko 60 milijardi zahtjeva dnevno, pokrivajući milijardu korisnika i više od 150 zemalja diljem svijeta te pružajući novu bazu podataka za istraživanje u mnogim područjima, vezanim uz gradski prijevoz, međugradski prijevoz, migracije stanovništva itd. Platforma pruža mogućnost pretraživanja pomoću trake za pretraživanje u koju se mogu unijeti naziv traženog područja i promatrani vremenski period. Modalitet prijevoza može se identificirati pomoću zapisa o brzini putovanja i podacima o ključnim prometnim čvorištima kroz koje korisnici prolaze.

Za potrebe izračuna dominantne udaljenosti putovanja u međugradskom prijevozu putnika, prikupljeni su podaci o putovanjima za 125 dana tijekom 2017. godine. Prikupljeni podaci uključuju podatke o međugradskim putovanjima između 362 grada na području NR Kine. Prikupljeni podaci su pri tome vezani su za deset linija međugradskog prijevoza putnika s najvećim brojem prevezenih putnika iz svakog izvorišnog grada i deset linija međugradskog prijevoza putnika sa najvećim brojem prevezenih putnika u svaki odredišni grad. Primjerice, ako je promatrano izvorište putovanja Peking, podaci su prikupljeni samo za deset gradova s najvećim brojem prevezenih putnika iz Pekinga. Ako je Peking odredište putovanja, podaci su prikupljeni samo za deset gradova iz kojih je u Peking pristiglo najviše putnika. Prikupljeno je ukupno 1,016,064 različitih podatkovnih zapisa vezanih uz vrijeme, polazište i odredište putovanja, modalitet prijevoza itd. Primjer prikupljenih podataka prikazan je u tablici 1.

³³ Tencent – kineska multinacionalna kompanija te jedna od najvećih tehnoloških kompanija na svijetu koja se, između ostalog, bavi uslugama prikupljanje podataka na bazi praćenja i lokacije

Tablica 1. Primjeri prikupljenih podataka

Izvor: Obrada autora na temelju tablice preuzete iz [21]

| Rbr. | Datum | Polazište putovanja | Odredište putovanja | Udio putovanja cestovnim prijevozom [%] | Udio putovanja željezničkim prijevozom [%] | Udio putovanja zračnim prijevozom [%] |
|---------|-----------|---------------------|---------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1. | 1.1.2017. | Peking | Šangaj | 13 | 42 | 45 |
| 2. | 1.1.2017. | Peking | Hong Kong | 0 | 11 | 89 |
| 3. | 1.1.2017. | Peking | Wuhan | 10 | 63 | 27 |
| ... | | | | | | |
| 10 000. | 2.1.2017. | Tianjin | Šangaj | 27 | 73 | 0 |
| ... | | | | | | |

6.1.2. Metoda izračuna

Nakon prikupljanja, uslijedilo je uzorkovanje i obrada podataka. Uzorkovanje je provedeno da bi se dobio reprezentativni uzorak korisnika postojećih prijevoznih usluga te osiguralo da se podaci analiziraju na temelju širokog spektra korisnika i njihovih navika. Podaci su obrađeni primjenom programskog okruženja MATLAB.³⁴ Obradeni podaci sadrže informacije o izvorištu i odredištu putovanja, vremenu putovanja i vrsti prijevoznog sredstva koje putnici koriste. Budući da je utvrđeno da je broj prevezenih putnika na udaljenostima većim od 3000 km nedostatan za provedbu kvalitetne statističke analize, u daljnjoj analizi promatrana su putovanja na udaljenostima do 3000 km.

Cilj navedenog istraživanja bio je odrediti dominantnu udaljenost putovanja u međugradskom prijevozu putnika, a takvu udaljenost možemo podijeliti na apsolutnu i relativnu.

Apsolutna dominantna udaljenost putovanja predstavlja interval udaljenosti putovanja u kojemu je udio putovanja određenim modom prijevoza veći od udjela putovanja svim ostalim modovima prijevoza. Relativna udaljenost putovanja predstavlja interval udaljenosti putovanja

³⁴ MATLAB je programski jezik visoke razine i interaktivna okolina za numeričko računanje pomoću koje se mogu analizirati i obrađivati podaci

u kojemu je udio putovanja određenim modom prijevoza u promatranom intervalu udaljenosti veći od udjela putovanja svim ostalim modovima prijevoza u tom intervalu.³⁵

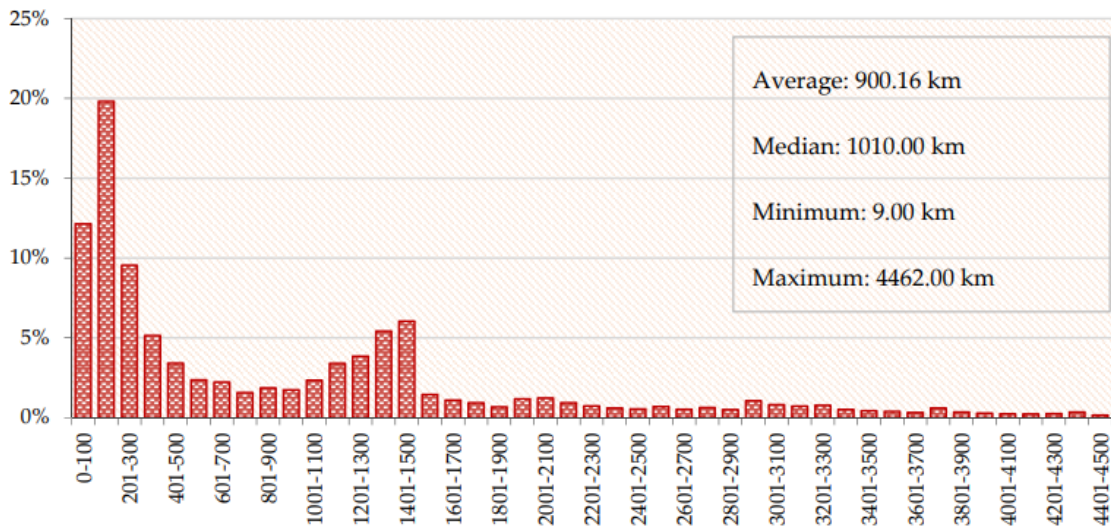
6.1.3. Rezultati istraživanja

Udaljenost putovanja za putnike ima značajan utjecaj na izbor moda prijevoza. Kako bi se jednostavnije pojasnila distribucija udaljenosti putovanja, sva promatrana putovanja su grupirana u intervale od 100 km. Najčešći interval udaljenosti u međugradskom prijevozu putnika uključuje putovanja na udaljenostima od 101-200 km. Veliki udio imaju i putovanja na udaljenostima od 0-100 km te 201-300 km. Kada bi udaljenosti putovanja grupirali u intervale od 300 km umjesto 100 km, tada bi interval udaljenosti od 9-300 km uključivao oko 42 % ukupnih putovanja.

Interval udaljenosti od 0-100 km uključuje oko 12 % putovanja. U intervalu od 101-200 km udio putovanja se povećava na 20 %. Sa druge strane, udio putovanja u intervalu udaljenosti od 201-800 km naglo se smanjuje. Udio putovanja duljine od 800 km do 1500 km relativno je veći u usporedbi sa udjelom putovanja u intervalu od 200 do 800 km. Udio putovanja duljine veće od 1500 km je izuzetno nizak. Minimalna udaljenost putovanja između promatranih gradova je 9 km, a maksimalna udaljenost iznosi 4662 km. Prosječna udaljenost putovanja iznosi 900,16 km. Grafikon na slici 4. prikazuje razdiobu udjela putovanja po intervalima udaljenosti putovanja. Najveći udio međugradskih putovanja u prijevozu putnika odvija se na udaljenostima kraćim od 300 km.³⁶

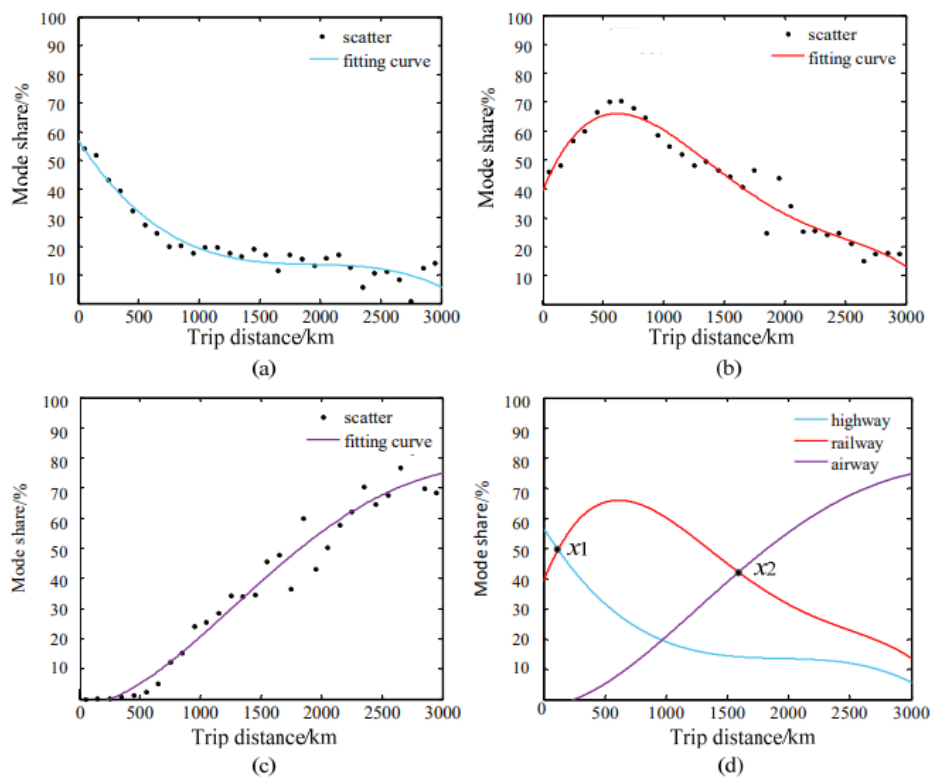
³⁵ Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*; School of Transportation, Southeast University; Nanjing, rujan 2019.

³⁶ Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*; School of Transportation, Southeast University; Nanjing, rujan 2019.



Slika 4. Razdioba udjela putovanja po intervalima udaljenosti putovanja širine 100 km.

Izvor: [21]



Slika 5. Dijagram odnosa udjela korištenja različitih modova prijevoza o duljini putovanja: a) cestovni prijevoz, b) željeznički prijevoz, c) zračni prijevoz, d) kombinirani prikaz promatranih modova prijevoza.

Izvor: [21]

Na slici 5. prikazan je odnos udjela korištenja različitih modova prijevoza o duljini putovanja. Na temelju podataka prikazanih na slici 5.a., vidljivo je da se udio cestovnog prijevoza postepeno smanjuje sa povećanjem udaljenosti putovanja. U intervalu udaljenosti putovanja od 0-300 km, udio korištenja cestovnog prijevoza je veći od 40 %. Udio putovanja cestovnim prijevozom smanjuje se ispod 10 % pri udaljenostima većim od 3000 km, što ukazuje na činjenicu da je cestovni prijevoz prvenstveno prikladan za prijevoz putnika na kratke udaljenosti.

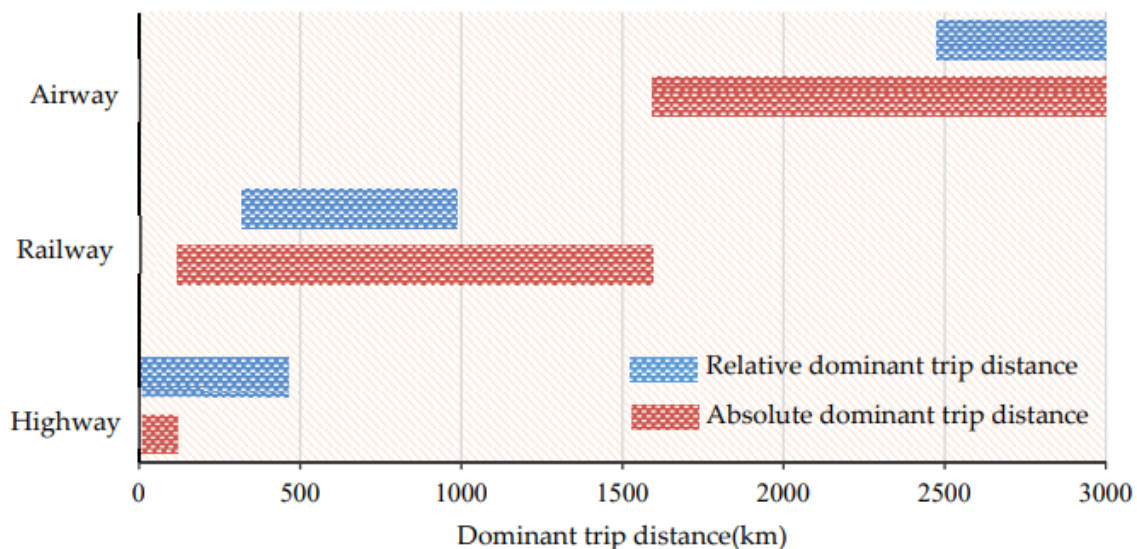
Na slici 5.b. prikazan je odnos između udjela putovanja željeznicom i udaljenosti putovanja. Udio prijevoza željeznicom povećava se u intervalu udaljenosti do 500 km, dostiže svoj maksimum u intervalu udaljenosti od 500 km do 1000 km, nakon čega se spostepeno smanjuje. Udio putovanja željeznicom duljine do 600 km, iznosi 65 %. Unutar intervala udaljenosti do 1650 km, udio željezničkog prijevoza je veći od 40 %. Navedeni podaci pokazuju prikladnost željezničkog prijevoza za kratke i srednje udaljenosti putovanja.

Slika 5.c. pokazuje postepeno povećanje udjela korištenja zračnog prijevoza sa povećanjem udaljenosti putovanja. U intervalu udaljenosti putovanja do 300 km, udio putovanja zračnim prijevozom ne prelazi 1 %. U intervalu udaljenosti putovanja od 300 km do 1500 km, zračni prijevoz koristi 40 % putnika. Udio putovanja zračnim prijevozom povećava se do 75 % kod putovanja duljine oko 3000 km. Navedeni podaci ukazuju na činjenicu da je zračni prijevoz putnika prvenstveno prikladan za velike i jako velike udaljenosti putovanja.

Na slici 5.d. komparativno su prikazani udjeli korištenja sva tri moda prijevoza, ovisno o duljini putovanja. Iz navedenih podataka može se zaključiti da udio korištenja cestovnog, željezničkog i zračnog prijevoza značajno varira ovisno u udaljenosti prijevoza.

U navedenom istraživanju, apsolutna i relativna dominantna udaljenost putovanja u cestovnom, željezničkom i zračnom prijevozu utvrđena je analizom lokacijskih podataka o putovanjima duljine do 3000 km. Željeznički prijevoz ima najveći udio u modalnoj razdiobi putovanja, neovisno o tome promatra li se apsolutna ili relativna dominantna udaljenost putovanja. Međutim, također je utvrđeno da nema značajne razlike između apsolutnih vrijednosti dominante udaljenosti putovanja kod željezničkog i zračnog prijevoza. Također, i kod željezničkog i kod zračnog prijevoza puno je veća apsolutna od relativne dominantne udaljenosti putovanja, dok se kod cestovnog prijevoza uočava znazno veća vrijednost relativne od apsolutne dominantne udaljenosti putovanja. Apsolutna dominantna udaljenost putovanja kod cestovnog prijevoza značajno je manja u odnosu na ostale promatrane modove prijevoza.

Komparativan prikaz utvrđenih apsolutnih i relativnih dominantnih udaljenosti putovanja dat je u tablici 2. i na slici 6.



Slika 6. Komparativan prikaz apsolutne i relativne dominantne udaljenosti putovanja promatranih modova prijevoza za putovanja duljine do 3000 km

Izvor: [21]

Tablica 2. Komparativan prikaz apsolutne i relativne dominantne udaljenosti putovanja u za promatrane modove prijevoza

Izvor: Obrada autora na temelju tablice preuzete iz [21]

| Način prijevoza | Apsolutna dominantna udaljenost putovanja [km] | Relativna dominantna udaljenost putovanja [km] |
|-----------------|--|--|
| Cesta | 8-119 | 8-463 |
| Željeznica | 119-1594 | 318-983 |
| Zrak | 1594-3000 | 2477-3000 |

Utvrđene dominantne udaljenosti putovanja u cestovnom prijevozu pokazuju da je cestovni prijevoz najprikladniji za prijevoz na kratke i srednje udaljenosti, dok su putovanja na veće udaljenosti neekonomična i dugotrajna. Željeznički prijevoz prikladan je za srednje i velike udaljenosti. Prijevoz putnika željeznicom ima komparativno niže troškove prijevoza i veće brzine putovanja u odnosu na cestovni prijevoz. Zračni prijevoz ima značajne prednosti na velikim udaljenostima, prvenstveno zbog velike brzine putovanja. Te prednosti postaju sve

izraženije sa povećanjem udaljenosti putovanja. Mali broj putnika preferira korištenje zračnog prijevoza za putovanja na kratke i srednje udaljenosti zbog visoke cijene putovanja i dugog vremena čekanja u zračnim lukama.

Doprinos navedenog istraživanja prvenstveno se ogleda u razvoju modela za utvrđivanje dominantnih udaljenosti putovanja u međugradskom prijevozu putnika i dobivanju uvida u modalnu razdiobu putovanja ovisno o udaljenosti putovanja na temelju analize lokacijskih podataka sadržanih u Big Data sustavu. Ovo istraživanje uspoređuje udjele korištenja cestovnog, željezničkog i zračnog prijevoza putnika u međugradskom prometu. Pri tome je za svaki promatrani mode prijevoza utvrđena apsolutna i relativna dominantna udaljenost putovanja. Na temelju utvrđenih funkcija modalne razdiobe putovanja u ovisnosti o duljini putovanja moguće je racionalizirati upotrebu postojećih resursa u cestovnom, željezničkom i zračnom prijevozu putnika te uspostaviti pozitivnu konkurenciju između promatranih modova prijevoza. Usporedbom dominantnih udaljenosti putovanja, mogu se utvrditi međugradске putničke linije sa previsokim i preniskim stupnjem iskorištenjem kapaciteta, odnosno uskladiti veličina ponuđene prijevozne usluge (prijevoznih kapaciteta) prema postojećoj prijevoznj potražnji, čime se poboljšava učinkovitost međugradskih putničkih linija i promiče koordinirani razvoj regionalne integracije različitih vidova prometa.³⁷

6.2. Multimodalni mrežni pristup kod izračuna prometne povezanosti u međugradskom prijevozu putnika

U istraživanju provedenom od strane Zhua i ostalih, prikazan je dinamičko-težinski model prometne povezanosti. Koeficijent povezanosti predstavlja umnožak kvalitete i kvantitete prometne povezanosti promatranih gradova. U sklopu provedenog istraživanja izračunati su i uspoređeni koeficijenti prometne povezanosti između 36 gradova (23 najveća grada u Kini i 13 međunarodnih gradova) u željezničkom i zračnom prijevozu putnika, koji u prvom redu uključuju najveća kineska i svjetska ekonomska i gospodarska središta koja imaju i najbolju prometnu povezanost. U istraživanju su promatrane unutarnje relacije između gradova na području NR Kine i vanjske relacije između kineskih gradova i odabranih gradova u svijetu. U razmatranje nisu uzete međusobne relacije između promatranih gradova koji se nalaze izvan područja NR Kine.

³⁷ Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*; School of Transportation, Southeast University; Nanjing, rujian 2019.

6.2.1. Izvor podataka

Podatke o linijama, letovima i poslovima zračnih luka preuzeti su od tvrtke VariFlight Technology³⁸ koja podatkovno pokriva 100 % zračnog prijevoza u Kini. Ujedno, to je i najveća *online* platforma koja sadrži podatke o letovima i putničkim uslugama u zračnom prijevozu u Kini. Podaci za željeznički prijevoz prikupljeni su sa službene *web* stranice kineskog ministarstva nadležnog za željeznički prijevoz. Podaci za ovo istraživanje preuzeti su 11. svibnja 2016. godine za sve relacije između gradova obuhvaćenih ovim istraživanjem.³⁹

6.2.2. Dinamičko-težinski model za izračun koeficijenta povezanosti

Zbog velike količine podataka koji se mogu uzeti u obzir, prilikom razvoja dinamičko-težinskog modela za izračun koeficijenta povezanosti bilo je potrebno pretpostaviti slijedeće:

- putovanja su izravna. Ako određeno ukupno putovanje putnika ima međustanicu, takav slučaj se promatra kao dva odvojena putovanja;
- promatrana su samo putovanja koja se odnose na sustav „vlakova velikih brzina“ (eng. *High-Speed Railway*), dok putovanja standardnim željezničkim vlakovima nisu uzeta u obzir;
- pretpostavlja se da je kapacitet jednog prijevoznog sredstva isti za oba moda prijevoza budući da kapacitet jednog zrakoplova Airbus A380 iznosi oko 40 % putničkog kapaciteta jednog vlaka, dok u željezničkom prijevozu samo 40 % putnika putuje cijelom relacijom od izvorišnog do odredišnog grada (60 % putnika svoje putovanje počinje ili završava na nekoj od međustanica)
- putovanja imaju sezonalni karakter što znači da seiz tjedna u tjedan javljaju slične varijacije u prometnim opterećenjima.

Nakon što su preuzeti svi potrebni podaci, za svaku relaciju izračunati su koeficijenti kapaciteta, vremena putovanja i brzine prijevoza, za posebno za svaki promatrani mod prijevoza. Koeficijenti su neophodni kako bi se normalizirali utjecaji različitih uvjeta u kojima se prijevoz odvija. Sumom umnožaka učestalosti prijevoza i koeficijentata kapaciteta, vremena i brzine dobivene su vrijednosti jedinica povezanosti željezničkog, odnosno zračnog prijevoza za svaku promatranu relaciju. Svaka jedinica povezanosti je zatim ponderirana, odnosno

³⁸ VariFlight Technology je informacijsko-tehnološka kompanija specijalizirana za razvoj softverskih rješenja u zrakoplovnoj industriji i podatkovne usluge vezane za zračni prijevoz.

³⁹ Zhu Z., Zhang A., Zhang Y.: *Connectivity of intercity passenger transportation in China: A multi-modal and network approach*; Sauder School of Business, University of British Columbia; Vancouver, travanj 2017.

dodijeljena joj je „težina“ koja označava omjer vremena putovanja između željezničkog i zračnog prijevoza. Dinamički ponderirana jedinica povezanosti DWCU (*Dynamic Weighted Connectivity Unit*) izračunata je na temelju zbroja ponderiranih jedinica povezanosti željezničkog i zračnog prijevoza na istoj relaciji prijevoza.

Prema definiranom modelu, prometna povezanost pojedinog grada pokazuje njegov geoprometni položaj u odnosu na druge gradove u promatranoj prometnoj mreži. Gradovi s visokim stupnjem povezanosti predstavljaju važniji dio prometne mreže i veća je mogućnost da se istakne kao tranzitni čvor (engl. *hub*). Jedan grad kao jedna točka na mreži može imati više zračnih luka ili željezničkih kolodvora. Stupanj povezanosti unutarnjih (kineskih) gradova sa svim ostalim gradovima na promatranoj prometnoj mreži označen je s DCG jedinicom domaće globalne povezanosti gradova (engl. DCG - *Domestic City Global Connectivity*). DCG jedinica predstavlja jedinicu ukupne povezanosti nekog grada s ostalim članovima prometne mreže. Ukupna povezanost nekog grada prikazana je na temelju sume svih ponderiranih jedinica povezanosti vezanih uz relacije u kojima je taj grad označen kao polazište ili odredište.⁴⁰

6.2.3. Rezultati istraživanja

Tablica 3. sadrži listu prvih jedanaest gradova za koje su utvrđene najviše vrijednosti jedinice povezanosti. U četvrtom i petom stupcu prikazani su utvrđeni udjeli povezanosti ostvarene putem željezničkog i zračnog prijevoza.

⁴⁰ Zhu Z., Zhang A., Zhang Y.: *Connectivity of intercity passenger transportation in China: A multi-modal and network approach*; Sauder School of Business, University of British Columbia; Vancouver, travanj 2017.

Tablica 3. Poredak gradova po jedinici povezanosti

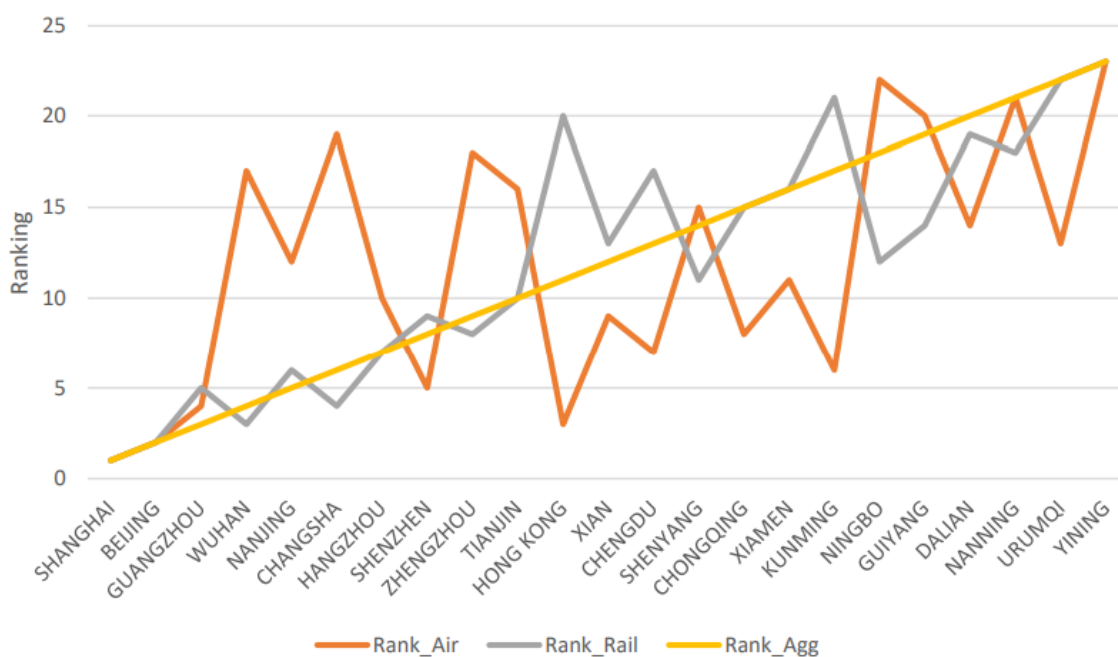
Izvor: Obrada autora na temelju tablice preuzete iz [20]

| Pozicija | Grad | DCG | Zračni prijevoz putnika (%) | Željeznički prijevoz putnika (%) |
|----------|-----------|----------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. | Šangaj | 7324,283 | 47,07 | 52,93 |
| 2. | Peking | 6859,250 | 45,37 | 54,63 |
| 3. | Guangzhou | 5222,059 | 33,56 | 66,44 |
| 4. | Wuhan | 4231,772 | 15,35 | 84,65 |
| 5. | Nanjing | 4173,083 | 18,66 | 81,34 |
| 6. | Changsha | 4139,328 | 14,48 | 85,52 |
| 7. | Hangzhou | 4030,799 | 26,64 | 73,36 |
| 8. | Shenzhen | 3934,420 | 37,70 | 62,30 |
| 9. | Zhengzhou | 3419,829 | 18,67 | 81,33 |
| 10. | Tianjin | 2924,357 | 22,31 | 77,69 |
| 11. | Hong Kong | 2396,591 | 81,93 | 18,07 |

Prema podacima prikazanim u Tablici 3., Šangaj, Peking i Guangzhou su, s obzirom na željeznički i zračni prijevoz putnika najbolje povezani kineski gradovi. Peking i Šangaj su u znatno većoj mjeri povezani zračnim prijevozom u odnosu na ostale gradove u njihovom okruženju. Guangzhou se nalazi u blizini regionalnih središta Hong Konga i Shenzena te s također ima relativno visoki udio prevezenih putnika u zračnom prometu. Hong Kong ima veliki udio zračnog prijevoza, pri čemu je više od 80 % njegove ukupne povezanosti ostvareno putem linija zračnog prijevoza putnika. Hong Kong se ujedno ističe i kao najvažnija međunarodna zračna luka na području Kine. Za razliku od Hong Konga, susjedni grad Shenzhen, s obzirom na zračni prijevoz ima znatno veću unutarnju povezanost i općenito značajno veći udio željezničkog prijevoza putnika. Wuhan, Nanjing, Changsha i Hangzhou vrlo su dobro povezani željezničkim prijevozom. Udio povezanosti tih gradova koja se ostvaruje putem željezničkih linija kreće se u rasponu od oko 73 % do 85 %. Gradovi Shenzhen, Zhengzhou i Tianjin se također najvećim dijelom oslanjaju na željeznički prijevoz.

Slika 7. prikazuje grafikon međusobne prometne povezanosti svih unutarnjih kineskih gradova, uključujući Hong Kong. Na grafikonu je prikazan kumulativan poredek promatranih gradova utvrđen na temelju izračunatih stupnjeva povezanosti za zračni i željeznički prijevoz,

te poredak tih istih gradova utvrđen posebno prema stupnjevima povezanosti za zračni i željeznički prijevoz putnika.

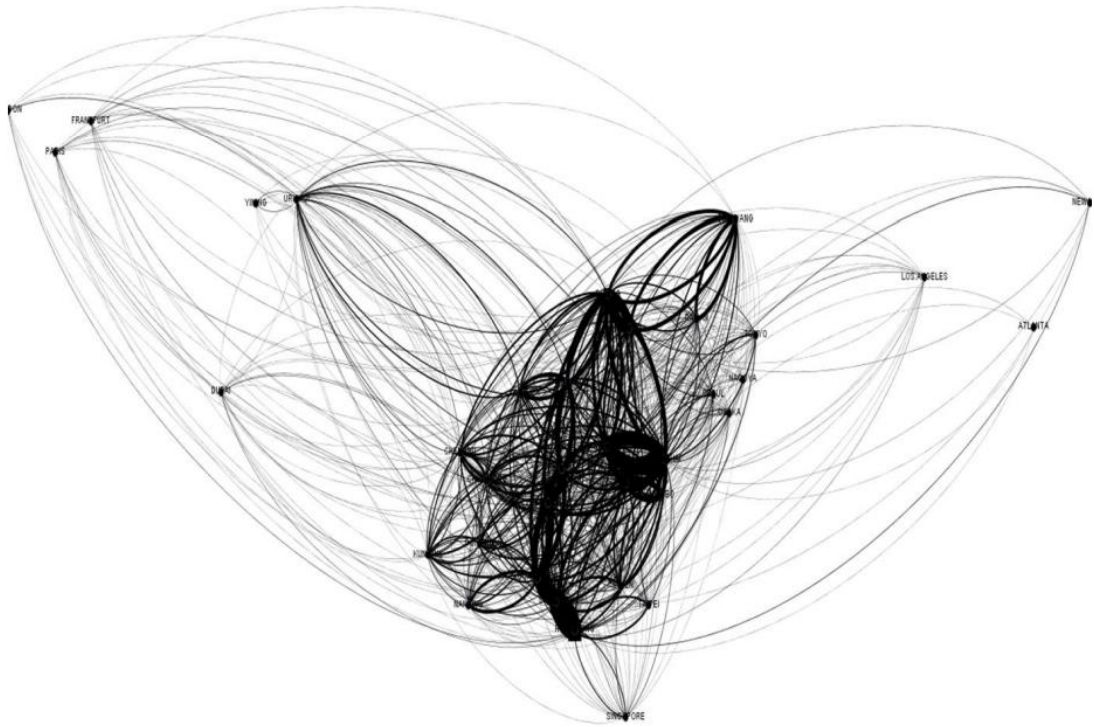


Slika 7. Poredak promatranih gradova utvrđen na temelju izračunatih stupnjeva povezanosti za zračni i željeznički prijevoz (kumulativno i za pojedinačne modove prijevoza)

Izvor: [20]

Na slici 8. dat je grafički prikaz međusobne povezanosti svih promatranih gradova unutar i izvan područja NR Kine, koji predstavljaju tranzitne točke na promatranoj prometnoj mreži. Graf je kreiran u softveru „Gephi“⁴¹.

⁴¹ Gephi je otvoreni softver za vizualizaciju i analizu mreža i grafova. Istražuje i prikazuje složene mrežne strukture u svrhu otkrivanja uzoraka, trendova i odnosa između entiteta u mreži



Slika 8. Graf međusobne povezanosti svih gradova promatranih u sklopu istraživanja ("Gephi" softver)

Izvor: [20]

Tablica 4. Poredak promatranih relacija međugradskog prijevoza utvrđen na temelju ukupne vrijednosti koeficijenta povezanosti zračnim i željezničkim prijevozom.

Izvor: Obrada autora na temelju tablice preuzete iz [20]

| R. br. | Relacija | Koeficijent povezanosti | Zračni prijevoz putnika (%) | Željeznički prijevoz putnika (%) |
|--------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. | Šangaj - Nanjing | 1343,04 | 0,22 | 99,78 |
| 2. | Peking - Tianjin | 1029,79 | 0,00 | 100,00 |
| 3. | Guangzhou - Shenzhen | 996,42 | 0,00 | 100,00 |
| 4. | Šangaj - Hangzhou | 926,70 | 0,00 | 100,00 |
| 5. | Guangzhou - Changsha | 888,92 | 1,50 | 98,50 |
| 6. | Wuhan - Changsha | 808,04 | 0,00 | 100,00 |
| 7. | Peking - Šangaj | 625,89 | 51,32 | 48,68 |
| 8. | Zhengzhou- Wuhan | 599,17 | 0,00 | 100,00 |
| 9. | Guangzhou - Wuhan | 591,27 | 8,54 | 91,46 |
| 10. | Peking - Zhengzhou | 559,98 | 2,92 | 97,08 |

Tablica 4. prikazuje deset najbolje povezanih relacija na promatranoj prometnoj mreži. Šangaj-Nanjing je najbolje povezana relacija međugradskog prijevoza putnika, uglavnom zahvaljujući odličnoj povezanosti u željezničkom prijevozu. Peking-Šangaj je najbolje povezana relacija u zračnom prijevozu. Na temelju provedenih istraživanja utvrđeno je da željeznica ima presudan utjecaj na ukupan stupanj povezanosti relacije. Među prvih deset najbolje povezanih relacija, njih devet u najvećoj mjeri ostvaruje svoju povezanost putem linija željezničkog prijevoza putnika. Pet relacija je povezano isključivo željeznicom, što znači da udio željezničkog prijevoza u ukupnoj jedinici povezanosti na tim relacijama iznosi 100 %.

Prema prethodno provedenim istraživanjima, željeznički prijevoz putnika smatrao se dominantnim na kratkim i srednjim putovanjima (do 700 km udaljenosti). Na temelju istraživanja navedenih u ovom potpoglavlju utvrđeno je da je u Kini prijevoz putnika sustavom vlakova velikih brzina dominantan u odnosu zračni prijevoz sve do 1300 km udaljenosti. To može bitno utjecati na proces planiranja prijevoza putnika u kontekstu koordinacije željezničkog i zračnog prometa. Dinamičko-težinski model povezanosti osim u svrhe planiranja prijevoza može se koristiti i za procjenu mogućih slabosti prometne mreže međugradskog prijevoza putnika te za razvoj strategije za planiranje sigurnosti prijevoza i hitan odziv na

nastanak prometnih nesreća ili drugih izvanrednih okolnosti. Osim toga, navedeni model povezanosti daje i informacije o prometnim opterećenjima na promatranoj prometnoj mreži koje se mogu koristiti za planiranje i izgradnju prometne infrastrukture. Identifikacijom linija s povećanim prometom putnika omogućava se odgovarajuće preusmjeravanje resursa na povećanje kapaciteta i kvalitete usluga na tim linijama.⁴²

6.3. Analiza prostornih i vremenskih karakteristika putovanja u planiranju cestovnog međugradskog prijevoza putnika

Zbog politike smanjene emisije ugljičnog dioksida koju provodi kineska vlada, sve više putnika za međugradska putovanja odabire autobusni prijevoz, umjesto prijevoza osobnim automobilom. Iz tog razloga, kao i zbog pojave pametnih telefona, sve se više koriste aplikacije za planiranje prijevoza i rezervaciju karata. Baze podataka takvih aplikacija omogućuju istraživanje i analiziranje ponašanja i karakteristika putnika na putovanjima te pružaju podršku u odlučivanju i povećanju efikasnosti za različite prijevozničke tvrtke.

6.3.1. Izvor podataka

U istraživanju skupine autora sa Sveučilišta Wenzhou u Kini, kao izvor podataka za provedbu analize putovanja i karakteristika putnika upotrijebljena je baza podataka aplikacije namijenjene za organizaciju turističkih putovanja koja sadrži evidenciju o rezervacijama karata. Prikupljeni podaci uključuju povratna putovanja u međugradskom autobusnom prijevozu putnika u Šangaju i Chongqingu ostvarena tijekom 2019. godine. Prikupljeni podaci su prije analize prethodno obrađeni na platformi za obradu i analizu velikih skupova podataka „Apache Spark“⁴³. Istraživanje je obuhvatilo 1,263,454 putnika s 3,620,287 ostvarenih putovanja iz Šangaja te 774,010 putnika s 1,932,633 ostvarenih putovanja iz Chongqinga.⁴⁴

⁴² Zhu Z., Zhang A., Zhang Y.: *Connectivity of intercity passenger transportation in China: A multi-modal and network approach*; Sauder School of Business, University of British Columbia; Vancouver, travanj 2017.

⁴³ Apache Spark je analitički program otvorenog koda za obradu i analizu velikih skupova podataka. Omogućuje visokoučinkovito izvršavanje računalno intenzivnih zadataka i podržava različite vrste analitičkih radnji.

⁴⁴ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou University of Technology; Wenzhou, rujan 2022.

6.3.2. Metoda istraživanja

U sklopu istraživanja analizirane su karakterističnosti putovanja u međugradskom autobusnom prijevozu za putnike iz Šangaja i Chongqinga.⁴⁵ Šangaj se nalazi na ušću rijeke Jangce i na rubu Istočnog kineskog mora te je smješten u ravničarski dio. Za razliku od Šangaja, Chongqing je smješten u planinski dio kineske pokrajine Sečuan, uzvodno uz Jangce. Dva grada značajno se razlikuju u topografiji, geografskom položaju i razini gospodarskog razvoja. Preuzeti podaci se odnose na datum rezervacije, datum polaska, grad polaska i grad destinacije. Udaljenost putovanja izračunata je prema zemljopisnoj širini i dužini grada polaska i grada destinacije. Polazni gradovi u ovom istraživanju su spomenuti Šangaj i Chongqing, a destinacije su ostali gradovi u Kini. Prikupljeni podaci su analizirani te klasificirani po prostornim i vremenskim karakteristikama. Prostorna karakteristika podataka odnosi se na raspodjelu udaljenosti putovanja. Vremenska karakteristika odnosi se na vremenski interval između rezervacije karata i samog putovanja te na mjesečni udio putovanja u ukupnom godišnjem prijevozu putnika.

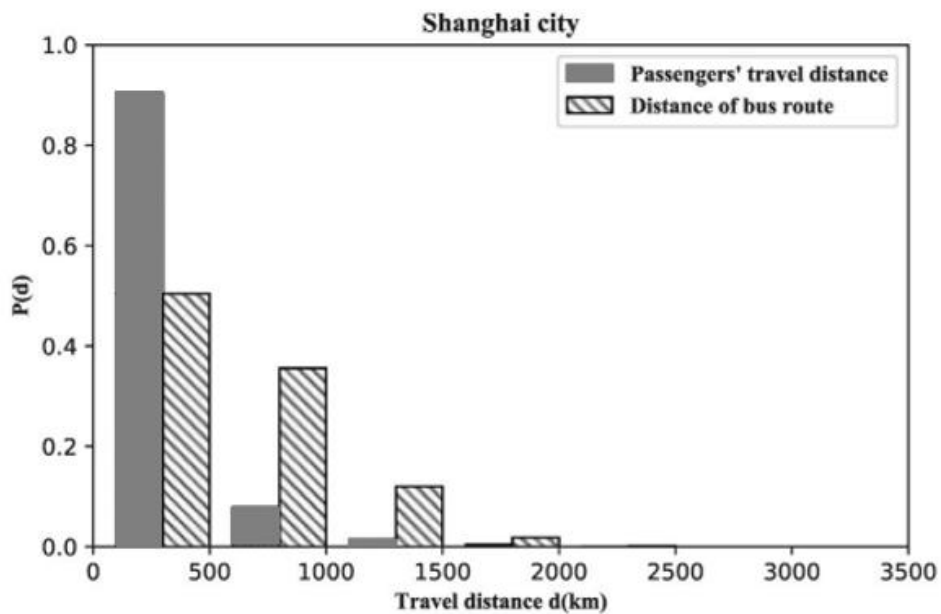
6.3.3. Rezultati istraživanja

6.3.3.1. Distribucija udaljenosti putovanja

U ovom istraživanju uspoređene su prijedene udaljenosti tijekom putovanja putnika i duljine autobusnih linija. Putovanje putnika se pri tome odnosi na ukupno putovanje od polazišta do odredišta putovanja, a duljina autobusne linije predstavlja udaljenost od početne do posljednje stanice na relaciji na kojoj se obavlja prijevoz.

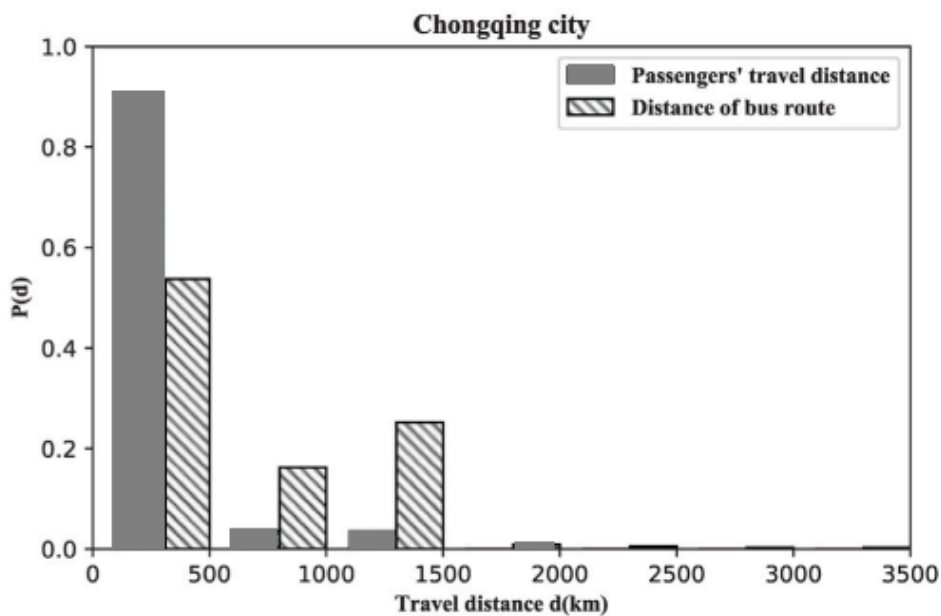
U oba dva promatrana grada, većina putnika putuje na udaljenosti od 100-1000 km, a manji broj putnika u Šangaju putuju na udaljenosti manje od 100 km (uglavnom iz razloga što su okolni gradovi na udaljenosti manjoj od 100 km). Udaljenost putovanja uvelike ovisi o duljini linije na kojoj se obavlja autobusni prijevoz. Udaljenosti koje su uzete u razmatranje podijeljene grupirane su u intervale: 0-500 km, 500-1000 km i 1000-1500 km.

⁴⁵ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou University of Technology; Wenzhou, rujan 2022.



Slika 9. Odnos udaljenosti putovanja putnika i duljine relacije međugradskog autobusnog prijevoza iz grada Šangaja

Izvor: Obrada autora na temelju slike preuzete iz [10]



Slika 10. Odnos udaljenosti putovanja putnika i duljine relacije međugradskog autobusnog prijevoza grada Chongqing

Izvor: Obrada autora na temelju slike preuzete iz [10].

Na slikama 9. i 10. na apcisi su prikazani intervali udaljenosti putovanja, a na ordinati vjerojatnost odvijanja putovanja. Za svaki interval udaljenosti prikazana su dva stupca koja komparativno prikazuju udaljenost prijeđenu od strane putnika i duljinu linija na kojima autobusni prijevoznici obavljaju prijevoz. Najveći udio putovanja nalazi se unutar intervala 0-500 km. U tom intervalu putnici u prosjeku prelaze veće udaljenosti od duljina postojećih autobusnih linija. U Šangaju, duljina autobusnih linija vezanih uz interval udaljenosti putovanja 0-500 km ne razlikuju se mnogo od duljina autobusnih linija u intervalu 500-1000 km, za razliku od udaljenosti putovanja putnika koje se značajno razlikuju između ta dva intervala. Vjerojatnost prelaska udaljenosti u intervalu 0-500 km iznosi oko 0,9, dok u intervalu 500-1000 km ta vjerojatnost iznosi oko 0,1. Na temelju prikazanih podataka može se zaključiti da sa povećanjem udaljenosti putovanja, naglo pada vjerojatnost potražnje i ponude za prijevozom.

Slične karakteristike razdiobe duljina putovanja i duljina autobusnih linija utvrđene su i za grad Chongqing. Pri tome vjerojatnost odvijanja putovanja na udaljenosti u intervalu od 0-500 km iznosi 0,9 (90%) kao i kod Šangaja. Također, sa povećanjem udaljenosti putovanja dolazi i do naglog pada vjerojatnosti ostvarenja putovanja, odnosno do pada prijevozne potražnje. Razlika u odnosu na Šangaj nalazi se u tome što u ovome slučaju pri povećanju udaljenosti putovanja ne dolazi do proporcionalnog pada duljine linija autobusnog prijevoza, odnosno pada prijevozne ponude. Prijevozna ponuda za udaljenosti 1000-1500 km je veća od prijevozne ponude na udaljenostima 500-1000 km. Iz toga se može zaključiti da se u intervalu udaljenosti putovanja do 500 km javlja nedostatak prijevoznog kapaciteta, dok na drugim intervalima udaljenosti postoji višak prijevoznog kapaciteta.

Na temelju prikazanih rezultata istraživanja može se pretpostaviti da je autobus kao prijevozno sredstvo pogodan za prijevoz na kratkim udaljenostima. Iz toga bi razloga trebalo povećati prijevoznu ponudu na kraćim udaljenostima (0-500 km) kako bi se u potpunosti zadovoljila postojeća prijevozna potražnja. Duljine autobusnih linija nisu usklađene s udaljenostima koji putnici prelaze ni kod većih intervala udaljenosti putovanja. Kod putovanja duljih od 500 km, prijevozna ponuda je veća nego što bi trebala biti. Zbog toga bi prijevoznici svoje prijevozne kapacitete trebali preusmjeriti na kraće udaljenosti.⁴⁶

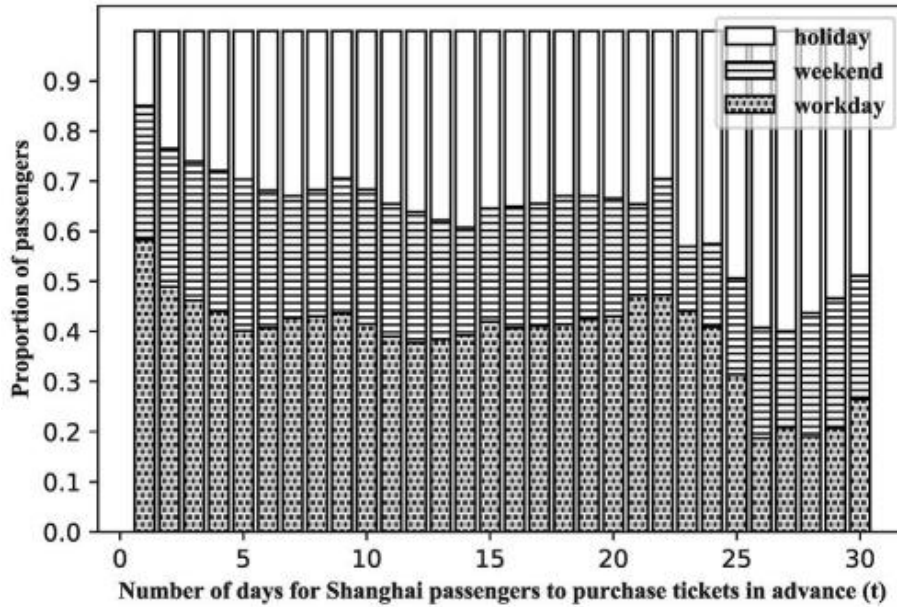
⁴⁶ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou Univeristy of Technology; Wenzhou, rujan 2022.

6.3.3.2. Vremenski interval između rezervacije karata i putovanja

U sklopu ovog istraživanja pretpostavljeno je da je putovanje planirano kada se karte za prijevoz rezerviraju unaprijed. Kada se karte rezerviraju netom prije putovanja, onda se putovanje smatra neplaniranim ili iznenadnim. Broj dana ili vrijeme između rezervacije karte i samog putovanja bitna je vremenska karakteristika putovanja koja se analizirala u ovom istraživanju.⁴⁷ Vjerojatnost rezervacije karata najveća je dan prije putovanja. Cijena autobusne karte ne mijenja se tako često, kao npr. cijena avionske karte, pa putnici koji karte kupuju unaprijed ne čine to zbog uštede. Postupak rezervacije karata unaprijed može odražavati planiranje ili hitnost tog putovanja. Putnici koji karte rezerviraju unaprijed najčešće to čine za putovanja koja su planirana u vrijeme blagdana ili neradnih dana. Putnici koji karte ne rezerviraju unaprijed to uglavnom čine za putovanja u radnim danima.

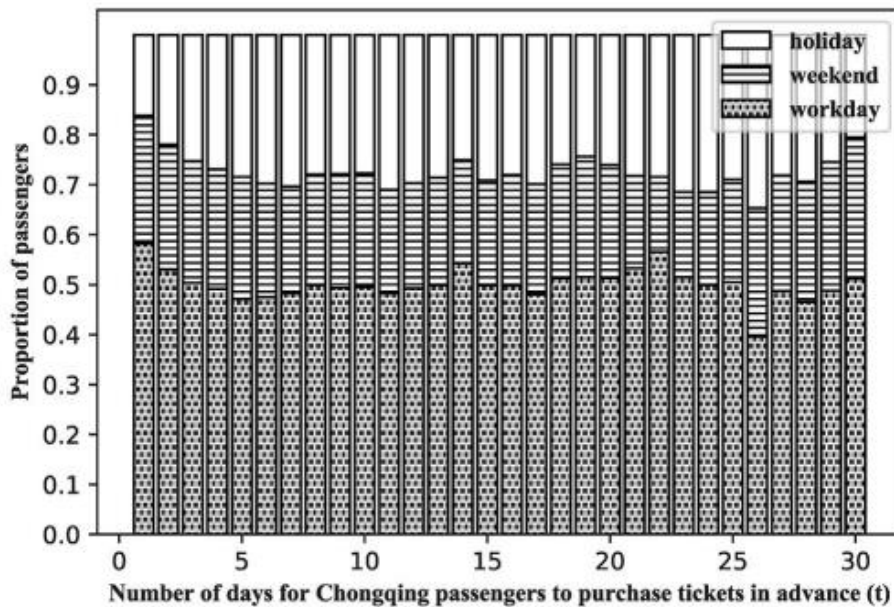
U ovom istraživanju dani putovanja podijeljeni su u tri kategorije: radne dane, dane vikenda i blagdane. Cilj istraživanja bio je utvrditi postoji li razlika u vremenu rezervacije karata za određene kategorije dana. Slika 11. i slika 12. prikazuju omjer rezervacija autobusnih karata po navedenim kategorijama u vremenskom periodu od 30 dana prije planiranog putovanja.

⁴⁷ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou Univeristy of Technology; Wenzhou, rujan 2022.



Slika 11. Grafički prikaz omjera rezervacije karata u vremenskom periodu od 30 dana prije planiranog putovanja u Šangaju.

Izvor: [10]



Slika 12. Grafički prikaz omjera rezervacija karata u vremenskom periodu od 30 dana prije planiranog putovanja u Chongqingu.

Izvor: [10]

Za oba grada dinamika vremena rezervacije karata je slična, iako putnici iz Šangaja češće karte rezerviraju unaprijed kada putovanje planiraju u vrijeme blagdana. Više od 50 %

putnika iz Šangaja planira putovanje u vrijeme blagdana te karte rezerviraju 25-30 dana unaprijed. Razlog tome može biti zabrinutost da karte neće biti u mogućnosti rezervirati u vremenu neposredno prije putovanja. Također, rezervacija karata unaprijed omogućuje optimalno planiranje putovanja za putnike koji presjedaju te koriste više modova prijevoza. Na temelju pravovremene rezervacije karata, takvi putnici mogu unaprijed organizirati plan cijelog putovanja, odabrati sjedala te izbjeći brigu i stres oko pronalaska raspoloživog prijevoza u posljednjem trenutku.

Ukoliko poznaju navike putnika u procesu rezervacije karata, prijevoznici mogu učinkovitije planirati kapacitete prijevoza i prilagoditi svoje resurse kako bi u što većoj mjeri zadovoljili postojeću prometnu potražnju i osigurali dovoljan broj mjesta za prijevoz. Time ujedno povećavaju učinkovitost i iskoristivost svojih prijevoznih sredstava. Mogućnost rezervacije karata unaprijed prijevoznicima omogućuju veću financijsku sigurnost te bolje planiranje prihoda i upravljanje financijama.⁴⁸

6.3.3.3. Omjer ostvarenih putovanja u kalendarskoj godini

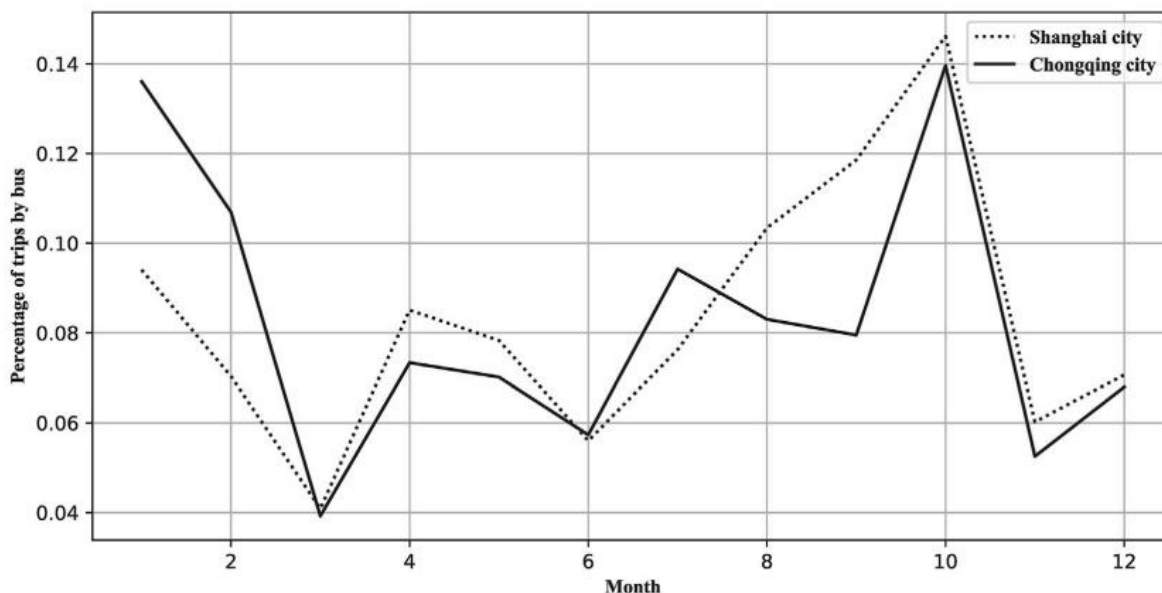
U ovom istraživanju, uz prethodno navedeno analizirana je i razdioba broja ostvarenih putovanja po mjesecima u jednoj kalendarskoj godini.⁴⁹ U Kini se kolektivno slavi nekoliko blagdana u kalendarskoj godini, a neki od njih su kineska Nova godina, Dan državnosti i Qingming festival. Za blagdan Nove godine, koja se 2019. slavila 4. veljače, mnogi su putnici ranije rezervirali kartu za prijevoz. Vrhunac planiranih putovanja bio je krajem siječnja. Dan državnosti slavio se u listopadu, a Qingming festival u travnju.

Slika 13. prikazuje udio ostvarenih putovanja po mjesecima. Najveći udio putovanja za oba grada je ostvaren tijekom siječnja i listopada. Udio putovanja u vremenskom razdoblju od srpnja do listopada značajno varira. Prema podacima za grad Chongqing, broj putovanja u srpnju veći je od broja putovanja u kolovozu i rujnu. U Šangaju, broj putovanja nastavio je rasti od srpnja sve do listopada. Pretpostavka je da su u tom razdoblju, koje se poklapa sa školskim praznicima, roditelji s djecom putovali u Šangaj te koristili međugradski cestovni prijevoz za posjet gradovima koji su u blizini Šangaja. Rezultati ukazuju da bi tijekom razdoblja blagdana

⁴⁸ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou Univeristy of Technology; Wenzhou, rujan 2022.

⁴⁹ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou Univeristy of Technology; Wenzhou, rujan 2022.

i školskih praznika autobusne tvrtke trebale povećati koncentraciju svojih kapaciteta u Šangaju i povećati ponudu prijevoza.



Slika 13. Udio ostvarenih putovanja po mjesecima za Šangaj i Chongqing

Izvor: [10]

Za siječanj i listopad tijekom kojih je ostvaren najveći broj putovanja, utvrđena je razdioba udaljenosti putovanja (Tablica 4). Udio putovanja kraćih od 500 km, s polazištem u gradu Šangaju iznosi 77 % u siječnju te 89 % u listopadu, dok udio putovanja te duljine, s polazištem u gradu Chongqingu iznosi 89 % u siječnju te 93 % u listopadu.

Udio putovanja duljine od 100-300 km, s polazištem u gradu Chongqingu kreće se u rasponu od 73-78 %, dok je udio svih ostalih putovanja malo veći od 20 %. Razdioba putovanja po udaljenostima, sa izvorištem u gradu Šangaju je ravnomjernije distribuirana, pri čemu se najveći udio putovanja javlja na udaljenostima od 200-300 km, tijekom mjeseca siječnja i listopada. Podaci pokazuju da su putnici u najvećoj mjeri skloni putovati na kratke udaljenosti, što je karakteristično za autobusni prijevoz.⁵⁰

⁵⁰ Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou University of Technology; Wenzhou, rujan 2022.

Tablica 5. Komparativni prikaz razdioba putovanja po udaljenostima za putovanja sa izvorištima u gradovima Šangaju i Chongqingu ostvarenih tijekom siječnja i listopada

Izvor: Obrada autora na temelju tablice preuzete iz [10]

| | siječanj | | Listopad | |
|---------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Šangaj | Chongqing | Šangaj | Chongqing |
| $d \leq 100$ [km] | 12 % | 7 % | 16 % | 6 % |
| $100 < d \leq 200$ [km] | 29 % | 41 % | 43 % | 36 % |
| $200 < d \leq 300$ [km] | 13 % | 32 % | 13 % | 45 % |
| $300 < d \leq 400$ [km] | 13 % | 6 % | 10 % | 8 % |
| $400 < d \leq 500$ [km] | 10 % | 1 % | 7 % | 1 % |
| $500 < d \leq 1000$ [km] | 18 % | 4 % | 10 % | 4 % |
| $1000 < d \leq 2000$ [km] | 5 % | 7 % | 1 % | 3 % |

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su mogućnosti upotrebe velikih skupova podataka u procesu prijevoza putnika, i to prvenstveno u međugradskom prijevozu, ali i druge mogućnosti njihove primjene. Kako se tehnologija još uvijek razvija, s njom se paralelno razvija i znanje o njezinoj upotrebi pa u budućnosti možemo očekivati sve veći utjecaj Big Data tehnologije na prijevozne procese, kao i na sve druge segmente poslovanja i života općenito. Big Data tehnologija, odnosno sustavi velikih skupova podataka već su nekoliko godina prisutni kao sudionik na poslovnom tržištu. Gotovo sva velika poduzeća u svijetu su prihvatila velike skupove podataka kao tehnologiju od koje potencijalno mogu imati velike koristi u ostvarenju profita i povećanju razine usluge. Već sada je dio ljudskih i financijskih resursa namijenjen razvoju primjene velikih skupova podataka u poslovanju. Paralelno s rastom primjene velikih skupova podataka, raste i pojava kompanija koje su se specijalizirale za implementaciju te tehnologije u svakodnevno poslovanje, dok korporacije, vlade, razne institucije i pojedinci koriste njihove usluge.

Ovim radom prikazane su mogućnosti upotrebe velikih skupova podataka, opisana je njihova uloga u nastajanju „pametnih“ gradova i izgradnji inteligentnih prometnica te su obrađena tri slučaja primjene Big Data sustava u planiranju međugradskog prijevoza putnika u NR Kini. Kina se, u odnosu na druge zemlje, pokazala kao predvodnik u praktičnoj primjeni Big Data tehnologije, odnosno u prikupljanju, obradi, analizi i uporabi podataka sadržanih u velikim skupovima podataka u svrhu poboljšanja i optimizacije prijevoznih procesa. U radu se koriste podaci temeljeni na lokaciji, koji su dobiveni putem pametnih telefona i/ili društvenih mreža. Takav oblik prikupljanja podataka je efikasniji i jeftiniji od provedbe tradicionalnih anketa i upitnika. Veliki skupovi podataka koriste se i u mnoge druge svrhe, ali ovaj rad je prvenstveno usmjeren na prikaz značaja velikih skupova podataka u planiranju prijevoza putnika.

U međugradskom prijevozu putnika javljaju se problemi niske učinkovitosti ili pretjerane iskorištenosti prijevoznih sredstava. Taj problem moguće je riješiti pravilnom preraspodjelom udjela putovanja po različitim modovima prijevoza. U ovom radu su komparativno prikazane i dominantne udaljenosti putovanja u cestovnom, željezničkom i zračnom prijevozu putnika. Svaki mod prijevoza ima svoju apsolutnu i relativnu dominantnu udaljenost putovanja na temelju kojih je moguće racionalno i pravilno raspodijeliti resurse međugradskog prijevoza putnika. U Kini, željeznica se pokazala kao dominantan oblik

prijevoza, s obzirom na obje vrste dominantne udaljenosti putovanja (apsolutnu i relativnu). Željeznica je najprikladnija za prijevoz na srednje udaljenosti, dok na kratkim i velikim udaljenostima također konkurrira cestovnom i zračnom prijevozu. To ukazuje na razvijenost mreže željezničkih linija koja povezuje velik broj gradova, kao i na integraciju i dobru povezanost s drugim vidovima prijevoza.

Dinamičko-težinski model povezanosti omogućava izračun i međusobnu usporedbu koeficijentata prometne povezanosti. Korisnost ovog modela proizlazi iz činjenice da istim uzimaju u obzir kompleksnosti i promjene u prijevoznj potražnji i preferencijama putnika, omogućuje se planiranje prometne infrastrukture i identifikacija područja koja zahtijevaju veću razinu povezanosti. U ovom radu provedena je komparativna analiza koeficijentata prometne povezanosti utvrđenih za gradove Peking, Šangaj, Wuhan, Guangzhou i Nanjing, koji predstavljaju najveća kineska regionalna, ekonomska i gospodarstvena središta koja ujedno imaju i najbolju prometnu povezanost. Zasebno su istraženi koeficijenti povezanosti gradova i svake pojedine relacije prijevoza između svakog para izvorišnog i odredišnog grada. Najveći utjecaj na postojeći stupanj prometne povezanosti promatranih gradova u Kini ima željeznički prijevoz. Željeznički prijevoz nije dominantan samo na kratkim i srednjim udaljenostima kako se prethodno smatralo, već je konkurentan zračnom prijevozu na udaljenostima sve do 1300 km, a razlog tome je razvijeni sustav željezničke mreže i vlakova velikih brzina.

Zbog smanjena emisije ugljičnog dioksida, sve više putnika u cestovnom međugradskom prometu odabire prijevoz autobusom umjesto prijevoza osobnim automobilom. U trećem primjeru primjene Big Data sustava, u kojem su promatrani gradovi Šangaj i Chongqing, u ovom prikazana je nekompatibilnost između prijevozne ponude i prijevozne potražnje. Na temelju provedenih istraživanja utvrđeno je da je potrebno povećati prijevoznju ponudu na kraćim udaljenostima kako bi se zadovoljila postojeća prijevozna potražnja te smanjiti ponudu na većim udaljenostima kako bi se smanjili troškovi prijevoza, odnosno optimizirao prijevozni sustav. Optimizacija prijevoznih sustava može se postići i planiranjem kapaciteta prijevoznih sredstava temelju podataka o očekivanoj prijevoznj potražnji koju je moguće utvrditi temeljem broja karata koje su rezervirane unaprijed. Putnike treba poticati na raniju rezervaciju karata sniženim cijenama i ostalim prikladnim stimulativnim mjerama. Na taj način prijevoznici mogu planirati kapacitet prijevoznih sredstava i povećati razinu kvalitete pružene prijevozne usluge. U vrijeme blagdana može se očekivati povećana potražnja za prijevozom pa u skladu s time treba povećati i prijevoznju ponudu. Za autobusni prijevoz ponudu treba povećati na kratkim relacijama.

Kombiniranjem podataka sadržanih u navedenim Big Data sustavima prijevoznici mogu optimizirati proces prijevoza putnika na temelju boljeg planiranja i usmjeravanja prometa. Primjenom podataka ekstrahiranih iz Big Data sustava mogu se identificirati optimalne rute prijevoza sa kojima se minimizira vrijeme putovanja i štede resursi. Podaci o prijevoznjoj ponudi i potražnji pružaju uvid u broj putnika koji koriste određenu rutu u različitim vremenskim periodima, pa je prijevozničkim poduzećima na temelju tih podataka lakše prilagoditi kapacitete i odrediti broj potrebnih vozila na svakoj liniji. Veliki skupovi podataka omogućavaju provedbu detaljne analize karakteristika prometnih tokova u mreži i prilagodbu prijevoznih usluga i prometne infrastrukture na način da prometni sustav može brže i učinkovitije odgovoriti na stvarne potrebe korisnika prijevozne usluge.

Strategijom prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.) definirana je potreba za poboljšavanjem sustava za prikupljanje podataka radi lakšeg pristupa podacima. Potrebno je razmotriti mogućnost planiranja centralne pristupne točke kao jedinstvenog mjesta prikupljanja i distribucije prometnih podataka u Republici Hrvatskoj. Nove tehnologije omogućuju prikupljanje podataka u realnom vremenu i kontrolu prometnih uvjeta i korištanja javnog prijevoza. U cilju iskorištavanja prednosti novih tehnologija planiran je razvoj centraliziranog upravljanja javnim prijevozom iz centara opskrbljenih najnovijim ITS uređajima. Nova sredstva javnog prijevoza također moraju biti adekvatno opremljena. ITS platforme su potrebne za planiranje putovanja, a prometna signalizacija treba biti modernizirana i integrirana u središnji sustav upravljanja. Ovim mjerama moguće je unaprijediti kvalitetu planiranja i nadzora javnog prijevoza, korištenja informacija, prometne kontrole i prikupljanja podataka o zagušenosti prometa i vremenu dolaska vozila javnog prijevoza. Upravljanje i nadzor prometa ima posebnu važnost pri upravljanju incidentnim situacijama i prometnim gužvama na vrhuncu turističke sezone. Postojeći vozni park javnog prijevoza u Republici Hrvatskoj je zastario i temelji se na zastarjeloj i neučinkovitoj tehnologiji. U cilju povećanja konkurentnosti sredstava javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile neophodno je modernizirati vozni park i osigurati najviše standarde kvalitete, sigurnosti i ekološke zaštite te dostupnost osobama sa smanjenom mobilnošću. Razvoj prometne infrastrukture mora biti popraćen komplementarnim politikama upravljanja mobilnosti i intervencijama zajedno sa odgovarajućom ITS infrastrukturom. Na temelju navedenog, u svrhu optimizacije postojećih prijevoznih usluga u Republici Hrvatskoj predlaže se:

- poboljšanje sustava za prikupljanje podataka

- planiranje centralne pristupne točke kao jedinstvenog mjesta prikupljanja i distribucije prometnih podataka
- razvoj centraliziranog upravljanja javnim prijevozom
- uvođenje ITS platformi za potrebe planiranja putovanja
- modernizacija prometne signalizacije
- modernizacija voznog parka

Nije bitna samo količina podataka, već i brzina akumuliranja i raznolikost prikupljenih podataka. Primjeri upotrebe velikih skupova podataka pokazuju da se u današnje vrijeme podaci generiraju neprestano i velikim količinama. Potrebno je što prije početi s obrazovanjem kadra koji će se na ispravan i etičan način moći nositi s obradom prikupljanjem, analiziranjem, upravljanjem i vizualizacijom podataka. Vrijedne informacije koje pružaju veliki skupovi podataka mogu poboljšati planiranje prijevoza i omogućiti personalizaciju usluga te povećati učinkovitost prijevoznog sustava. Analiza velikih skupova podataka pomaže u donošenju informiranih odluka koje rezultiraju održivim prijevozom, smanjenim troškovima i boljim iskustvom putovanja.

POPIS LITERATURE

Knjige:

- [1] Brčić D., Ševrović M.: *Logistika prijevoza putnika*; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; Zagreb 2012.
- [2] Kelleher J. D., Tierney B.: *Znanost o podacima*; Massachusetts Institute of Technology; Cambridge, 2018
- [3] Kocijan K.: *Komunikacijski obrasci i informacijska znanost*; Zavod za informacijske studije; Zagreb, 2014.
- [4] Malić A.: *Prijevozna potražnja u međumjesnom cestovnom putničkom linijskom prometu*; Zagreb, 1999.
- [5] Mrnjavac E.: *Promet u turizmu*; Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Sveučilište u Rijeci; Opatija, 2006.
- [6] Regodić D.: *Logistika*; Fakultet za informatiku i menadžment, Univerzitet Sigidunum; Beograd, 2010.
- [7] Zelenika R. : *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet u Rijeci; Rijeka, 2005.

Znanstveni članci:

- [8] Aalto Capital: *Big Data Transforming the Transport Sector*; Big Data and the Transport Sector; London, srpanj 2020.
- [9] Breyer N., Gundlegard D., Rydergren C.: *Travel mode classification of intercity trips using cellular network data*; Linköping University, Linköping, Švedska; rujan 2020.
- [10] Han S. Y., Zhan J. C., Xie C. H., Wang Z.: *Features of intercity bus passenger group mobility behaviors in the context of smart tourism*; School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou Univeristy of Technology; Wenzhou, rujan 2022.
- [11] Hatzioannidu F., Polydoropoulou A.: *Passenger demand and patterns of Tourists mobility in the Aegean Archipelgo with combined use of Big Datasets from mobile phone and statistical data from ports and airports*; University of the Aegean, Hij, Grčka; srpanj 2016.
- [12] Iliashenko O., Iliashenko V., Lukyachenko E.: *Big Data in Transport Modelling and Planning*; St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; svibanj 2020.
- [13] Jović M., Tijan E., Marx R., Gebhard B.: *Big Data Management in Maritime Transport*; Pomorski zbornik br. 57, Sveučilište u Rijeci, Rijeka; prosinac 2019.
- [14] Odiari E., Birkin M.: *Simulating micro-level attributes of railway passengers using Big Data*; Journal of Urban Mobility; prosinac 2022.
- [15] Reinsel D., Gantz J., Rydining J.: *The Digitalization of the World*; Data Age 2025, International Data Corporation, studeni 2018.
- [16] Riahi Y., Riahi S.: *Big Data and Big Data Analytics: Concepts, Types and Technologies*; International Journal of Research and Engineering, listopad 2018.

- [17] Ruiz T., Mars L., Arroyo R., Serna A.: *Social Networks, Big Data and Transport Planning*; XII Conference on Transport Engineering, Valencia, Španjolska; lipanj 2016.
- [18] Serna A., Gašparović S.: *Transport Analysis Approach Based on Big Data and Text Mining analysis from Social Media*; XIII Conference on Transport Engineering, Gijon, Španjolska, lipanj 2018.
- [19] Spengler S., Kalyanasundaram B., Xu H., Carver D., Misawa E., McCarney P.: *Critical Techniques and Technologies for Advancing Big Data Science & Engineering (BIGDATA)*; The National Science Foundation; Arlington, Virginia, SAD; lipanj 2014.
- [20] The International Transport Forum: *Big Data for Travel Demand Modelling: Summary and Conclusions*, No. 186, OECD Publishing; Paris, svibanj 2021.
- [21] Zhu Z., Zhang A., Zhang Y.: *Connectivity of intercity passenger transportation in China: A multi-modal and network approach*; Sauder School of Business, University of British Columbia; Vancouver, travanj 2017.
- [22] Xiang, Y., Xu C., Yu W., Wang S., Hua X., Wang W.: *Investigating Dominant Trip Distance for Intercity Passenger Transport Mode Using Large-Scale Location-Based Service Data*, School of Transportation, Southeast University, Nanjing, rujanj 2019.

Internet stranice:

- [23] Gewirtz, D.: "Volume, velocity, and variety: Understanding the three V's of big data", ZDNET, 21.03.2018. [Na internetu], Dostupno: <https://www.zdnet.com/article/volume-velocity-and-variety-understanding-the-three-vs-of-big-data/> [pristupano: 20.1.2023.]
- [24] SAP Business Technology Platform: „What is Big Data?“, SAP, [Na internetu] Dostupno: <https://www.sap.com/africa/products/technology-platform/what-is-big-data.html> [pristupano: 21.1.2023.]
- [25] Munoz Lopez, J.: „A Taxonomy of Big Data as a Source to Produce Statistical Information“, LinkedIn, 4.10.2014. [Na internetu], Dostupno: <https://www.linkedin.com/pulse/20141004145540-16145380-a-taxonomy-of-big-data-as-a-source-to-produce-statistical-information> [pristupano: 24.7.2023.]
- [26] Chai, W.: „Big Data Analytics“, TechTarget, prosinac 2021. [Na internetu], Dostupno: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/big-data-analytics> [pristupano: 21.1.2023.]

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Rast količine podataka kroz godine | 18 |
| Slika 2. 5V koncept | 20 |
| Slika 3. Izvori velikih skupova podataka | 22 |
| Slika 4. Udio putovanja po udaljenostima u rasponu od 100 km..... | 41 |
| Slika 5. Dijagram ovisnosti modaliteta prijevoza o udaljenosti prijevoza: a) cestovni prijevoz, b) željeznički prijevoz, c) zračni prijevoz, d) kombinirani prikaz modaliteta | 41 |
| Slika 6. Apsolutna i relativna daljina putovanja različitih modaliteta prijevoza na udaljenosti 0-3000 km | 43 |
| Slika 7. Ukupni poredak međusobne povezanosti i pozicije po svakom modalitetu prijevoza zasebno | 48 |
| Slika 8. Graf međusobne povezanosti svih gradova u istraživanju ("Gephi" softver)..... | 49 |
| Slika 9. Udaljenosti putovanja putnika i duljine relacije autobusnog prijevoza iz grada Šangaja | 53 |
| Slika 10. Udaljenosti putovanja putnika i duljine relacije autobusnog prijevoza grada Chongqing | 53 |
| Slika 11. Grafički prikaz rezervacije karata za vremenski period od 30 dana prije putovanja u Šangaju..... | 56 |
| Slika 12. Grafički prikaz rezervacija karata za vremenski period od 30 dana prije putovanja u Chongqingu..... | 56 |
| Slika 13. Udio ostvarenih putovanja po mjesecima za Šangaj i Chongqing..... | 58 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Primjeri prikupljenih podataka..... | 39 |
| Tablica 2. Apsolutna i relativna dominantna udaljenost putovanja u odnosu na modalitet prijevoza | 43 |
| Tablica 3. Poredak gradova po jedinici povezanosti..... | 47 |
| Tablica 4. Poredak relacija po ukupnom koeficijentu povezanosti zračnog i željezničkog prijevoza putnika | 50 |
| Tablica 5. Distribucija putovanja po udaljenostima za siječanj i listopad | 59 |

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

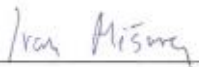
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Diplomski rad isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom „Korištenje velikih skupova podataka (Big Data) u procesu planiranja međugradskog prijevoza putnika“, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 23.8.2023.

Student/ica:



(ime i prezime, potpis)