

**OPTIMIZACIJA DOSTAVNIH RUTA****OPTIMIZATION OF DELIVERY ROUTES**Tatjana Mičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – POŠTANSKI SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U radu je izvršena optimizacija rute kurira. Ruteranjem je određeno više putanja kretanja na osnovu definisanih zahteva korisnika, kako bi se došlo do optimalnog rešenja minimalnih troškova transporta, minimalno utrošeno vreme, najkraće i najbrže rute, kao i smanjenje emisije štetnih gasova i dobijanje ekonomičnijeg vozila.

**Ključne reči:** *Geografski informacioni sistem, optimizacija dostavnih ruta, emisija CO<sub>2</sub>*

**Abstract** – *In the work, the optimization of the courier route was carried out. By routing, multiple movement paths are determined based on the user's defined requirements, in order to reach the optimal solution of minimum transport costs, minimum time spent, the shortest and fastest routes, as well as the reduction of harmful gas emissions and obtaining the economical vehicle.*

**Keywords:** *Geographic information systems, optimization of available routes, CO<sub>2</sub> emissions*

**1. UVOD**

Tehnološke promene u svetu zahtevaju inovacije i unapređenje poslovnih strategija svih preduzeća i kompanija. Prednosti imaju ona preduzeća i kompanije čije je poslovanje zasnovano na brzom informisanju. Naime, na tržištu, gde postoji snažna konkurencija, traži se ekonomičnije i kvalitetnije poslovanje, kao i kvalitetnija usluga, pri čemu informacija ima presudnu ulogu. U modernim vremenima tržišne ekonomije, informacija se smatra kao jedan od najvažnijih faktora koji doprinosi adekvatnom poslovanju preduzeća.

Prava informacija, u pravo vreme i na pravom mestu pruža mogućnosti pravovremenog i adekvatnog reagovanja na stroge zahteve tržišta.

Tokom funkcionisanja sistema Padrino dostave javljaju se određeni „faktori“ (saobraćajna nezgoda, kvar vozila, saobraćajna zagušenja, prolazak štice ličnosti, održavanje manifestacije i sl.) koji negativno utiču na kvalitet usluge, ali i na operativno funkcionisanje kurirske službe.

Kako bi se pravovremeno i adekvatno odgovorilo na nastale „faktore“ i optimizovalo odvijanje saobraćaja potrebno je vršiti kontrolu i upravljanje operativnim procesima, na osnovu prikupljenih informacija, odnosno na osnovu podataka u realnom vremenu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Šarac, red. prof.**

Cilj ovog rada jeste optimizacija kretanja rute kurira, poboljšanje efikasnosti uručanja dostave kao i efikasnost kurira. Istraživani deo obuhvata teritoriju Novog Sada.

**2. AKUTELNA ISTRAŽIVANJA U OBLASTI GIS-a****2.1. Geografski informacioni sistemi (GIS)**

Geografski informacioni sistem je sistem za kreiranje i upravljanje prostornim podacima sa pripadajućim atributima. U užem smislu, to je kompjuterski sistem sposoban za integraciju, skladištenje, izmenu, analizu i prikaz informacija vezanih za prostornu lokaciju. U širem smislu, GIS je “pametna karta” koja omogućuje korisnicima da kreiraju interaktivne upite, analizu prostornih informacija i sprovođenje promena [1].

**2.2. Vrste podataka u GIS- u**

Prostorni objekti u GIS-u koji služe za prikaz realnog sveta u dvodimenzionalnom modelovanju su:

- tačka
- linija
- poligon

Geometrijski podaci se prikazuju u: vektorskom ili rasterskom obliku (Slika 1). Vektorski podaci opisuju prostorne objekte pomoću tačaka zadatih koordinatama u koordinatnom sistemu. Vektorski GIS je složeniji zbog potrebe za vrlo složenim prostornim operacijama, ali je zato i precizniji od rasterskog GIS-a. Rasterski podaci u GIS-u se prikazuju kao površine koje se sastoje od tačaka, a površine izgledaju kao poligonalne mreže različitih oblika i veličina. Rasterski GIS je pogodan za statističke obrade, kao i za obradu satelitskih i drugih snimaka. Osnovni geometrijski element rasterskog GIS-a je piksel. Vektorski i rasterski model podataka se međusobno nadopunjuju, a današnja programska podrška omogućuje pretvaranje jednog oblika u drugi [2].

**2.3. Komponente GIS- a**

GIS sadrži tri važne komponente:

1. kompjuterski hardver
2. niz aplikacionih softverskih modula
3. odgovarajući organizacioni sadržaj, koji obuhvata obučene ljude.

Sve navedeno treba da bude usklađeno, kako bi sistem mogao da bude funkcionalan. Pored ove tri komponente, osnovu svakog GIS-a čine i podaci.

Glavne hardverske komponente GIS-a čine: računar, memorijski uređaji, skeneri, digitajzeri, ploteri, štampači i računarske mreže (Slika 2) [3].



Slika 1. Osnovne komponente GIS- a [3]

## 2.4. Rutiranje

Pod pojmom rutiranje podrazumeva se proces određivanja putanje (ili više njih) kretanja na osnovu definisanih zahteva korisnika, a sve to kako bi se došlo do optimalnog rešenja (npr. Za minimalne troškove transporta, minimalno utrošeno vreme, najkraće rastojanje, i slično).

Efikasnim korišćenjem ovih sistema može se omogućiti skraćanje vremena putovanja i broja pređenih kilometara, smanjenje troškova i unapređenje pouzdanosti pri dostavi robe korisnicima. Ovi sistemi još nisu u širokoj upotrebi u praksi, pogotovo u manjim kompanijama, jer ne uviđaju prednosti kojima ovi sistemi doprinose: unapređenje efikasnosti, smanjenje utroška goriva i administrativnih troškova, kao i unapređenje kvaliteta korisničke usluge. Zahvaljujući različitim softverskim rešenjima moguće je, koristeći različite promenljive (karakteristike vozila, veštine vozača, ograničenja ulične mreže, interval strpljivosti korisnika, i slično) uz maksimizaciju iskorišćenja raspoloživih sredstava, kreirati optimalne rute [4].

## 2.5. Istraživanje u oblasti GIS- a

Sektor šumarstva u Irskoj je u prošlosti koristio planiranje rute za optimizaciju transporta drveta od šume do mlina [5]. Prema autorima, to je postignuto ugradnjom GPS tehnologija sa GIS-om za praćenje u realnom vremenu i praćenje kretanja drveta od proizvodnje do prodajnih depoa. Kao što su primetili Devlin et al., optimizacija rute ne uključuje samo izbor najkraće rute. To uključuje prethodno planiranje preuzimanja i isporuke tako da se cena po milji smanji, a prihod po milji poveća [6]. Takav sistem se može postići razvojem baza podataka georeferenciranjem svih lokalnih adresa i poštanskih depoa u oblasti proučavanja. GIS i GPS tehnologije mogu olakšati takav sistem. U svojoj studiji, Forster je naglasio da je najveća upotreba softverskih paketa sa GIS komponentama na operativnom nivou koji uključuje rutiranje, zakazivanje, praćenje i navigaciju [7].

Neki od naših domaćih autora GIS koriste u različitim istraživanjima. Kao na primer JP „Pošta Srbije“ je razvila sistem koji pomaže poštaru u snalaženju na reonu na kome dostavlja pošiljke kroz prikaz mapa, adresa i spiskova pošiljki na mobilnom telefonu. Sistem se sastoji od aplikacija: AndroidItinerer kojom se definiše raspored korišćenja telefona, PoštarMap (Android) koja obezbeđuje prikaz dostavnog područja na mapi i sakuplja koordinate kretanja poštara i MobilniGIS (MapBasic) koja prikazuje i analizira itinerer kretanja poštara.

Ovo istraživanje bavi se obračunom pređenog puta poštara na pešačkom reonu kroz aplikaciju MobilniGIS. Analiziranjem 19 ruta poštara generisanih mobilnim

telefonom i poređenjem sa stvarnim pređenim putem, definisan je algoritam koji u 4 koraka obračunava pređeni put iz dobijenih X,Y koordinata. Algoritam pokušava da prepozna i izbaciti neprecizno generisane tačke, grupiše zvezdasto rasute tačke prilikom dužeg boravka poštara unutar zgrade u jednu tačku zadržavanja, niveliše cik-cak rutu u ravnu liniju radi preglednosti. Kao i analiza eventualnih grešaka u obračunu pređenog puta prilikom korišćenja ovog algoritma. Google-ovim servisom FusedLocationProviderAPI koji je instaliran na Android mobilnim uređajima sakupljaju se X,Y koordinate i fomira itinerer kretanja poštara. U cilju što preciznijeg obračuna pređenog puta na osnovu sakupljenih koordinata, JP „Pošta Srbije“ je istestirala 19 ruta formiranih mobilnim telefonom na pešačkim reonima. Analizom testnih podataka definisan je algoritam koji računa dužinu pređenog puta sa minimalnom greškom [8].

## 3. OPTIMIZACIJA DOTAVNIH RUTA

### 3.1. Snimak trenutnog stanja

Padrino dostava je svrsishodnim planiranjem i vrhunskim analiziranjem tržišta, obezbedila sredstva za tehnološki razvoj kako bi mogla u budućnosti da razvije veći obim posla od postojećeg. Korišćenjem programa, koji je kreirala lokalna IT kompanija, omogućen je prijem i realizacija većeg broja porudžbina. Program je koncipiran tako da istovremeno može da bude povezano više operatera u istom momentu, kako bi brže saslušali i pružili usluge korisnicima, jer se dešava da u jednoj minuti bude i po desetak poziva. Beleži se, odnosno skladišti svaki audio poziv ka operateru, gde svaki od dispečera ima svoj korisnički nalog i svako je odgovoran za svoju osmočasovnu smenu, kojoj mora da bude maksimalno posvećen i fokusiran jer rukovodi timom koji broji 15 kurira u smeni.

### 3.2. Predlog rešenja

Skupovi podataka korišćeni u ovom istraživanju uključuju:

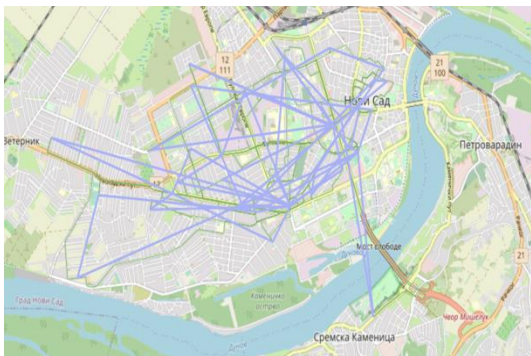
- Podatke o vremenu prijave adrese od strane restorana u call centru,
- Podatke o restoranu iz kojih je kurir preuzimao pošiljku,
- Podatke o adresi dostave tih popudžbina,
- Podaci o vremenu ppreuzimanja pošiljke,
- Podaci o vremenu koliko se zadržavao pri dostavi na adresama,
- Podaci o radnom vremenu kurira.

U ovom radu korišćen je ORS Tools plugin, koji omogućava izbor najkraće rute, najbrže rute, optimalne rute, tabelarna analiza ruta, izbor različitih načina putovanja kojim se kreću kuriri itd. Za analizu smo uzeli dva kurira, kurira A i kurira B.

#### 3.2.1. Scenario 1

Kurir A je u ovom slučaju radio smenu od 12 radnih sati, i realizovao je 29 dostava. Dostavu je **vršio** automobilom. Na slici 2 je prikazana mapa sa realnim stanjem putanje za kurira A. Pomoću plug-ina ORS Tools, moguće je izračunavanje i iscrtavanje najkraće i najbrže putanje sa automobilom, biciklom ili peške, između dve ili više tačaka. U našem istraživanju, potrebno je izračunavanje

optimalne putanje između tačaka koje predstavljaju kretanje kurira od restorana do adresa primaoca u Novom Sadu, na celoj teritoriji grada. Izračunavanje je vršeno za slučaj kretanja automobilom i biciklom.



Slika 2. Putanja kurira A

U Tabeli 1 prikazani su uporedni podaci izračunate najbrže i najkraće putanje za vozača A.

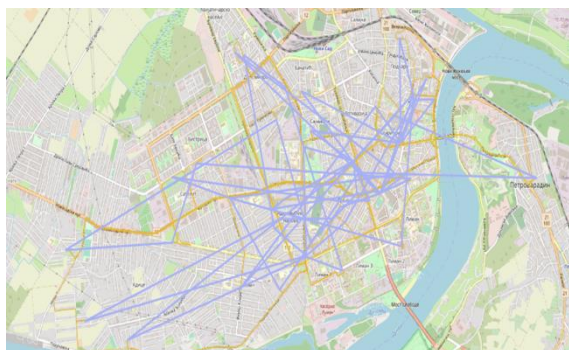
Tabela 1. Uporedni podaci najbrže i najkraće rute automobilom i biciklom

	Najbrža putanja		Najkraća putanja	
	km	h	km	h
<b>Automobil</b>	137.154	4.085	131.509	5.076
<b>Bicikl</b>	125.949	5.694	113.611	11.262

Po dužini najkraća ruta je biciklom 113,611 km, i to traje najduže 11,262 h, dok je duža ruta automobilom koja iznosi 131,509 km i traje 5,076 h. Do razlike dolazi kada je ulica jednosmerna ili je reč o pešačkoj zoni, i razlika je u brzini kretanja, pošto nije svejedno da li se dostavljač kreće automobilom ili biciklom.

### 3.2.2. Scenario 2

Kurir B je radio smenu od 10 radnih sati, gde je imao 39 dostava. Dostavu je vršio automobilom. Na slici 3 prikazana je mapa sa realnim stanjem za motorno vozilo, za vozača B.



Slika 3. Putanja kurira B

U Tabeli 2 prikazani su uporedni podaci izračunate najbrže i najkraće putanje za vozača B. Po dužini najkaća ruta je biciklom 123,687 km i traje 13h, dok je duža ruta automobilom i iznosi 137,125 km i traje 6h. Kao i u Scenariju 1, optimalna najkraća putanja je biciklom, ali

međutim ona duže i traje, što je razlika u brzini kretanja bicikla i automobila.

Tabela 2. Uporedni podaci najbrže i najkraće rute automobilom i biciklom

	Najbrža putanja		Najkraća putanja	
	km	h	km	h
<b>Automobil</b>	151.709	5	137.125	6
<b>Bicikl</b>	141.224	6.5	123.687	13

## 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Terenskim istraživanjem uočeno je da kuriri koji obavljaju posao motornim vozilom imaju poteškoća pri preuzimanju i dostavi pošiljaka u strogom centru grada, tj u pešačkim zonama. Kao bolje rešenje se pokazala dostava biciklom.

Padrino dostava se bavi 80% dostavom hrane do krajnjeg korisnika. Istraživanje je pokazalo da su korisnici ulagali primedbe na kašnjenje dostave, što je bilo neosnovano. Preduzeće je transparentnim poslovanjem obezbedilo korisnicima uvid u evidenciju njihove porudžbine (kada je porudžbina primljena i kada je isporučena). Korisnici imaju subjektivni osećaj da je prošlo više vremena nego što je realno, jer žele što brže usluživanje i postaju nestrpljivi. Obećano vreme dostave od primanja porudžbine do dostave na adresi primaoca, za zonu grada je 40 minuta i 99% usluga se izvrši u tom roku.

Veliki problem preduzeće ima sa voznim parkom, gde troškovi vozila zahvataju 40% prihoda. Na osnovu prikupljenih podataka može se zaključiti da su najeći troškovi vozila. Sva vozila pripadaju starijoj generaciji proizvodnje, pa samim tim su i povećani troškovi, kako održavanja tako i potrošnje.

Na grafikonu 1. se može videti da je najveća potrošnja dizel derivata, koji je ujedno i najskuplji derivat.



Grafikon 1. Potrošnja pogonskog goriva

Kada uzmemo u obzir Scenario 1, odnosno vozača A na motornom vozilu sa ekonomičnijom potrošnjom, ona bi iznosila 1639 din za najbržu putanju, dok za najkraću 1571,5 dinara. Opcija sa najvećom potrošnjom gde bi najbrža putanja iznosila 3079 dinara, dok najkraća 2952 dinara.

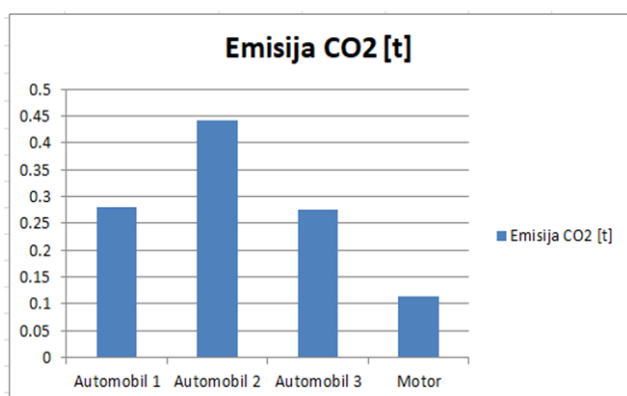
Kod Scenarija 2, odnosno vozača B na motornom vozilu sa ekonomičnijom potrošnjom za najbržu putanju iznosila bi 1813 dinara, dok za najkraću iznosi 1638,5 dinara. Kada se uzme u obzir opcija sa najvećom potrošnjom, za

najbržu putanju iznosi 3405,8 dinara, dok za najkraću iznosi 3078,5 dinara.

#### 4.1. PRORAČUN EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA

Za proračun emisije ugljen dioksida upotrebljen je My Climate Carbon Footprint Calculator koji predstavlja deo My Climate projekta. My Climate projekat je započeo 2002. godine u Švajcarskoj, sa osnovim ciljem da poveća efikasnost zaštite životne sredine na lokalnom i globalnom nivou. Kroz partnerske organizacije ovaj projekat je prezentovan u 8 zemalja: Nemačka, Austrija, Švedska, Norveška, Luksemburg, Grčka, Ujedinjeni Arapski Emirati, Japan.

Rezultati izvršenog proračuna prikazani su na grafiku 2. Proračun je izvršen kako bi se izvršila komparacija različitih uticaja goriva na životnu sredinu i zdravlje ljudi.



Grafikon 2. Prikaz emisije štetnih gasova za dostavna vozila

Na osnovu prikazanih podataka na grafikonu možemo zaključiti da Automobil 2 ima najveći procenat zagađenja od ostalih. Uzimajući u obzir potrošnju goriva, održavanje vozila i emisiju štetnih gasova, dobijamo da je najpovoljnije i najisplativije vozilo: motor. S obzirom da takođe koristi i optimalne rute dostave, na njega ne utiču zagađenja u saobraćaju kao i ostale prepreke koje vode do adrese primaoca. Sa sigurnošću možemo reći da motor najviše odgovara potrebama firme.

#### 5. ZAKLJUČAK

Danas, posle nekoliko decenija razvoja, GIS je dokazao svoje prednosti u svim oblastima gde se zahteva vizuelizacija prostornih podataka i manipulisanje velikim brojem podataka, koji su opisani vrlo složenim konceptima i imaju veliki broj korisnika raznih struka. GIS tehnologija omogućava veliki napredak u svim oblastima i procesima upravljanja, praćenja, organizacije i odlučivanja u odnosu na konvencionalne metode rada.

Ovo istraživanje je razvilo sistem optimizacije rute za dostavu hrane zasnovan na GIS-u, gde se grade optimalne rute za smanjenje vremena putovanja (na taj način smanjenje operativnih troškova), poboljšanje dispečerskih usluga i povećanje efikasnosti vršenja dostava.

U radu je vršeno istraživanje emisije CO2 vozila kurirske službe Padrino na pređenih 100 km. Uzroci lošijih rezultata mogu biti različiti: stariji vozni park, vrsta pogonskog goriva koja se koristi, neekonomično ponašanje prilikom vožnje, loši putni uslovi i slično.

S obzirom na negativan uticaj koji emisija ugljen-dioksida ima na zdravlje ljudi i zaštitu životne sredine ovaj problem se može rešiti zamenom trenutnih vozila za električna vozila, pravovremeno održavanje vozila, takođe mogu bitno uticati na smanjenje emisije CO2, kao i održanje ekonomičnosti.

#### 6. LITERATURA

- [1] <https://geogis.rs/delatnosti/gis/>
- [2] Д. Савић: Увод у ГИС, 2015.
- [3] <http://geoinformatika.uns.ac.rs/index.php/geografski-informacioni-sistem/>
- [4] <https://alogistics.rs/zanimljivosti/upravljanje-voznim-parkom-sve-sto-treba-znati/>
- [5] Optilog. (2003). An efficiency analysis of the sale, purchase, harvesting and haulage of timber in the Irish Forestry Sector
- [6] Devlin, G. J., McDonnell, K., & Ward, S. (2008). Timber haulage routing in Ireland: An analysis using GIS and GPS. Journal of Transport Geography
- [7] Forster, M. (2000). Review of the use of geographical information systems in the marketing and planning of logistics services. Christian Salvesen Logistics Research
- [8] <https://www.giszurnal.rs/>

#### Kratka biografija:



**Tatjana Mičić** rođena je u Zrenjaninu 1998.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti: Poštanski saobraćaj i telekomunikacije – Geografski informacioni sistemi u saobraćaju odbranila je 2022. godine. kontakt: bilactatjana@gmail.com



**Dragana Šarac** rođena je 1969. godine u Novom Sadu. Doktorirala na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god. a od 2021. godine je u zvanju redovni profesor. Uža oblast: Poštanski saobraćaj i komunikacije.