



ANALIZA RAVNOMERNOSTI INTERVALA SLEĐENJA VOZILA NA LINIJI BROJ 5 U NOVOM SADU SA PREDLOGOM MERA ZA POBOLJŠANJE

ANALYSIS OF HEADWAY UNIFORMITY OF THE VEHICLE ON BUS LINE NUMBER 5 IN NOVI SAD WITH PROPOSING MEASURES FOR IMPROVEMENT

Milica Radojičić, Pavle Pitka, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ I TRANSPORT

Kratik sadržaj – Interval sleđenja predstavlja jedan od najznačajnijih dinamičkih elemenata linije, kako sa gledišta organizacije prevoza, tako i sa gledišta kvaliteta prevoza značajnog za putnike. U realnom sistemu na ravnornost intervala sleđenja vozila utiče veći broj primarnih poremećaja, koji su različiti po mestu i vremenu nastanka. U radu je utvđen stepen ravnornosti intervala sleđenja i dat je predlog mera za poboljšanje ravnornosti intervala sleđenja na liniji broj 5.

Ključne reči: Javni prevoz, pokazatelji rada, interval sleđenja vozila

Abstract – Bus headway is important dynamic parameter of the line. The accuracy and uniformity of headway are the most frequently evaluated characteristics. In the real system, the uniformity of the headway is influenced by a large number of primary disturbances, which are different in place and time of occurrence. The paper determines the degree of uniformity of the headway and gives a measures for improving the uniformity of headway on the bus line 5 in Novi Sad.

Keywords: Public transport, performance indicators, headway

1. UVOD

Sistem javnog gradskog prevoza putnika (JGPP) funkcioniše u uslovima delovanja velikog broja spoljašnjih i unutrašnjih faktora. Složena struktura i način funkcionisanja JGPP-a čine sistem podložnim učestalim nastancima poremećaja u funkcionisanju.

Interval sleđenja predstavlja dinamički element linije i jedan je od najbitnijih parametara za kvalitet usluge koji sistem JGPP-a pruža korisniku [1].

Poremećaji intervala sleđenja negativno utiču na funkcionisanje i organizaciju sistema. Oni imaju tendenciju da se šire u sistemu JGPP-a i međusobno interaktuju [2].

Takođe, neravnornost intervala sleđenja vozila negativno utiče i na aspekte putovanja putnika: Prosečno vreme putovanja putnika; Neizvesnost vremena putovanja putnika; Komfor putnika u vozilu.

Kako bi se poboljšao kvalitet usluge i sistem JGPP-a postao konkurentniji način putovanja neophodna je

primena različitih mera i strategija za povećanje ravnornosti intervala sleđenja.

U ovom radu izvršena je analiza ravnornosti intervala sleđenja vozila na liniji broj 5 sistema JGPP-a u Novom Sadu. Nakon utvrđenog stepena ravnornosti intervala sleđenja dat je predlog mera za poboljšanje ravnornosti intervala.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe analize ravnornosti intervala sleđenja vozila na liniji broj 5 u Novom Sadu koršćeni su podaci prikupljeni tokom sistematskog brojanja putnika koje je realizovano 18.10.2010. godine koje je vodio Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.

Brojanje je vršeno manuelno. Brojači su vršili evidentiranje ulazaka i izlazaka putnika u unapred pripremljene brojačke obrasce. Evidentiranje ulazaka i izlazaka putnika vršeno je tako što je na svaka vrata bio raspoređen po jedan brojač koji je na svakom stajalištu beležio izmenu putnika kao i prolazna vremena vozila kroz svako stajalište [3].

Brojanjem je obuhvaćen 2331 polazak, odnosno 34 polaska nisu izbrojana, a realizovana su. Svi polasci koji su realizovani, a nisu obuhvaćeni brojanjem, simulirani su. Na ovaj način je dobijena potpuno objektivna slika broja realizovanih vožnji putnika, protoka, izmene i sličnih parametara.

Na liniji broj 5 je realizovano 225 polazaka, od toga 220 je snimljeno, a 5 polazaka je simulirano.

U literaturi najčešći način za kvantifikovanje ravnornosti intervala sleđenja vozila na jednoj liniji JGPP-a je korišćenje parametra PRDM (engl. Percentage regularity deviation mean) [4].

Vrednost PRDM jednaka 0 predstavlja perfektnu ravnornost. Vrednost PRDM jednaka 1 (ili 100%) opisuje stanje ravnornosti na liniji gde postoji grupisanje/sustizanje dva uzastopna vozila na liniji.

$$PRDM_k = \frac{\sum_{j=1}^n \left| \frac{i_p - i_j}{i_p} \right|}{n} \quad (1)$$

gde je: PRDM_k – Procenat pravilnosti devijacije intervala sleđenja za stajalište k; i_j – Vrednost intervala sleđenja vozila j na stajalištu k; i_p – Projektovana vrednost intervala sleđenja ;n – Broj vozila zaustavljenih na stajalištu k u analiziranom periodu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Pavle Pitka, docent.

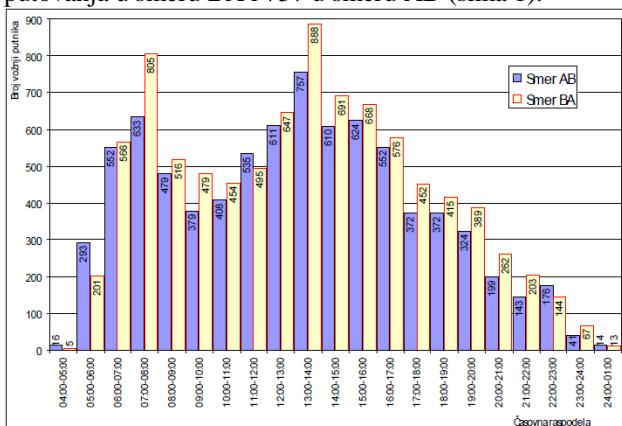
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1 Karakteristike transportnih zahteva

Brojanjem putnika u sistemu javnog prevoza na području Novog Sada u jednom radnom danu utvrđene su karakteristike putničkih tokova. Brojanjem je utvrđeno da je na gradskim linijama realizovano ukupno 181.405 vožnji putnika. Na liniji broj 5 Temerinski put–Centar–Avijatičarsko naselje realizovano je 17.026 vožnji putnika.

3.1.1. Časovna raspodela broja vožnji putnika na liniji

Na osnovu analize dobijenih rezultata, zaključuje se da se prepodnevni vršni sat javio u periodu između 07:00 i 08:00 časova kada je na liniji 5 zahtev za prevozom iznosio je 805 u smeru BA i 633 u smeru AB putovanja. Poslepodnevni vršni sat javio se u periodu između 13:00 i 14:00 časova kada je zahtev za prevozom bio 888 putovanja u smeru BA i 757 u smeru AB (slika 1).

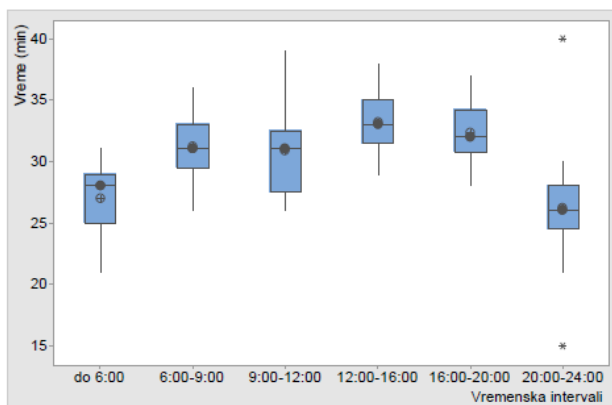


Slika 1. Časovna raspodela broja vožnji putnika u toku dana po smerovima na liniji

3.2. Karakteristike realizovanih dinamičkih elemenata

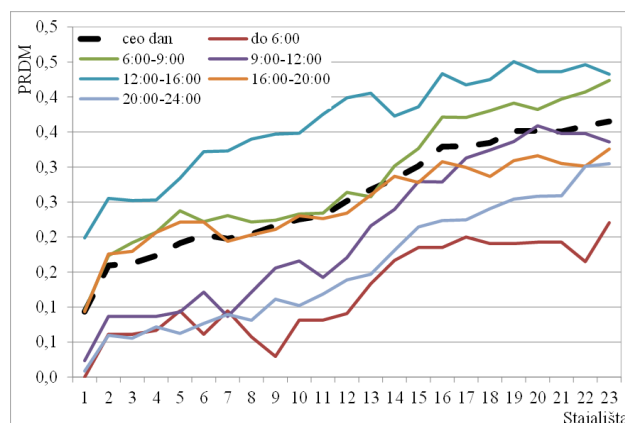
U okviru ovog podpoglavlja za liniju broj 5, izvršena je analiza odstupanja realizovanih dinamičkih elemenata linija u odnosu na projektovane vrednosti. Za potrebe analize određeni su periodi vremena u toku dana za koje važe približno isti uslovi funkcionisanja sistema. Analiza sprovedenog istraživanja pokazala je da u pojedinim periodima dana postoje značajna odstupanja realizovanih vrednosti od projektovanih, i to kod: vremena obrta, intervala sleđenja i frekvencije vozila.

Ravnomeran interval sleđenja uslovljen je jednakim vremenima poluobrtu vozila. Na slici 2 predstavljena je raspodela vremena poluobrtu po definisanim periodima u toku dana.



Slika 2. Box plot vremena poluobrtu po periodima u toku dana

Najbolja ravnomernost intervala sleđenja vozila, odnosno najmanje vrednosti PRDM (formula 1), dobijene su u periodu do 6:00 časova i u periodu posle 20:00 časova (slika 3.). Najlošija ravnomernost intervala sleđenja vozila ostvarena je u periodu od 12:00 do 16:00 sati.



Slika 3. Prikaz parametra PRDM po stajalištima duž linije

4. PREDLOG MERA

Kako bi se poremačaj intervala sleđenja vozila duž linije broj 5 u Novom Sadu smanjio predlaže se primena određenih mera. U odnosu na trenutak nastanka primarnog poremećaja intervala sleđenja, mere se dele na preventivne i represivne. Preventivne mere povećavaju otpornost sistema na nastanak i širenje poremećaja intervala sleđenja vozila. Represivne mere su regulatori ravnomernosti i one smiruju primarni poremećaj i sprečavaju nastanak i dalje širenje sekundarnog poremećaja intervala sleđenja vozila [2].

Sistemske mere omogućavaju naprednije korišćenje strategija za upravljanje poremećajem i prevazilaze ograničenja lokalnih mera. Najviše razvijane strategije u realnom vremenu su: zadržavanje vozila na stajalištima, ograničen ulazak putnika, preskakanje stajališta, ranije okretanje vozila-prekid poluobrtu, uključanje dodatnog vozila [2].

Za održanje ravnomernosti intervala sleđenja vozila duž linije broj 5 u Novom Sadu predlaže se primena određenih mera prema sledećem redosledu:

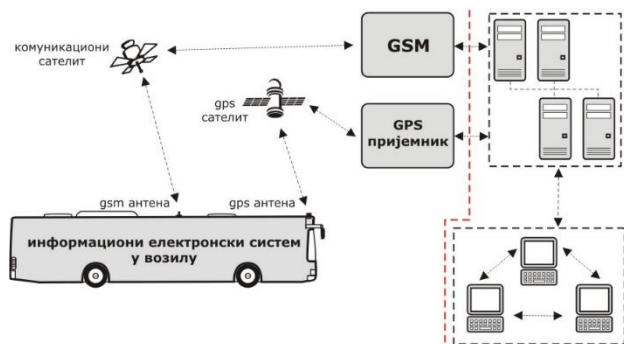
1. Uvođenje sistema za automatsko praćenje vozila,
2. Uključivanje dodatnog vozila na liniju,
3. Podela dijametralne linije na dve radialne linije.

Ukoliko se uvođenjem sistema za automatsko praćenje vozila (AVL – engl. *Automatic vehicle location*) postignu dobri rezultati u pogledu ravnomernosti intervala sleđenja, nije potrebno uvoditi drugu i treću meru. U slučaju da se pored uvedenog AVL sistema javlja značajna neravnomernost intervala sleđenja vozila predlaže se uvođenje dodatnog vozila na liniji. Ukoliko se ravnomernost intervala sleđenja ne može postići ni uvođenjem dodatnog vozila na liniji predlaže se podela dijamentalne linije na dve radialne linije.

4.1. Tehnologija AVL sistema

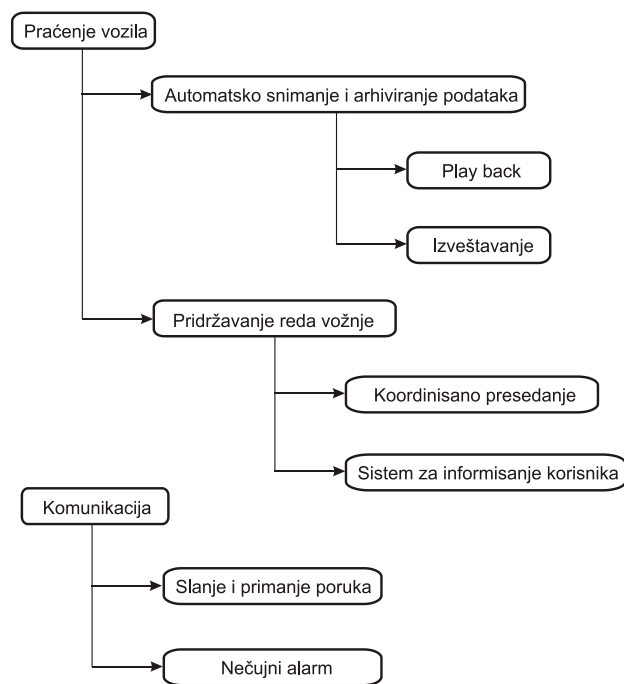
Za potrebe praćenja kretanja vozila predlaže se uvođenje sistema automatskog praćenja vozila. Kod ove tehnologije autobusi su opremljeni tehnologijom za pozicioniranje vozila (GNSS – engl. *Global Navigation Satellite System*)

i komunikacionom tehnologijom, putem koje se šalju informacije u kontrolni centar (slika 4).



Slika 4. Šema AVL sistema [5]

Podaci o lokaciji vozila koriste se za praćenje autobusa duž linije prema unapred definisanom redu vožnje u cilju evidentiranja odstupanja vozila od planiranog vremena. Osnovni ciljevi uvođenja AVL tehnologije su: poboljšanje zadovoljstva korisnika JGPP-a, smanjenje troškova prevoza, praćenje kretanja vozila na liniji i podizanje nivoa bezbednosti i brže intervencije u hitnim slučajevima. Na slici 5 prikazana je povezanost između različitih funkcija AVL sistema.



Slika 5. Povezanost različitih funkcija AVL sistema

Kako bi se ispravila loša ravnomernost vozila na liniji predlaže se implemetacija AVL sistema. Uvođenjem AVL sistema dispečerski centar u svakom trenutku može da prati ravnomernost vozila na liniji i u slučaju loše ravnomernosti vozila na liniji da preuzme određenu meru koja ne stvara dodatne troškove u funkcionisanju: zadržavanje vozila na stajalištima, preskakanje stajališta ili ranije okretanje vozila-prekid poluoobra.

4.2. Uključivanje dodatnog vozila

Kako bi se povećala ravnomernost intervala sleđenja vozila na liniji broj 5 neophodno je praćenje kretanja

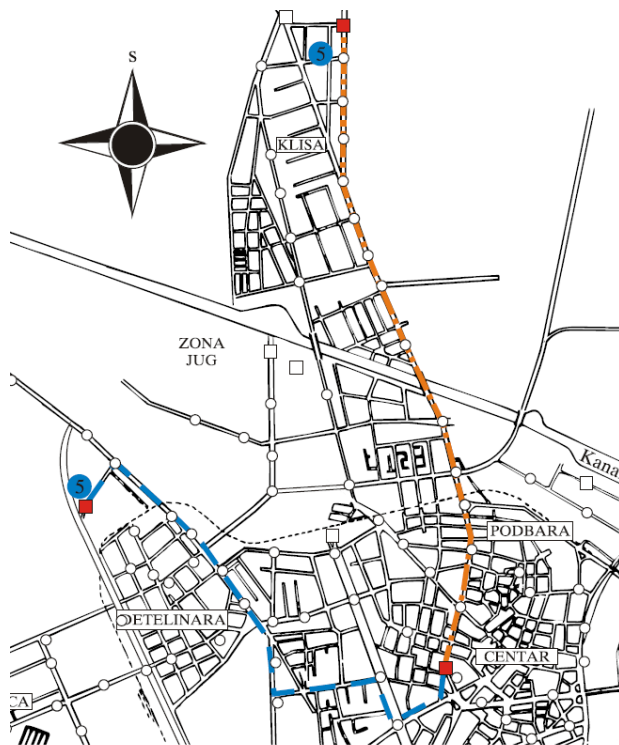
vozila u realnom vremenu (korišćenje AVL-a), a sve u cilju pravovremenog reagovanja dispečera. Ukoliko mere iz prethodnog poglavlja (poglavljja 4.1) ne dovedu ravnomernost intervala sleđenja vozila na zadovoljavajući nivo, predlaže se primena druge mere, a to je uvođenje dodatnog vozila na liniji. Druga mera će prekinuti proces širenja poremećaja intervala sleđenja vozila, odnosno sprečiti da se nastali poremećaj kod jednog vozila prenese na ostala vozila na liniji. Za razliku od prve mere druga mera zahteva značajnije finansijske, tehničke i ljudske resurse. Ova mera zahteva jednog više vozača i jedno više vozilo na liniji u odnosu na projektovano stanje.

4.3. Podela linija

Prethodno opisane mere pružaju zadovoljavajuće rezultate u uslovima sporadičnih primarnih poremećaja intervala sleđenja na liniji. Međutim, ukoliko se na velikom broju polazaka u toku dana javlja veći broj primarnih poremećaja intervala sleđenja vozila, onda prva i druga mera neće dati zadovoljavajuće rezultate. Za takvu situaciju se predlaže podela dijametralne linije broj 5 na dve radijalne linije (slika 6).

Na osnovu statičkih elemenata linije broj 5 za tačku podele dijametralne linije određeno je stajalište Uspenska – Šafarikova. Ovo stajalište nalazi se u užem centru grada i izvedeno je kao terminus. Podelom dijametralne linije broj 5 formirane su dve radijalne linije sa zajedničkim terminusom:

- linija 1: Temerinski put – Centar,
- linija 2: Centar – Avijatičarsko naselje



Slika 6. Novoformirane radijalne linije [2]

Podelom dijametralne linije broj 5 prekinuo bi se proces kumuliranja poremećaja, pa je nesporno da bi se stepen ravnomernosti intervala sleđenja povećao, odnosno postigao bi se bolji kvalitet usluge.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izvršena je analiza ravnomernosti intervala sleđenja vozila JGPP-a na liniji broj 5 u Novom Sadu i dat je predlog mera za poboljšanje ravnomernosti intervala sleđenja vozila.

Jedan od parametara koji ima najveći uticaj na kvalitet usluge sistema JGPP-a je interval sleđenja vozila na liniji. Poremećaji u intervalu sleđenja i loša ravnomernost sleđenja vozila mogu značajno da degradiraju projektovani kvalitet usluge.

Rezultati istraživanja na liniji broj 5 u Novom Sadu su pokazali da postoje značajna odstupanja između projektovanog i realizovanog reda vožnje.

Na osnovu izvršene analize, a skladu sa razvijenim merama i strategijama pozitivne inženjerske prakse, predložene su trostepene mere za povećanje ravnomernosti intervala sleđenja vozila i podizanje kvaliteta usluge na liniji broj 5 u Novom Sadu. Predložene mere su:

1. Uvođenje sistema za automatsko praćenje vozila,
2. Uključivanje dodatnog vozila na liniji,
3. Podela dijametralne linije na dve radijalne linije.

Kako bi se kontrolisala realizacija reda vožnje potrebno je evidentirati tačna vremena prolaska vozila kroz kontrolne tačke i uporediti ih sa planiranim vremenima. Uvođenjem AVL sistema vrlo jednostavno se može pratiti odstupanje kretanja vozila u odnosu na planirano, tako da dispečer može u svakom trenutku primeniti neku od strategija za povećanje ravnomernosti.

Ukoliko prva mera ne pruža zadovoljavajuće rezultate, predlaže se primena druge mere, a to je uvođenje dodatnog vozila na liniji. Druga mera bi trebalo da prekine proces širenja poremećaja intervala sleđenja vozila. Za razliku od prve mere druga mera zahteva značajnije finansijske, tehničke i ljudske resurse.

Treća mera predstavlja podelu dijametralne linije broj 5 na dve radijalne linije. Dijametralnu liniju broj 5 Temerinski put–Avijatičarsko naselje potrebno je podeliti na radijalnu liniju Temerinski put–Centar i radijalnu liniju Centar–Avijatičarsko naselje. Podelom dijametralne linije na dve radijalne, prekida se proces kumuliranja poremećaja intervala sleđenja vozila, a stepen ravnomernosti intervala sleđenja vozila se povećava, odnosno postiže se bolji kvalitet usluge posmatran kroz kraće vreme čekanja putnika na stajalištu.

6. LITERATURA

- [1] Banković R., Organizacija i tehnologija javnog gradskog putničkog prevoza, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1994
- [2] Pitka, P.: Optimizacija linijskog sistema prevoza putnika, doktorska disertacija, FTN Novi Sad, 2016.
- [3] Sistemsko-generalno brojanje i anketa putnika u javnom gradskom i prigradskom prevozu putnika na području Novog Sada, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011
- [4] van Oort N. Incorporating service reliability in public transport design and performance requirements: International survey results and recommendations. *Research in Transportation Economics*. 2014 Dec 1;48:92-100.
- [5] Gladović P., Popović V., Simeunović M., Informacioni sistemi u drumskom transportu, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2014

Kratka biografija:

Milica Radojičić, rođena je u Nevesinju 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja i transporta – Projektovanje i organizacija odbranila je 2021. god. kontakt: milicaradojicicns@gmail.com

Pavle Pitka rođen je u Sr, Mitrovici 1983. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. god., a od 2017 izabran je u zvanje docenta na Katedri za tehnologije transportno-logističkih sistema.