

Optimizacija procesa isporuke u logistici korištenjem metoda napredne analitike i interaktivne vizualizacije

doc.dr.sc. Leo Mršić

Visoko Učilište Algebra

Zagreb, Republika Hrvatska

leo.mrsic@algebra.hr

Sažetak. Rad se temelji na istraživanju i pokaznom konceptu s ciljem identifikacije i predstavljanja poslovne vrijednosti kroz optimizaciju u procesu isporuke u logistici, korištenjem napredne analitike i interaktivne vizualizacije. Postoji nekoliko uobičajenih pristupa koji se koriste za teme optimizacije u logistici, uključujući problem s putujućim prodavačem (TSP) koji ima različite primjene čak i u najuređenijim sastavima. Koristeći uobičajena načela, rad opisuje poslovnu vrijednost koja se može stvoriti korištenjem napredne analitike i interaktivne vizualizacije, pokazuje kako strukturirati korake kao najbolju praksu za postizanje uspjeha i koje se sve dodatne koristi mogu očekivati podržavanjem ovog pristupa. Nadogradnja sustava predstavljena je kao baza znanja koja se temelji na velikom skupu podataka a koja je opisana kroz faze razvoja i završni, interaktivni oblik. U sklopu istraživanja predstavljeni su razni uvidi, potvrđeni u pokaznom konceptu, te opisani u oblicima pogodnim za opće razumijevanje i buduća istraživanja.

Ključne riječi. optimizacija u procesu isporuke u logistici, izgradnja baze znanja, napredna analitika, interaktivna vizualizacija, veliki setovi podataka, big data

1 Uvod

Optimizacija isporuke u logistici jedna je od popularnijih istraživačkih tema. Mnogi praktični problemi s geo-lokacijskim usmjeravanjem uključuju pronalaženje staza ili obilazaka koji prelaze skup staza u nekom prostornom grafikonu. Cilj rješavanja takvih problema je pronaći put ili ciklus s najmanjim troškovima koji pokriva sve puteve ili podskup puteva odnosno lukova u grafikonu sa ili bez ograničenja [Corberan i Laporte, 2014]. Problem poznat pod pojmom putujućeg prodavača (TSP) i njegove varijacije jedan su od najpopularnijih središnjih problema istraživanja u usmjeravanju puteva odnosno staza.

Problem putujućeg prodavača (TSP) sastoji se u kretanju između prvobitne točke ili čvora do svake od ostalih točaka ili čvorova (kreće se u ciklusu), tražeći najkraću rutu među svim mogućim rutama koje ispunjavaju određene kriterije (pod pretpostavkom da

takva ruta postoji). Pronalaženje takvog puta odnosno ciklusa, koji bi predstavljao jedinstveni optimalni ciklus s najkraćim razmakom, nije složen sa pozicije NP algoritma. Kao popularne varijante, problem kineskog poštara (CPP) ili problem s inspekcijom rute (RIP) pokušavaju barem jednom posjetiti svaku rutu između čvorova, dok se vraćaju u prvobitni čvor i traže najkraću rutu među svim mogućim rutama koje ispunjavaju kriterije (ponovno, pod pretpostavkom da takva ruta postoji). Rješenje koje u svaku rutu vodi točno jednom automatski je optimalno i naziva se Eulerov ciklus. Pronalaženje takvog ciklusa je strojno moguće uz umjeren napor te se može učinkovito koristiti za stvaranje poslovne vrijednosti. Taj je problem prvi put riješio Mei-Ko Kuan, kineski matematičar, 1962. godine [Kuan, 1962.] On je prvi koji je ovaj problem razmotrio iz praktične perspektive poštara kao osobe koja preuzima poštu i dostavlja je niz ulice nakon čega se vraća u poštu (ured odnosno početnu točku). Budući da tijekom tog procesa mora barem jednom ispratiti rutu, ovaj problem naziva se problemom "kineskog" poštara problemom kako bi se istražila mogućnost pokrivanja svake ulice duž staze i povratak u poštu (početnu točku) uz minimalne troškove. U praksi se može pronaći mnogo primjena ove tehnike i to u raznim industrijama kao što su održavanje cesta, sakupljanje otpada, planiranje kretanja autobusa itd. Cilj ovih problema, koji su primjenjivali model koji se temelji na optimizaciji rute, je pronaći rutu tako da se svi rubovi u polju mogućih rješenja (grafikon) prođu barem jednom unutar minimalnih troškova [Yilmaz, 2017].

2 Moderna logistika

U prvim danima primjene računala, matematičari su se nadali da će istraživači sa računarskim vještinama pristupiti nekom novom, puno boljem pristupu velikim problemima optimizacije isporuke u logistici, bazirano na opisanim problemima prodavača. Istraživačka zajednica tražila je neki algoritam koji bi računalima omogućio rješavanje takvih problema u razumnom vremenu. Iako su računarski znanstvenici napredovali u specifičnim scenarijima, količina podataka napredovala je daleko brže: identificirajući najkraću rutu za obilazak karte s 49 gradova 1950-ih, kartu grada

2.292 grada u 1980-im i kartu 85.900 gradova u 2006. godine, vršeći pritisak na algoritam koji može učinkovito riješiti svaki problem prodavača. Prema jednom od dokumenata objavljenom 1972. godine [Karp, 1972], takvo rješenje možda uopće nije moguće.

Suvremene tehnologije, posebno alati i tehnike za upravljanje velikim setovima podataka, koje pokreću tehnologije mobilnog interneta, postigle su veliki uspjeh unapređujući tradicionalne usluge. Kao primjer možemo navesti sustave za razmjenu vožnje UberPool [UberPool] i LyftLine [LyftLine]. Promatrajući ključnu poslovnu vrijednost modela koji unapređuju ove usluge, očito je da se temelje na dopuštanju više ciljeva sa sličnim planovima puta i vremenskom rasporedu za dijeljenje resursa za isporuku. Pomoću analize i praćenja različitih podataka (često u stvarnom vremenu) takva rješenja i modeli mogu značajno povećati stopu efikasnosti isporuke, ublažiti zagušenje u prometu i smanjiti potrošnju energije u gradskim prometima [Ma, 2013] [Braverman, 2017] [Biswas, 2017] [Zhang, 2014].

Istraživanjem razvoja industrije u smjeru moderne logistike, tijekom procesa analize posuđivat će se dva ključna modula u sustavu dijeljenja vožnje: (i) usklađivanje kupca i vozila te (ii) usmjeravanje za dijeljenje vožnje. Modul za usklađivanje kupca i vozila bavi se dvama pitanjima: (a) kako grupirati kupce kako bi se stvorile odgovarajuće mogućnosti vožnje i (b) kako uskladiti formirane grupe s vozilima. U ovom radu, izmijenit ćemo ovaj pristup, suočiti korištenje modernih tehnologijama s tradicionalnim pristupom i identificirati poslovnu vrijednost otključanu tijekom procesa istraživanja.

2.1 Tradicionalni pokazatelji efikasnosti u logistici

Upravljanje isporukom kao dijelom lanca opskrbe proces je koji se često mjeri praćenjem troškova logistike. Taj pristup je osnovni uzrok raznih problema, ali i ključna točka za mjerenje učinkovitosti poslovnog modela. Različiti proračuni ne pokušavaju „izmjeriti“ opskrbeni lanac ili njegove performanse i za stvarni pogled na problem moraju uključivati i razne faktore izvan lanca opskrbe. Pored toga, odavno je postavljen način na koji računovodstvo tretira troškove opskrbenog lanca. Činjenica je da se posao isporuke mijenja i prolazi preobrazbu. Utjecaj koji je u industriju uvela tvrtka Amazon potaknuo je početak globalne revolucije opskrbenog lanca. Ono nadilazi razinu e-trgovine/B2C pristupa i presijeca industriju i tržišta na novi, moderniji način. Temeljna očekivanja potiču transformaciju isporuke koja uključuje poboljšane performanse i nove mjerne indikatore (KPI). Dopuna makro performansi segmentiranim indikatorima pruža razumijevanje i uvid u ono što se događa i na centraliziranim i na "decentraliziranim" pogledima. Drugim riječima, omogućuje uvid u temeljne čimbenike kroz korporativna i obuhvatnija mjerenja.

Kao dio tradicionalnih podataka koji se prate i mjere u poštanskoj isporuci, isti uključuju i standardizaciju koraka procesa u svrhu podrške za kvantificiranje najvrjednijeg resursa: vremena.

Tablica 1. Koraci u procesu isporuke

Korak	Opis	Predviđeno vrijeme za izvođenje
Početak/sortiranje	Paket	00:00:10
Prihvata	Paket	00:00:30
Ukrcaj	Paket	00:00:20
Iskrcaj	Paket	00:01:00
Dokumentiranje	Paket	00:01:00
Ukupno vrijeme		00:03:00

Tablica 2. Predviđeno vrijeme za provođenje različitih procedura (odabir)

Procedura	Predviđeno vrijeme za izvođenje
Pražnjenje poštanskog sandučića	00:02:00
Isporuka telegrama	00:04:00
Isporuka paketa	00:10:00
Isporuka omotnice	00:00:20

Nedavne studije usredotočene su na dizajn i optimizaciju odgovarajućeg modula [Braverman, 2017][Biswas, 2017][Zhang, 2014] pa ćemo dodati i dodatne atribute kroz podatke o vozilu za dostavu koje poštar koristi.

Tablica 3. Obilježja vozila korištenog za podršku dostavi

Oznaka rute	Oznaka vozila	Datum i vrijeme	Opis vozila
RID-1	RN000	29.07. 14:11	U pokretu
RID-1	RN000	29.07. 14:22	Stajanje
RID-1	RN000	29.07. 15:11	U pokretu
RID-2	TZ100	29.07. 10:11	U pokretu

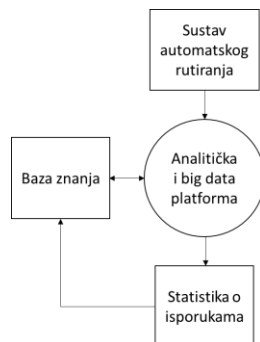
Suvremene platforme usmjeravanja imaju za cilj odrediti put između čvorova u formiranim skupinama, dok različiti izbor staza može dovesti do različitih troškova i u konačnici utječu na profit davatelja usluga. Cilj istraživanja je usporediti poslovnu vrijednost između scenarija gdje su postavljeni zahtjevi za putovanja i isporučitelj jednostavno slijedi put s minimalnim troškovima ili maksimalnom dobiti, nasuprot mogućnosti da se isti sustav ažurira korištenjem podataka iz baze znanja, po mogućnosti u stvarnom vremenu. Glavna poteškoća u pronalaženju podudaranja i izvršavanju usmjeravanja je u tome što su budući zahtjevi nepoznati prilikom donošenja

odluka. Postojeći radovi ocrtavaju dva pristupa rješavanju te poteškoće. Prvi je pretpostaviti da su svi zahtjevi za putovanje u budućnosti poznati u svakom odgovarajućem vremenskom okviru odluke, kao što je offline pristup [Biswas, 2017]. Drugi je pretpostaviti nulto znanje o budućim zahtjevima [Zhang, 2014].

3 Optimizacija procesa isporuke u logistici korištenjem metoda napredne analitike i interaktivne vizualizacije

S nedavnim tehničkim i znanstvenim napretkom u području analitike, otvara se velik potencijal u korištenju eksponencijalno rastućih skupova podataka. Moderna tehnološka rješenja za upravljanje ogromnim setovima podataka, zajedno s mogućnostima koje pružaju za otkrivanje novih vrijednosti i dobivanje novih uvida, te raznim izazovima koje pokušavaju postaviti u pogledu analize i upravljanja, stvorili su novi koncept koji se obično naziva big data bazirani koncept [Borgi, 2017]. Sektor logistike i transporta jedan su od najpogodnijih mjesta za iskorištavanje analitičkih mogućnosti i metodološkog napretka big data tehnologija.

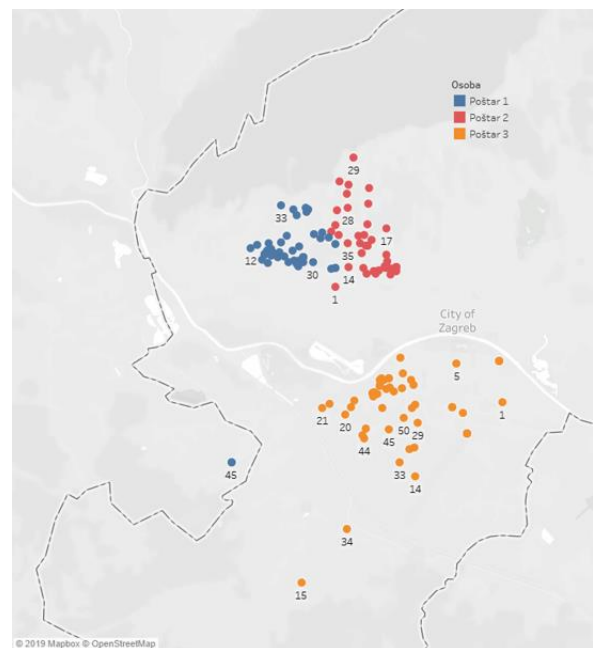
Slika 1. Napredna analitika bazirana na bazi znanja



3.1 Optimizacija u procesu logistike

Za istraživanje smo izdvojili uzorak podataka koji uključuje tri službenika za dostavu koji rade na hipotetskom putu. Podaci o ruti generirani su korištenjem karte grada Zagreba, Hrvatska. Dostavljači su koristili razne transportne potpore (motocikl, dostavni kamion, bicikl), ali svaki je službenik dostavio sličan broj isporuka, otprilike 50. Simulirali smo gradsko okruženje i tražili poslovnu vrijednost koja se može otključati razvijanjem baze znanja koristeći sve mjerljive podatkovne točke koje slijede propise o privatnosti podataka.

Slika 2. Generirana ruta isporuke



Statistika isporuke na Slici 4. pokazuje nekoliko zanimljivih točaka označenih u skladu s tim bojom: crvena (ne može se isporučiti), zelena (uspješna isporuka), žuta (točna adresa, nitko se ne može isporučiti), plava (ne može doći do adrese), siva (nema podataka).

Algoritam za pronalaženje optimalne rute je:

- Korak 1. Navedi sve neobične vrhove
- Korak 2. Navedi sve moguće parove neparnih vrhova
- Korak 3. Za svako uparivanje pronađite rubove koji spajaju vrhove s najmanjom težinom
- Korak 4. Pronađite parove tako da se zbroj utega umanjuje
- Korak 5. Na originalni graf dodajte rubove koji su pronađeni u koraku 4.
- Korak 6. Duljina optimalne rute je zbroj svih ivica dodanih ukupnom broju pronađenom u koraku 4.
- Korak 7. Odaberite rutu koja odgovara ovoj minimalnoj težini

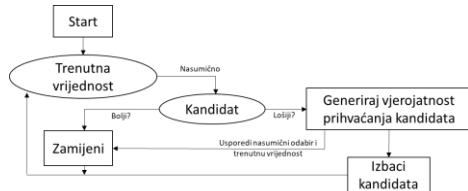
Za modeliranje podataka o kretanju je korištena tehnika kombinatorne optimizacije, simulirani annealed algoritam primjenom principa težine ili temperature. Proces je slijedio jednostavan osnovni algoritam u potrazi za maksimumima podižući težinu (temperaturu), a zatim postupno smanjujući, omogućujući lokalnim odjeljcima da rastu prema van. Algoritam nasumično ometa izvorni put u opadajućoj mjeri u skladu s postupno opadajućom logičkom težinom (temperaturom). S paketom `anneal.py`¹ korišten je Spyder (Python 3.7).

¹ <http://apmonitor.com/me575/index.php/Main/SimulatedAnnealing>

Za izračun težine između čvorova koristili smo formulu u nastavku, dok za pronalaženje minimalne ciljane funkcije prilagođavamo vrijednosti lokacijeA i lokacijeB za svake dvije uspoređene lokacije.

$$cilj = 0.2 + lokacijaA_2^1 + lokacijaB_2^2 - 0.1 \cos(6\pi x_1) - 0.1 \cos(6\pi x_2)$$

Slika 3. Algoritam za treniranje modela



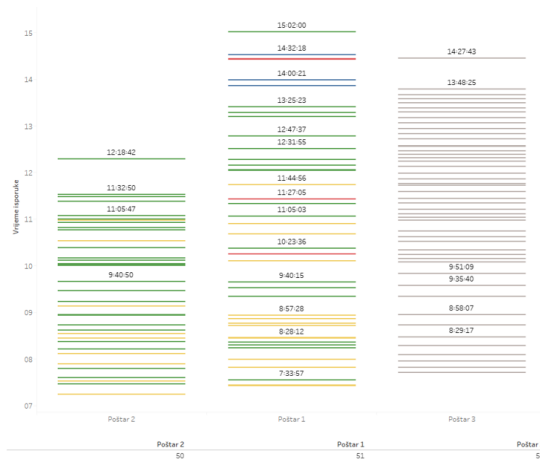
Rezultati su korišteni za generiranje sekvence za isporuku te predstavljeni u Tablici 3. kako slijedi.

Tablica 3. Optimiziran slijed isporuke

Poštar	Oznaka slijeda	Vrijeme isporuke	Vrsta	Koordinata
DO1	107	14:20:44	Paket	lokacijaA
DO1	106	14:17:13	Omotnica	lokacijaB
DO1	105	14:02:01	Paket	lokacijaC
...

Da bi upravljanje isporukom bilo učinkovitije, za potrebe nadzora sustava razvijena je interaktivna vizualizacija kao što je prikazano na slici 4. Statistika isporuke u našoj simulaciji pokazuje da je postojala razlika u sličnom scenariju isporuke, uspoređujući upravljanje vremenom kao najvrjednijom imovinom logističke tvrtke, za gotovo 25% između najučinkovitijeg službenika za dostavu i onog najmanje manje učinkovitog. Učinkovitost ovdje ne predstavlja motivaciju osobe već skup svih čimbenika koji utječu na vrijeme isporuke.

Slika 4. Usporedba rezultata prije i nakon optimizacije



Koristeći podatke preuzete s mobilnih uređaja koje koriste poštari, izgrađena je baza znanja koja se koristi za buduća poboljšanja modela (na primjer, ako podaci pokazuju kašnjenja u isporuci za određene lokacije, možemo provjeriti rutu ili parametre lokacije).

3.2 Dodatna prilagodba modela

Transport i logistika predstavljaju jednu od vodećih industrija koja prihvaća tehničke inovacije, a računalno potpomognuta simulacija je broj jedan među njima. Ova tehnologija mijenja područje djelovanja i u mogućnosti je kroz simulaciju formirati novu stvarnost koja je isplativa, ekološki efikasnija te u potpunosti orijentirana na korisnika. Tvrtke danas ulažu u simulacijska rješenja poput računala i ustava s visokim performansama (HPC) pri čemu smo danas tek na početku rastućeg trenda primjene ovih tehnologija u poslovanju. Mogućnosti su beskrajne sve dok istraživači razumiju kako pronaći načine upotrebe i krenuti hrabro naprijed u stvaranju poslovne vrijednosti. Revolucija u korištenju podataka uzrokovana dolaskom HPC-a nije ograničena samo na povećanje učinkovitosti poslovanja ili poboljšanje usluge. Ona stvara drugačije i brže protoke podataka koji mogu biti dragocjen i redovit izvor prihoda kako za tvrtke koje ih procesiraju, tako i za treće strane koje mogu koristiti neke od rezultata tog procesiranja. Mnoge su organizacije spremne kupiti podatke koji će im pomoći da shvate svoje kupce i povećaju njihovu učinkovitost. Stoga je za mnoge tvrtke mogućnost prikupljanja, obrade i prodaje podataka mogući model monetizacije. Kad se te informacije sakupe i ispoštuju svi regulatorni zahtjevi na zaštitu privatnosti, tvrtke mogu nuditi podatke pakirane u proizvode ili u izvornom obliku stvarajući nove prodajne niše i različite prodajne modele što ima unatrag omogućuje poboljšanje proizvodnje i usluga. Anonimizirane i obogaćene podatke mogu koristiti i mnoge druge tvrtke koje su spremne platiti takve podatke. Korisnici danas koriste ove anonimne podatke za različite svrhe, kako bi smanjile vlastite troškove procesiranja ili smanjili opće troškove poslovanja.

4 Zaključak

U ovom istraživanju usredotočili smo se na otključavanje poslovne vrijednosti stvaranjem podatkovne platforme i predstavljanjem prijedloga vrijednosti kroz jednostavne a razumljive scenarije. Istraživanje je pokazalo da se čak i u malim poslovnim sustavima može stvoriti dodatna vrijednost dovoljna da motivira odluku takvih poduzeća da ulažu u razvoj sličnih modela.

Vjerujem da bi naša istraživanja mogla biti od velike koristi za različite računske scenarije vezane za logistiku i transport. Konkretno, ovaj se rad temelji na pokaznom konceptu (PoC) koji opisuje upotrebu napredne napredne računalno potpomognute analitike i

interaktivne vizualizacije. Postoji nekoliko uobičajenih pristupa, uključujući problem s putujućim prodavačem (TSP) koji imaju različite primjene čak i u najuređenijim sustavima, poput planiranja ili logistike. Baza znanja opisana u istraživanju, temelji se na velikom skupu podataka koji su prikupljeni korištenjem sustava opisani kroz korake razvoja i završni, interaktivni oblik. Korištenjem uobičajenih principa, rad potvrđuje poslovnu vrijednost koja se može stvoriti pomoću napredne analitike učenja i korištenjem velikih podatkovnih setova.

Najbolje prakse u postizanju uspjeha te dodatne koristi koje se mogu očekivati podržavanjem ovog pristupa, prikazane su korištenjem različitih vizualizacija i predstavljeni u oblicima pogodnim za opće razumijevanje i buduća istraživanja.

Korištena literatura

- A. Biswas, R. Gopalakrishnan, T. Tulabandhula, K. Mukherjee, A. Metrewar, and R. S. Thangaraj, "Profit optimization in commercial ridesharing," in Proc. ACM AAMAS, 2017, pp. 1481–1483.
- A. Braverman, J. Dai, X. Liu, and L. Ying, "Fluid-model-based car routing for modern ridesharing systems," in Proc. ACM SIGMETRICS, 2017, pp. 11–12.
- Corberan, A.; Laporte, G. Arc Routing Problems, Methods, and Applications. Society for Industrial and Applied Mathematics, USA, 2014.
- D. Zhang, T. He, Y. Liu, S. Lin, and J. A. Stankovic, "A carpooling recommendation system for taxicab services," IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, vol. 2, no. 3, pp. 254–266, 2014
- Kuan, M. K. Graphic Programming Using Odd or Even Points. // Chinese Mathematics. 1962, pp. 237-277.
- LyftLine. <https://www.lyft.com/line>.
- M. Furuhata, M. Dessouky, F. Ordoñez, M.-E. Brunet, X. Wang, and S. Koenig, "Ridesharing: The state-of-the-art and future directions," Transportation Research Part B: Methodological, vol. 57, pp. 28–46, 2013.
- Mrsic, L. and Klepac, G and Kopal R (2017). A New Paradigm in Fraud Detection Modeling Using Predictive Models, Fuzzy Expert Systems, Social Network Analysis, and Unstructured Data, Computational Intelligence Applications in Business Intelligence and Big Data Analytics, Auerbach Publications, pp. 157-194
- Mustafa Yılmaz, Merve Kayacı Çodur, Hamid Yılmaz (2017) Chinese postman problem approach for a large-scale conventional rail network in Turkey, Tehnički vjesnik 24, 5, pp. 1471-1477
- Qiulin Lin, Lei Deng, Jingzhou Sun (2018), Minghua Chen Optimal Demand-Aware Ride-Sharing Routing, INFOCOM 2018
- Richard M. Karp (1972). "Reducibility Among Combinatorial Problems", in R. E. Miller; J. W. Thatcher (eds.). Complexity of Computer Computations. New York: Plenum. pp. 85–103.
- S. Ma, Y. Zheng, and O. Wolfson, "T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service," in Proc. IEEE ICDE, 2013, pp. 410–421.
- Tawfik Borgi, Nesrine Zoghalmi, Mourad Abed, Mohamed Saber Naceur (2017) Big Data for Operational Efficiency of Transport and Logistics: A Review, 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)
- UberPool. <https://www.uber.com/ride/uberpool/>.