

NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ŽELEZNICA SRBIJE • UDK 656.2 (05) • ISSN 0350-5138

# ŽELEZNICE

VOL. 62 • BROJ 2 • STRANA 77-130 • BEOGRAD • JUL 2017. GODINE



NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ŽELEZNICA SRBIJE • UDK 656.2 (05) • ISSN 0350-5138

# ŽELEZNICE

VOL. 62 • BROJ 2 • STRANA 77-130 • BEOGRAD • JUL 2017. GODINE

## IZDAJE



Društvo diplomiranih inženjera  
železničkog saobraćaja Srbije (DIŽS)  
Beograd, Nemanjina 6

### Odgovorno lice izdavača

*Danko Trninić*, dipl. inž. saob.  
predsednik

## REDAKCIJA

### Glavni urednik

*Prof. dr Milan Marković*, dipl. inž. saob.

### Odgovorni urednik

*Vesna Gojić Vučićević*, dipl. nov.

### Tehnički urednik

*Miodrag Ivanović*, dipl. inž. saob.

### Lektor

*Ksenija Petrović*, dipl. filol.

### Dizajn korica

*mr Nenad Vojičić*, akad. slik.

## TIRAŽ

300 primeraka

## ŠTAMPA

Copy Link Studio d.o.o.  
Beograd, Admirala Geprata 3

## KONTAKT

tel. +381 11 3613 219  
E-mail: [casopis-zeleznice@dizs.org.rs](mailto:casopis-zeleznice@dizs.org.rs)  
[www.dizs.org.rs](http://www.dizs.org.rs)  
[www.zeleznicesrbije.com](http://www.zeleznicesrbije.com)

## PREGLEDNI RADOVI

*Aleksandar Blagojević, Slavko Vesković, Gordan Stojić*

**DEA model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti  
željezničkih putnih operatera ..... 81**

*Miroslav Prokić, Branislav Bošković*

**Koncept interoperabilnosti železnica Evropske unije ..... 95**

## STRUČNI RADOVI

*Aleksandar Radosavljević*

**Vučno/energetski proračuni u Opentreku ..... 105**

*Živorad Lazić*

**Predlog metodologije za izračunavanja rejtinga  
zaposlenih u javnom sektoru Republike Srbije ..... 115**

*Zoran Pavlović, Aleksandra Vukmirović*

**Primena naprednog modela zasnovanog na  
tehnologijama IoT ..... 123**

## REDAKCIONI ODBOR

*Miroslav Stojčić*, dipl. inž. saob. (predsednik)

*Danko Trninić*, dipl. inž. saob.

*Dušan Garibović*, dipl. ekon.

*Josip Ujčić*, dipl. inž. saob.

*Jugoslav Jović*, dipl. inž. maš.

*mr Ljubomir Bečejac*, dipl. inž. maš.

*Milutin Ignjatović*, dipl. inž. geol.

*Milutin Milošević*, dipl. inž. saob.

*mr Miodrag Poledica*, dipl. inž. saob.

*Momčilo Tunić*, dipl. inž. saob.

*Nenad Kecman*, dipl. inž. saob.

*Nikola Tomić*, dipl. soc.

*mr Petar Odorović*, dipl. prav.

*mr Rajko Ković*, dipl. ekon.

## UREĐIVAČKI ODBOR

*dr Aleksandar Radosavljević*, dipl. inž. maš.

*Prof. dr Bojan Ilić*, dipl. ekon.

*Doc. dr Borna Abramović*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Božidar Radenković*, dipl. inž. org.

*Prof. dr Branislav Bošković*, dipl. inž. saob.

*Akademik Branislav Mitrović*, dipl. inž. arh.

*Doc. dr Danijela Barić*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Dragomir Mandić*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Dragutin Kostić*, dipl. inž. elek.

*Prof. dr Dušan Stamenković*, dipl. inž. maš.

*dr Ešref Gačanin*, dipl. inž. maš.

*Prof. dr Goran Marković*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Goran Simić*, dipl. inž. maš.

*Prof. dr Gordan Stojić*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Ilija Tanackov*, dipl. inž. saob.

*dr Kire Dimanoski*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Marko Vasiljević*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Milorad Kilibarda*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Miloš Ivić*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Nebojša Bojović*, dipl. inž. saob.

*dr Peter Verlič*, dipl. inž. građ.

*dr Rešad Nuhodžić*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Slavko Vesković*, dipl. inž. saob.

*Prof. dr Snežana Mladenović*, dipl. mat.

*Doc. dr Stanislav Jovanović*, dipl. inž. građ.

*dr Vesna Pavelkić*, dipl. fiz. hem, prof. str. st.

*Prof. dr Vojkan Lučanin*, dipl. inž. maš.

*Prof. dr Zdenka Popović*, dipl. inž. građ.

*Prof. dr Zoran Avramović*, dipl. inž. elek.

*dr Zoran Bundalo*, dipl. inž. saob, prof. str. st.

*dr Zoran Milićević*, dipl. inž. elek.

*dr Zorica Milanović*, dipl. inž. saob, prof. str. st.

*dr Života Đorđević*, dipl. inž. maš.

# UPUTSTVO AUTORIMA I SARADNICIMA ČASOPISA „ŽELEZNICE“

## 1. OPŠTE ODREDBE

Autori su obavezni da radove pripreme i dostave Redakciji časopisa prihvatajući i poštujući sva pravila navedena u ovom uputstvu i odgovorni su za njihovu originalnost i kvalitet, kao i verodostojnost rezultata.

Radovi mogu biti na maksimalno 12 stranica A4 formata uključujući i sve priloge, a preporuka je da nisu kraći od 8 strana. Pisati ih u programu Microsoft Word fontom Cambria sa proredom 1 („single”) i vrednostima „0” u opcijama „before” i „after”. Između svakog naslova, podnaslova i pasusa ostaviti po jedan prazan red. Koristiti mod „justify”. Gornja i donja margina treba da su 3 cm, a leva i desna 2,2 cm.

Radove pripremiti u dve verzije: crno-beloj za štampano i kolor za elektronsko izdanje. Kompletne radove, sa svim priložima, dostaviti Redakciji časopisa na sledeći način:

- dva odštampana crno-bela primerka na belom papiru formata A4 (original i jednu kopiju) predati na adresu „Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije, Beograd, Nemanjina 6”,
- obe verzije (crno-belu i kolor) poslati na e-mail „casopis-zeleznice@dizs.org.rs” ili predati na elektronskom mediju.

Za obe verzije, slike i fotografije posebno dostaviti u JPG, TIFF ili PNG formatu minimalne rezolucije 300 dpi.

Autori su obavezni i da za svaki rad posebno Redakciji časopisa dostave u štampanom obliku potpisanu „Izjavu o autorstvu i originalnosti rada”.

Svi radovi podležu recenziji. Autorima se neće saopštavati imena i prezimena recenzenata.

## 2. TEHNIČKA PRIPREMA

**Puna imena i prezimena autora**, sa fusnotom, napisati velikim „bold” slovima uz desnu marginu.

**Naslov** rada može biti najviše u dva reda. Napisati ga velikim „bold” slovima veličine 18 na sredini stranice. Naslov se mora dati i na engleskom jeziku.

**Rezime** rada (kratak pregled istraživanja i ostvarenih rezultata) obima 100–200 reči, napisati malim slovima veličine 10, a potom u novom redu navesti do 7 **ključnih reči**. Oba dela moraju se dati i na engleskom jeziku.

U **fusnoti** za svakog autora navesti akademsku titulu, ime, prezime i zvanje, naziv i adresu institucije u kojoj je zaposlen i e-mail adresu.

**Poglavlja i potpoglavlja** pisati u dve kolone (stupca) razmaka 8 mm. Naslove pisati slovima veličine 11: velikim „bold” ako su sa jednim, malim „bold” ako su sa dva i malim „bold italic” ako su sa tri arapska broja. Tekstove poglavlja i potpoglavlja pisati slovima veličine 10. U svakom pasusu dozvoljeno je po jedno nabranje i podnabranje formatizovano u alineje.

**Jednačine** po pravilu pisati u jednoj koloni, a one duže mogu da budu i preko obe kolone. Numerisati ih uz desnu marginu u malim (okruglim) zagradama i na te brojeve se pozivati u tekstu. Simboli koji se koriste u jednačinama moraju da budu definisani pre ili neposredno posle njih. Promenljive se pišu „italic” slovima.

**Tabele, grafikone, crteže i fotografije** ubaciti na mesta gde se o njima govori u tekstu. Mogu da budu u jednoj koloni ili preko obe kolone. Numerišu se redom kako se pojavljuju i pišu „italic” slovima. Njihovi nazivi treba da su uz levu marginu iznad tabela, a na sredini ispod grafikona, crteža i fotografija.

Upotrebljavati **osnovne jedinice SI (MKS)** mernog sistema. Ako se moraju koristiti neke druge, obavezno ih naznačiti. **Skraćenice i akronime** definisati kada se prvi put upotrebe u tekstu, čak i ako su već date u rezimeu. Opšte poznate skraćenice ne treba da se obrazlažu.

U **zaključku** ne ponavljati deo opisan u rezimeu. U njemu objasniti značaj rada ili predložiti moguću primenu ostvarenih rezultata i navesti preporuke za dalja istraživanja na određenoj problematici.

Ako je predviđena „**ZAHVALNICA**” za pomoć u radu, napisati je kao posebno poglavlje pre literature.

Literatura se u tekstu navodi u srednjim [uglastim] zagradama po redosledu citiranja. Spisak iste daje se u poslednjem poglavlju rada, pod nazivom „**LITERATURA**”. Sve navedene relevantne reference iz posmatrane oblasti treba da budu tačne i kompletne, t.j. da potpuno opisuju izvore podataka.

### 3. PRIMER FORMATIZOVANJA RADA

JOVAN JOVANOVIĆ<sup>1</sup>, PETAR PETROVIĆ<sup>2</sup>

## NASLOV RADA NASLOV RADA NA ENGLISKOM JEZIKU

**Rezime:** tekst obima 100–200 reči

**Ključne reči:** vreme, transformacija, koncentracija

**Summary:** prevod rezimea na engleski jezik.

**Key words:** time, transformation, concentration

#### 1. POGLAVLJE

##### 1.1. Potpoglavlje

###### 1.1.1. Potpoglavlje

**Primer za formulu:**

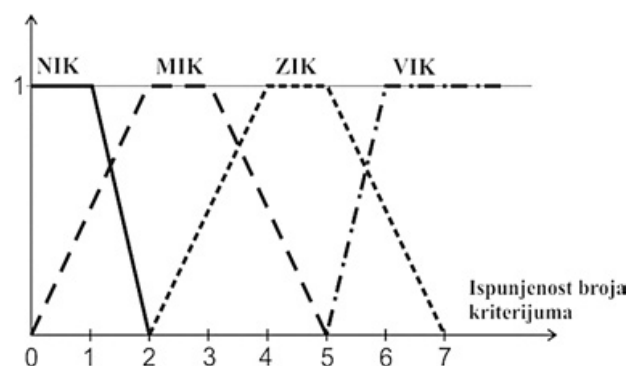
$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

**Primer za tabelu:**

Tabela 1. Naziv

Period dana	Srednji inter. sl. (min)	Iskoriš. kapac. (%)	Broj vozova		
			putnič.	teretni	Σ
05-23	12,5	84	28	8	36
23-05	10,7	62	4	10	14
Ukupno			32	18	50

**Primer za grafikon, crtež i fotografiju:**



Slika 5. Naziv

**Primer navođenja literature** za rad objavljen u časopisu [1], knjigu [2], poglavlje u monografiji (knjizi) sa više autora [3], rad objavljen u zborniku radova sa konferencije [4] i članak preuzet sa veb sajta [5]:

- [1] Rongrong, L., Yee, L.: *Multi-objective route planning for dangerous goods using compromise programming*, Journal of Geographical Systems, Vol. 13. No. 3, pp. 249-271, 2011.
- [2] Law, A.: *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Inc, New York, 2007.
- [3] Stojić, G.; Tanackov, I.; Vesković, S.; Milinković, S.: *Modeling Evaluation of Railway Reform Level Using Fuzzy Logic*, Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent Data Engineering And Automated Learning, Ideal '09. Burgos, Spain, Springer-Verlag Berlin, Germany. 5788: pp. 695-702, 2009.
- [4] Mladenović, S., M. Čangalović, D. Bečejski-Vujaklija, Marković, M.: *Constraint programming approach to train scheduling on railway network supported by heuristics*, 10th World Conference on Transport Research, CD of Selected and Revised Papers, Paper number 807, Abstract book I, pp. 642-643, Istanbul, Turkey, 2004,
- [5] Tod, L., Tom. R.: *Evaluating Public Transit Accessibility 'Inclusive Design' Performance Indicators For Public Transportation In Developing*, 2005., (10.09.2015), dostupno na: <http://www.vtpi.org/tranacc.pdf> (2005)

1 Prof. dr Jovan Jovanović, dipl. inž. saob, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode stepe 305, Beograd, j.jovanovic@sf.bg.ac.rs

2 Mr Petar Petrovic, dipl. ekon, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, petar.petrovic@uns.ac.rs

ALEKSANDAR BLAGOJEVIĆ<sup>1</sup>, SLAVKO VESKOVIĆ<sup>2</sup>, GORDAN STOJIĆ<sup>3</sup>

## DEA MODEL ZA OCJENU EFIKASNOSTI I EFEKTIVNOSTI ŽELJEZNIČKIH PUTNIČKIH OPERATERA

## DEA MODEL FOR EVALUATION OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF PASSENGER RAIL OPERATORS

Datum prijema rada: 27.5.2017. god.

UDK: 519.8:656.2+330.4

### REZIME

Osnovni cilj evropske politike željezničkog transporta je osnivanje jedinstvenog željezničkog prostora. Otvaranjem željezničkog sektora tržišnoj konkurenciji željeznički operateri primorani su da se ponašaju kao i sva druga savremena preduzeća na drugim tržištima i u drugim industrijama, što znači da moraju konstantno razvijati i održavati konkurentske prednosti, odnosno da budu bolja od drugih. U današnjim konkurentski vrlo intenzivnim uslovima to je i najteže postići. Pred željezničkim operaterima je postavljen izazov koji podrazumijeva pronalaženje optimalnih rješenja da posluju efikasno i efektivno, da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da razviju i održavaju svoje konkurentske prednosti. Širok je spektar kriterijuma koji mogu biti proučavani kada je u pitanju efikasnost željezničkih operatera. U većini slučajeva postoji više kriterijuma koji su vrlo često međusobno konfliktni. Cilj ovog istraživanja je da se definišu i vrednuju kriterijumi koji utiču na efikasnost željezničkih operatera i povećanje njihovih konkurentskih sposobnosti i da se predloži model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera u funkciji povećanja konkurentskih sposobnosti. Da bi se riješio problem izbora kriterijuma, eksperimentisano je sa jednom od najšire korišćenih metoda za donošenje odluka danas – Fazi Analitičko Hijerarhijski Procesi (FAHP). U ovom radu je predložen model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera za transport putnika baziran na Analizi Obavijanja Podataka (eng. Data Envelopment Analysis – DEA) koji omogućuje poređenje efikasnosti uporedivih jedinica, u ovom slučaju grupe operatera sa većim brojem ulaznih i izlaznih promjenljivih, koji u velikoj mjeri može pomoći povećanju konkurentskih sposobnosti željezničkih operatera na jedinstvenom željezničkom tržištu. Predloženi model testiran je na realnim primjerima izabranih operatera iz Evrope.

**Glavne riječi:** Željeznički operater, efikasnost i efektivnost, metoda, DEA, model

### SUMMARY

The main objective of the European policy of rail transport is the development of a single railway area. The opening of railway sector to market competition impose that railway undertakings behave like any other modern enterprises in other markets and in other industries. It means, they must constantly develop and maintain competitive advantages, and be better than others. In today's very intense competition conditions this is the most difficult to achieve. The railway undertakings are challenged to find optimal solutions to operate efficiently and effectively, in order not only to survive on the transport market, but also to develop and maintain a competitive advantage. A wide range of criteria can be studied when it comes to the efficiency of railway undertakers. In most cases there are several criteria that are often conflicting mutually. The purpose of this study is to define and evaluate the criteria that influence the efficiency of railway undertakings and increasing of their competitive ability and to propose a model for the evaluation of the effectiveness and efficiency of railway undertakings in order to increase the competitive capability. In order to solve the problem of indicators selection, it was experimented with one of the most used methods for making decisions today - Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). This paper proposes a model for the evaluation of the effectiveness and efficiency of railway undertakings for passenger transport, based on Data Envelopment Analysis (DEA), which allows comparing efficiency across comparable units, in this case the group of undertakings with a large number of input and output variables, which can help to a large extent to increase the competitive ability of railway undertakings in the single railway market. The proposed model has been tested on real examples of selected railway undertakers in Europe.

**Key words:** Railway undertaking, efficiency and effectiveness, method, DEA, model

1 Dr Aleksandar Blagojević, dipl. inž. saob., Regulatorni odbor Željeznica BiH, Vojvode Mišića 82A, Doboј, aleksandar.blagojevic@mkt.gov.ba

2 Prof. dr Slavko Vesković, dipl. inž. saob., Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, veskos@sf.bg.ac.rs

3 Prof. dr Gordan Stojić, dipl. inž. saob., Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, gordan.stojic@gmail.com

## 1. UVOD

Danas, savremeno poslovanje prvenstveno podrazumijeva izrazito zahtjevnu tržišnu borbu, bez obzira na to da li se radi o proizvodnji ili pružanju transportnih usluga. Oštra konkurencija zahtijeva da organizovanost kompanija postane centralna determinanta poslovanja, a aktivnosti koje se sprovode budu potpuno usklađene i finansijski isplative, kako za nosioca, tako i korisnika usluga. U cilju opstanka na tržištu, kompanije nastoje da pronađu optimalan odnos između uloženi resursa i ostvarenih ciljeva. Efikasan željeznički transport veoma je bitna komponenta ekonomskog razvoja na globalnom i nacionalnom nivou. Zato je od posebne važnosti racionalno restrukturirati željeznice i razviti njihove konkurentske sposobnosti. Da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da bi mogli da razvijaju i održavaju konkurentske prednosti, moraju da posluju efikasno i efektivno.

U velikom broju zemalja u Evropi, ali i u drugim zemljama svijeta, prihvaćeni su standardi koji se odnose na restrukturiranje željezničkog sistema. Donijeta su odgovarajuća pravna akta kojim je izvršena transformacija željeznica. Dosadašnje faze restrukturiranja nisu omogućile potpunu liberalizaciju željezničkog transportnog tržišta, očekivano pozitivno poslovanje željezničkog sektora, zadovoljenje zahtjeva transportnog tržišta, podizanje kvaliteta željezničkih usluga na potrebni nivo, interese društvene zajednice na nacionalnom, regionalnom i lokalnom nivou i dr. Restrukturiranje željezničkog sistema donijelo je samo djelimično pozitivne rezultate poslovanja na glavnim željezničkim pravcima ili panevropskim koridorima i to uglavnom u tranzitnom saobraćaju [1]. Iako je kvalitet usluga željezničkog sistema nešto povećan, on je i dalje daleko od kvaliteta koji zahtijeva transportno tržište. Takav je slučaj i sa željeznicama u BiH, ali i u okruženju.

U pružanju odgovarajućeg kvaliteta željezničkih usluga veoma važnu ulogu, pored željezničke infrastrukture, imaju i željeznički operateri sa aspekta: pouzdanosti, frekventnosti, taktnog reda vožnje, brzine saobraćaja, bezbjednosti, organizacije rada u željezničkim stanicama, konkurentne cijene na transportnom tržištu itd. U sadašnjim uslovima, u velikom broju zemalja prevoz obavljaju uglavnom nacionalni operateri koji su proizašli iz transformacije – podijele željezničkih preduzeća i njima upravljaju države.

Potpuna liberalizacija željezničkog transportnog tržišta podrazumijeva, prije svega, slobodan i nediskriminišući pristup željezničkoj infrastrukturi uz činjenicu da funkciju prevoza obavlja veći broj operatera na odgovarajućoj nacionalnoj željezničkoj mreži. Efektivnost i efikasnost transportnih aktivnosti značajno utiče na profitabilnost poslovanja svih subjekata

uključenih u proces, ali se ne mogu obezbijediti bez velikih napora u cilju procesa upravljanja kvalitetom i transportnim aktivnostima. Da bi se ocijenilo pravilno izvođenje operacija u prevozu putnika i robe željeznicom, odnosno efikasnost željezničkih operacija, neophodno je definisati i odrediti odgovarajuće indikatore. Imajući u vidu da efektivnost u željezničkom saobraćaju čini broj usluga u ponudi i sadržaji usluga koje su realizovane, neophodno je da se odrede kriterijumi koji mogu da definišu efikasnost. Na osnovu definicije, efikasnost zavisi od broja izvršenih u odnosu na broj planiranih vožnji, a imajući u vidu razloge koji su doveli do toga da se putovanje ne realizuje (vremenski uslovi, tehnička neispravnost, nedostatak osoblja...).

## 2. STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

Efikasan željeznički transport veoma je bitna komponenta ekonomskog razvoja na globalnom i nacionalnom nivou. S toga je od posebne važnosti restrukturirati željeznice i razviti konkurentske sposobnosti. EU započinje sveobuhvatan proces restrukturiranja i komercijalizacije željezničkog saobraćaja, koji omogućuju reafirmaciju i poboljšanje kvaliteta željezničkih usluga i efikasnosti željeznice. Polazni dokumenti za ostvarivanje cilja su: Plan željeznica, Povelja o teretnom saobraćaju, Direktiva 2004/51/EC, Evropska tehnička strategija za željeznička preduzeća (Bijela knjiga 1996. i 2011). Glavni cilj dokumenata EU je osposobljavanje željeznice za konkurentnost na transportnom tržištu.

Prema Evropskoj tehničkoj strategiji za željeznička preduzeća (European Railway Technical Strategy, European Rail Infrastructure Management Managers, 2008), efikasnost željezničkog putničkog i teretnog saobraćaja povećala bi se i više nego što je neophodno ako se smanje ukupni troškovi kompanije. Izazovni scenario za željeznice je da olakša veliki ekonomski razvoj u budućnosti, što bi izazvalo veću potražnju za prevozom putnika i tereta, zadržavajući visok nivo javne svijesti o životnoj sredini i smanjenju emisije ugljendioksida (povećana energetska efikasnost). Scenario velikog privrednog razvoja osnova je pomenute strategije, kao i potreba da željeznički sektor bude isplativ i da nudi atraktivan vid transporta koji će zadovoljiti standarde zaštite životne sredine uz uvođenje održivih rješenja. Da bi se ispunili uslovi, u skladu sa prethodno predstavljenim scenarijom, željeznica mora biti multifunkcionalna i treba da smanji ukupnu cijenu kroz: veliki kapacitet (putnički i teretni kilometri po kilometru pruge); visoku pouzdanost usluga (pouzdanost i manje kašnjenje); nizak nivo emisije ugljendioksida (tona po putničkom i teretnom kilometru); smanjenje buke; povećanu udobnost i adekvatan putnički prostor (željeznička

stanica); povećanu dostupnost mobilnih kapaciteta; bolju informisanost (prije i tokom putovanja); bolju bezbjednost (od trenutka ulaska do trenutka izlaska iz stanice); stabilan nivo pouzdanosti (ukupan ekvivalent izgubljenih života, kao rezultat rada sistema).

Garcia i Moreno [2] iznose rezultate istraživanja na 21 željezničkom preduzeću uticaja organizacionih promjena na poslovnu efikasnost (povećanje prihoda i produktivnosti i smanjenje troškova).

Ehrmann [3] ističe da je deficit državnih željeznica ogroman i da je pitanje efikasnosti kompanija postalo aktuelno u ekonomsko-političkim debatama. Stalni deficiti željeznica, takođe, ukazuju na to da bi višak kapaciteta u cijeloj industriji uz nedostatak efikasnosti željeznica pod državnom upravom mogao biti glavni razlog za nedovoljan ili negativan povrat uloženog kapitala. U vreme kada u cijelom svijetu postoji veliki javni dug, država ima prirodan interes da se željeznička preduzeća prilagode i da kapital koji je njima dodijeljen učine isplativim.

U radu [4] predložena je metodologija za procjenu učinka organizacija koje pružaju usluge. Ciljevi su bili da se definišu faktori koji mogu da se koriste za procjenu efikasnosti ovih jedinica odlučivanja i da se odrede grupe sličnih jedinica koje razvijaju iste funkcije, a razlikuju se samo u intenzitetu korišćenja resursa. Analiza je uključila poređenja relativne efikasnosti više različitih jedinica, između ostalih i poštanskih operatora u Brazilu, korišćenjem DEA. Autori su ukazali da predložena metodologija može da obezbijedi korisne informacije, koje mogu da pomognu menadžerima u procesu donošenja odluka.

U radu [5] ocijenjena je putnička i teretna tehnička efikasnost, efikasnost usluga i tehnička efikasnost 20 odabranih željeznica drugih zemalja za 2002. godinu. Studija je otkrila da se ove mjere značajno razlikuju. Budući da analiza obavljanja podataka multiaktivnih mreža modelira realnost poslovanja željeznice, može se dodatno dobiti uvid u postojeće stanje i na taj način mogu se predložiti strategije za poboljšanje operativnih performansi.

Pavlyuk [6] u svojoj studiji „Analiza efikasnosti željeznica evropskih zemalja”, koristi analizu stohastičkih granica za procjenu efikasnosti željezničkog sistema u evropskim zemljama. On željeznicu posmatra kao sistem koji koristi svoju dužinu operativnih linija, broj automobila i vagona, zaposlene i skalu tržišta, kao što su broj stanovnika i turista za prevoz putnika i tereta. Rezultat istraživanja pokazao je da željeznički sistemi pokazuju ogromne razlike u tehničkoj efikasnosti između različitih zemalja, kao i između teretnog i putničkog transporta unutar iste zemlje.

Friebel i dr. [7] pokušali su izmjeriti uticaj reformi u evropskim željeznicama na tehničku efikasnost željeznice. Da bi to postigli, koristili su analizu ulaznih i izlaznih podataka, primjenom funkcije Cobb-Douglas koja implicitno pretpostavlja odvajanje između ulaznih i izlaznih podataka. Za ulazne podatke koristili su dužinu pruga na mreži i broj zaposlenih, a kao izlazne podatke putničke km i tonske km, posebno za putnički i teretni transport. Radili su na uzorku 11 evropskih zemalja za period 1980-2003. godine. U fizičke podatke od ranije, oni su dodali tri vrste reformi koje su se desile u Evropi i to: odvajanje, ulazak drugih kompanija (konkurencija) i postojanje nezavisnog regulatornog tijela. Njihovi rezultati ukazuju na to da su reforme željeznice povećale efikasnost željezničkog transporta, kao i da su reforme uspješnije kada se primjenjuju sekvencijalno, umjesto sve odjednom.

U radu [8] modeliran je željeznički prevoz u tri procesa: proces proizvodnje, proces potrošnje (potrošnja/izlazni podaci) i proces zarade (zarada/potrošnja) stvarajući jedinstveni multi-fazni okvir za mjerenje performansi kineske željeznice od 1999. do 2008. godine. Prvo su koristili DEA model za ocjenu efikasnosti produktivnosti, efektivnosti potrošnje i efektivnosti zarade sa statističkog gledišta. Zatim, koristili su Malmquist TFP indeks za ocjenu produktivnosti proizvodnje, produktivnosti potrošnje i produktivnosti zarade sa dinamičke tačke gledišta. Takođe, koristili su prosječni kumulativni Malmquist TFP indeks kako bi ocijenili uticaj reforme sistema upravljanja na kineskim željeznicama na željeznički transport u 2005. god.

Jianjun [9] analizira neefikasnosti u proizvodnji i ističe da u željezničkom transportu postoji potreba za uvođenjem ekonomične proizvodnje i to mijenjanjem načina organizacije transporta, tako što poboljšava interne ugovorne odnose i optimizaciju poslovne organizacione strukture, racionalno korištenje resursa, a i ekonomski značajno poboljšava efikasnost i efektivnost stvaranjem novog načina ekonomične organizacije željezničkog transporta.

Azadeh i Salehi [10] definišu metodologiju baziranu na DEA analizi u cilju da se ispita efikasnost upravljača i operatera i da se definišu nedostaci. Autori navode da nivo izdržljivosti sistema zavisi od količine nedostataka. Što su manji nedostaci u funkcionisanju između operatera i upravljača (što je manji jaz između njih), performanse preduzeća će biti efikasnije u smislu izazova i poteškoća u stvarnom radu.

Andriulo i Gnoni [11] predlažu metodološki okvir za ispitivanje globalne efikasnosti sistema upravljanja „near miss events” (događajima koji su mogli dovesti do nesreće). Model je zasnovan na pristupu racionalne bezbjednosti („lean safety”), koji predstavlja

globalnu strategiju za poboljšanje efikasnosti. Ovaj pristup zasnovan je na Deming ciklusu, a to je model konstantnog poboljšanja kvaliteta u četiri koraka, a to su: planiranje (plan), izvršenje (do), provjera (check), djelovanje (act), koji se stalno ponavljaju. Osim toga, primjenjuje se i koncept „lične odgovornosti” – svaki zaposlenik u skladu sa svojim mogućnostima doprinosi poboljšanju performansi preduzeća.

Predmet istraživanja ovog rada proističe iz potrebe zemalja Evrope, bilo da su članice EU ili apliciraju za članstvo, da uspostave tržišne principe poslovanja u željezničkom sektoru. To se, prije svega, odnosi na liberalizaciju željezničkog tržišta i uvođenje većeg broja željezničkih prevoznika, a u kontekstu njenih reformi usaglašenih sa integracijom u EU i međunarodno transportno tržište. U užem smislu, predmet istraživanja fokusira pojam željezničkog operatera preko razvoja modela za utvrđivanje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera, posebno u procesu restrukturiranja evropskih željeznica uslovljenim potrebom rasta ekonomske efikasnosti.

### 3. DEFINISANJE I VREDNOVANJE KRITERIJUMA ZA OCJENU EFIKASNOSTI I EFEKTIVNOSTI ŽELJEZNIČKIH OPERATERA

Donošenje odluke o izboru kriterijuma za efikasnost i efektivnost željezničkih operatera veoma je složen proces i spada u domen strateškog planiranja. Donošenje ove odluke u funkciji je upravljanja željezničkim operaterom i kao takva ova aktivnost je složena, kreativna i permanentna. Rješavanje niza složenih pitanja u okviru definisanog problema podrazumijeva neophodnu podršku znanja iz raznih oblasti: teorije odlučivanja, teorije upravljanja, sistema za podršku odlučivanju, ekspertskih sistema, zatim poznavanje realnog sistema – transporta kao sistema i željeznice kao podsistema i njihovih veza sa okruženjem. Posebno je značajno praćenje iskustava u širem okruženju u Evropi. Danas se teorija i metode odlučivanja intenzivno razvijaju, a naročito se razvijaju matematičko-računarski alati, programski paketi i programski sistemi, koji se zajedničkim imenom nazivaju modeli ili sistemi za podršku odlučivanju koji se rade na osnovu odgovarajućih softverskih paketa. Implementacija ovih softvera i rad sa njima je suštinski prelaz na savremene metodologije i tehnologije odlučivanja. Rastući interes za primjenu ovih modernih alata analize i sinteze ekspertskih i drugih stručnih i političkih znanja, u procesu odlučivanja, proističe iz rastuće svijesti da računarski podržano odlučivanje predstavlja višestruku korist za sve članice društva, umanjuju subjektivnost i povećavaju odgovornost za odluke na svim nivoima odlučivanja. Sigurno je da vrsta problema i količina

informacija koje ga opisuju i njihova dostupnost opredjeljuju metodu za odlučivanje. Da bi donijeli odluku o izboru kriterijuma za efikasnost i efektivnost željezničkih operatera, neophodno je vrednovanje predloženih varijantnih rješenja. Kako ih vrednovati ključno je pitanje kod opredjeljenja metode. Širok je spektar kriterijuma koji mogu biti proučavani kada je u pitanju efikasnost i efektivnost željezničkih operatera. U većini slučajeva postoji više kriterijuma koji su vrlo često međusobno konfliktni. Za izbor najbolje metode vrednovanja ili odlučivanja kod izbora kriterijuma dosadašnja iskustva i literatura iz ove oblasti ukazuju da problem treba rješavati metodama višekriterijumskog odlučivanja. U ovom radu eksperimentisano je sa jednom od najpopularnijih metoda za donošenje odluka danas FAHP.

U procesu definisanja modela za ocjenu efikasnosti i efektivnosti nužno je sagledati i definisati kriterijume koji utiču na efikasnost i efektivnost željezničkog operatera. U svrhu definisanja i vrednovanje kriterijuma izvršeno je istraživanje najčešće korišćenih kriterijuma za efikasnost i efektivnost željezničkih preduzeća iz dostupne literature. Na osnovu sprovedenog istraživanja zaključeno je da se koristi veći broj kriterijuma koji se mogu definisati u sljedeće grupe: kriterijumi resursa, finansijski kriterijumi, operativni kriterijumi (kriterijumi funkcionisanja), kvaliteta usluga i bezbjednosti.

Menadžment željezničkih operatera može pratiti parcijalne aktivnosti i procese uz pomoć ovih kriterijuma, ali ne može steći potpunu sliku o funkcionisanju cjelokupnog sistema. Neophodno je definisati integrisanu mjeru koja će na neki način objediniti sve ove kriterijume. Takvom mjerom bi se na mnogo brži i sveobuhvatniji način mogla dobiti slika o funkcionisanju sistema, ali i definisati odgovarajuće korektivne akcije.

Prva faza podrazumijeva definisanje i grupisanje kriterijuma. U ovoj fazi poželjno je koristiti informacije o funkcionisanju analiziranog sistema. Takođe, neophodno je izvršiti grupisanje kriterijuma prema vrsti, prema podsistemu kome pripada, kao i prema nivou odlučivanja. U skladu sa tim, potrebno je definisati što širi skup kriterijuma. Grupisanje kriterijuma u željezničkom sistemu može se izvršiti na različite načine. Sa aspekta nivoa mjerenja moguće je definisati kriterijume na strateškom, taktičkom i operativnom nivou. Željeznički sistemi predstavljaju kompleksne sisteme sa brojnim, međusobno uslovljenim podsistemima, procesima i aktivnostima. Svaki podsistem, proces ili aktivnost karakterišu određeni kriterijumi. Na osnovu literature i određenih saznanja definisani su kriterijumi za operatere za transport putnika i prikazani su u tabeli 1. (po sličnom principu definisani su kriterijumi za operatere u transportu robe, opširnije u [12]).

U nastavku rada obrazloženi su suština, značenje i razlozi svake grupe kriterijuma. Svi kriterijumu su sa linearnom preferencijom i ocjenjuju se prema lingvističkoj skali značaja date u tabeli 2.

**1) Kriterijumi grupe resursa (kapaciteta).** Prva grupa kriterijuma razmatrana je na osnovu dužine mreže, ukupnog broja zaposlenih i raspoloživog broja voznih sredstava željezničkih operatera. Efikasnost i efektivnost, koju željeznički operateri postižu obavljajući svoju djelatnost, zavise od rezultata rada koji su postignuti korišćenjem resursa (kapaciteta). Postoji potreba da se zna stanje resursa i u kojoj mjeri su resursi korišćeni.

*Kriterijum dužina* mreže odnosi se na karakteristike mreže i uveliko utiče na efikasnost željezničkog operatera, odnosno za operatere je bitno da željeznička mreže bude razgranata i dobro povezana, a osim toga bitno je da je dobro povezana i sa međunarodnim linijama. Postoje male i guste željezničke mreže i mreže sa izrazito usklađenim redovima vožnje.

Tabela 1. Kriterijumi za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkog operatera za transport putnika

Grupa	Kriterijumi
Kriterijumi resursa (kapaciteta)	Dužina mreže
	Raspoloživi broj voznih sredstava
	Broj zaposlenih
Operativni kriterijumi	Komercijalna brzina vozova za prevoz putnika
	Broj prevezenih putnika
	Putnički kilometri
	Vozni kilometri
	Realizacija reda vožnje – broj otkazanih vozova
Finansijski kriterijumi	Ukupan prihod
	Dobit po zaposlenom
	Troškovi električne energije
	Troškovi goriva
	Troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture
Kriterijumi kvaliteta usluga	Raspoloživost usluga
	Pogodnost - sposobnost ponuđenih usluga
	Stabilnost usluga
	Pouzdanost usluga
Kriterijumi bezbjednosti	Broj ozbiljnih nesreća po voznom kilometru
	Broj nesreća po voznom kilometru
	Broj incidenata nesreća po voznom kilometru

Osnovna karakteristika željezničke mreže u BiH je da nije razgranata, tj. da je male gustine. Mreža se rasprostire preko dva osnovna pravca (oblik slova T) sa malim grananjem u čvorovima Doboj i Novi Grad, te stanici Prijedor. Iz toga proističe uska gravitaciona zona pruga, naročito kada je u pitanju transport putnika. Gustina mreže značajno se reflektuje kroz pristupačnost i dostupnost željezničke usluge. *Raspoloživi broj voznih sredstava* jedan je od ključnih kriterijuma konkurentnosti željezničkih operatera na otvorenom transportnom tržištu. Osnovna sredstva željezničkih operatera, koja imaju funkciju sredstava rada u procesu proizvodnje transportnih usluga, jesu vozna sredstva. Vozna sredstva obuhvataju vučna sredstva, odnosno lokomotive i druga sredstva sa sopstvenim pogonom i vučena sredstva, odnosno sve vrste kola za transport putnika i transport robe. Za željezničkog operatera od posebnog je značaja postići optimalan kapacitet koji podrazumijeva takvo korišćenje voznih sredstava kojim će se postići relativno najpovoljniji odnos između trošenja njihovih upotrebnih svojstava, s jedne i njihovog proizvodnog učinka, s druge strane. Liberalizacijom tržišta dolazi do sve jače konkurencije između operatera, kako po obimu, tako i po kvalitetu transportne usluge, te je veoma važno raspolagati sa savremenim voznim sredstvima. *Broj zaposlenih* jedan je od najosjetljivijih segmenata procesa restrukturiranja željezničkog sektora. Ekonomska tranzicija država Srednje i Istočne Evrope rezultirala je vrlo velikim razlikama između pojedinih sistema željezničkih preduzeća. Uzroke je lako naći u nekim procesima koji su bili specifični za pojedine države ili grupe država, na primjer: uspješnost restrukturiranja ekstraktivne i teške industrije, privatizacija i rast drumskog prevoza, raspad ekonomskih blokova (npr. Jugoslavije), te uticaj vojnih sukoba. U takvim okolnostima javlja se istovremeni višak i manjak radne snage. Sistemi željezničkih preduzeća opterećeni su znatnim viškom broja zaposlenih, koji je sve više izražen zbog negativnog trenda željezničkog saobraćaja, dok se s druge strane javlja deficit radne snage, koja posjeduje znanja i iskustva potrebna za zadovoljavanje novih zahtjeva tržišta. Broj zaposlenih važna je komponenta efikasnog poslovanja željezničkih operatera jer u današnje vrijeme osnovu postizanja konkurentskih prednosti čine niski troškovi. Fiksni i operativni troškovi poslovanja pod sve većim su pritiskom i uglavnom bilježe trendove rasta. Željeznički operateri po svojoj prirodi su radno-intenzivna industrija, što znači da jedan od glavnih pokretača troškova predstavlja trošak zaposlenih. Navedena tvrdnja poprima još veću težinu, ako se uzme u obzir činjenica da gotovo sve tranzicijske države, odnosno sistemi njihovih željeznica, imaju vrlo nepovoljnu produktivnost broja zaposlenih.

**2) Kriterijumi operativne grupe.** Druga grupa kriterijuma razmatrana je na osnovu komercijalne brzine vozova za prevoz putnika, broja prevezenih putnika, realizovanih putničkih i vozničkih kilometara, ali i realizacije reda vožnje – broj otkazanih vozova. *Komercijalna brzina* može se posmatrati kao operativni i kao kriterijum kvaliteta usluge. Efikasnost i efektivnost željezničkih operatera indirektno zavise od komercijalne brzine i vremena zadržavanja u željezničkim stanicama. Ako se uzme u obzir da organizacione mjere ne mogu značajno uticati na brzinu i vrijeme puta u toku obrta kola, može se zaključiti da, prema tom kriterijumu, odvijanje željezničkog saobraćaja zavisi od vremena zadržavanja, odnosno kriterijuma koji mogu biti pod uticajem organizacionih mjera. Drugim riječima, manja vremena zadržavanja znače manji obrt kola i efikasniji transport. U uslovima daljeg razvoja željezničkog saobraćaja i uslovima sve većih zahtjeva koje privreda i stanovništvo postavljaju u pogledu brzine putovanja, odnosno transporta putnika i robe, brzina saobraćajnih sredstava igraće sve značajniju ulogu u odlučivanju korisnika transporta pri izboru saobraćajnog puta. Zato će brzina transporta svakako biti jedan od najvažnijih faktora, koji se mora imati u vidu kada se rade uporedne analize efikasnosti željezničkih operatera. *Kriterijumi proizvodnog zadatka*, transporta putnika i robe, kao osnovne djelatnosti željezničkog operatera izražavaju se kroz broj prevezenih putnika i količinu prevezene robe. Željeznički operater transportom putnika i robe ubire određene prihode preko kriterijuma koji daju mogućnost sagledavanja količine izvršenog rada. U transportu putnika to su putnički kilometri (proizvod broja prevezenih putnika i daljine prevoza), a u transportu robe to su netotonski kilometri (proizvod mase prevezene robe u tonama i daljine prevoza). Željeznički operater izvršavajući transport izvršava određeni rad u putničkim i netotonskim kilometrima, što se smatra ostvarenom transportnom uslugom za koju se naplaćuje cijena za putnički, odnosno netotonski kilometar. U kvantitativne kriterijume spadaju: broj otpremljenih i prispjelih putnika, kao i broj putnika koji tranzitiraju posmatranu prugu ili područje, ostvareni, odnosno planirani, putnički kilometri, sjedišta kilometri putničkih vozova, vozni kilometri, kolski kilometri, kolskoosovinski, bruto-tonski kilometri i tara-tonski kilometri, kao i srednje gustine u putničkom saobraćaju. Za svaku stanicu utvrđuje se broj otpremljenih putnika na osnovu računa o prodatim voznim kartama ili potrebnim službenim kartama. Broj prispjelih putnika posebno se ne evidentira, nego se obično uzima uslovno da je jednak broju otpremljenih putnika. *Putnički kilometri* određuju se po formuli:

$$\sum AL = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n A_j l_j \right) i, \quad (1)$$

gdje je  $j=1,2,\dots,n$  – broj različitih struktura putnika sa veličinom toka „ $A_j$ ” prema dužinama relacija njihovog putovanja „ $l_j$ ” na posmatranom pravcu, odnosno dionici „ $j$ ”.

*Neto tonski-kilometri* ( $Q_n L$ ), odnosno bruto tonski-kilometri ( $Q_{br} L$ ) dobijaju se kao proizvod neto-mase voza, odnosno bruto-mase voza u tonama i dužine saobraćaja garniture voza ( $L$ ) u kilometrima. *Vozni kilometri* karakterišu rad lokomotiva i kola (elektro ili dizel-motornih garnitura) na jednoj mreži ili po pojedinim prugama i određuju se na sljedeći način:

$$\sum NL = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n N_j l_j \right) i, \quad (2)$$

gdje je:  $N_j$  – broj putničkih vozova na posmatranoj relaciji „ $j$ ”, dužine „ $l_j$ ” kilometara, na pruži, dionici ili željezničkom transportnom preduzeću.

Analogno mogu se odrediti kolski kilometri putničkih vozova ako se u prethodnom obrascu umjesto  $\sum_{j=1}^n N_j l_j$  uzme  $\sum_{j=1}^n N_j l_j m_j$ , gdje je „ $m_j$ ” srednji broj kola u sastavu voza na relaciji „ $j$ ”. Broj osovinskih kilometara određuje se na isti način, samo se umjesto broja kola u sastavu voza uzima „ $m_j^{os}$ ” – prosječan broj osovina jednog sastava. *Realizacija reda vožnje* (broj, odnosno procenat otkazanih vozova) označava odvijanje prevoza po tačno predviđenom redu vožnje. Organizacija saobraćaja, predviđena redom vožnje, uslovljena je u transportu putnika da zadovolji potrebe putnika, te su polasci i dolasci vozova opredijeljeni ovim ciljevima. Održavanje reda vožnje posebno je važno u međunarodnom i međugradskom saobraćaju jer se na te prevoze nadovezuju brojne priključne veze istih i drugih saobraćajnih sredstava. Takođe, važno je i u prigradskom, gradskom i u međunarodnom saobraćaju jer oni prevoze velike mase putnika, te i mala zakašnjenja znače gubitke velikog broja radnih sati. Broj otkazanih vozova u velikoj mjeri utiče na efikasnost željezničkog saobraćaja i opredjeljenje putnika za izbor i vrstu transportne usluge.

**3) Kriterijumi finansijske grupe.** Treća grupa kriterijuma razmatrana je na osnovu ukupnog prihoda, dobiti po zaposlenom, troškovima električne energije, troškovima goriva i troškovima naknada za korišćenje željezničke infrastrukture. *Prihod* željezničkog operatera ostvaruje se prodajom proizvoda i usluga. Osnovna djelatnost željezničkog operatera je transport putnika i transport robe, a prihodi iz ove djelatnosti utvrđuju se kao transportni prihodi. U tom smislu, prihod predstavlja pouzdan kriterijum efikasnosti, ali i preduslov opstanka preduzeća. Ukoliko ne ostvari prihod, preduzeće ne može da opstane na tržištu. Otuda i obaveza željezničkih operatera da dobro spoznaju funkciju

tražnje za njihovim uslugama, jer na taj način mogu da procjenjuju kojem nivou prihoda treba da teže, odnosno da ga ostvare. Ukupan prihod preduzeća realizuje se kao proizvod transportne usluge i cijene usluge. Za transportnu uslugu, kao specifičan proizvod, odnos utrošenih proizvodnih faktora (troškova proizvodnje, usluge) i ostvarenih prihoda utoliko je značajniji jer se istovremeno sa proizvodnjom ostvaruje i njena konačna potrošnja, realizuju efekti ulaganja u proces transporta i ostvaruju proizvodni ciljevi (finansijski rezultat poslovanja željezničkog operatera). *Transportni troškovi* definišu se kao vrijednost činilaca utrošenih u procesu proizvodnje transportnih usluga, odnosno u procesu transporta putnika i transporta robe. U tom smislu, prema ekonomskoj suštini procesa proizvodnje transportnih usluga, osnovna struktura transportnih troškova obuhvata troškove predmeta rada, koji su vrlo heterogena grupa ulaganja u proces transporta, a čine ih troškovi električne energije i troškovi goriva. Visina ovih troškova, za određeni obim proizvodnje i tehnološki proces rada, uslovljena je objektivno normiranim utrošcima prema količini, strukturi i vrijednosti u određenom realnom vremenu i u velikoj mjeri utiče na ocjenu efikasnosti i efektivnosti operatera. *Troškovima naknada za korišćenje željezničke infrastrukture* direktno se utiče na stanje na transportnom tržištu. Novouvedene naknade utiču na mjesto i ulogu domaćeg/domaćih operatera na tržištu. U zavisnosti od stanja u kome se nalazi domaći operater (stanje tehničkih sredstava, tehnologije, organizacije, komercijalnog sektora i dr.) zavisice i njegov opstanak. Kada je domaći operater/operateri u stanju da pruži odgovarajući nivo kvaliteta transportne usluge, visokim naknadama se destimuliše konkurencija na željezničkom tržištu. Ukoliko su naknade visoke neće postojati interes privatnog sektora za uvođenje novih operatera. Takođe, ni strani operateri neće dolaziti u države i na željeznice gdje su ove naknade visoke. Sa druge strane, niske naknade povećavaju broj operatera i na slobodnom tržištu pobjeđuju bolje opremljeni, sposobniji, konkurentniji prevoznici. Ovo posebno važi za zemlje u tranziciji i zemlje u kojima su tek uvedene naknade. U zemljama i na željezničkim tržištima koja su nerazvijena i gdje domaći operater/operateri ne može da pruži odgovarajući nivo kvaliteta usluge, situacija je upravo obrnuta. Tamo, visoke naknade može da podnese samo bolji, a to je obično strani, operater tako da se «guši» domaći. Niskim naknadama stimuliše se konkurencija te će opet u ravnopravnim uslovima teško biti moguće «odbraniti» domaćeg operatera. Iz ovoga se može izvući veoma važan zaključak, a to je da naknade direktno utiču na ocjenu efikasnosti operatera.

**4) Kriterijum grupe kvaliteta usluge.** Četvrta grupa kriterijuma razmatrana je na osnovu raspoloživosti usluge, pogodnosti-sposobnosti ponuđenih usluga, stabilnosti usluga i pouzdanosti usluga. Kvalitet usluge je

ono što predstavlja ogledalo željezničkih operatera, ono što kupac vidi kao njihovu sliku. Kupac ne vidi poslovne prostore, opremu, tehnologiju, sistem upravljanja ili organizacionu strukturu. Sve što vidi jeste kvalitet usluge transporta. Kvalitet usluge željezničkih operatera predstavljaju ključne kompetencije, odnosno održive konkurentske prednosti u odnosu na druge operatere i značajno utiču na ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera. *Pogodnost – sposobnost ponuđenih usluga* jeste kriterijum čiji je cilj da se željeznički operater prilagodi zahtjevima korisnika usluge u pogledu potrebnih kapaciteta, pokretljivosti i elastičnosti, kako bi zadovoljili traženu uslugu. *Pouzdanost* je srž kvaliteta usluge željezničkog operatera, imajući u vidu da se pouzdanost javlja kao najznačajnija kvalitativna karakteristika sa aspekta korisnika. Istraživanja koja su sprovedli Johnson, Nilsson 2003. godine pokazuju da je značajno veći efekat pouzdanosti kao mjere kvaliteta na zadovoljstvo korisnika usluga, nego korisnika proizvoda. Ovo proizilazi, prvenstveno, iz specifičnosti transportne usluge: involiranost korisnika u procesu proizvodnje, te sinhronizovanosti procesa proizvodnje i potrošnje, što, ujedno, otežava mjerenje i održavanje zadanog ranga pouzdanosti usluge. S toga je nivo pouzdanosti željezničke usluge veoma važan za željezničkog operatera.

**5) Kriterijum grupe bezbjednosti.** Četvrta grupa kriterijuma razmatrana je na osnovu broja ozbiljnih nesreća, nesreća i incidenata po voznom kilometru. *Bezbjednost* je bitan činilac u opredjeljenju korisnika transporta za pojedine saobraćajne grane, a time i značajan faktor veličine transporta i prihoda. Pored uticaja na veličinu transporta i prihoda, bezbjednost saobraćaja utiče na efikasnost operatera, tim što se željezničkim nesrećama oštećuju i uništavaju sredstva rada velike vrijednosti, prouzrokuju velike materijalne štete i prekidi saobraćaja koji, takođe, predstavljaju trošak željezničkom operateru. *Ozbiljna nesreća* označava svaki sudar ili iskanjanje vozova iz šina koji rezultira smrću najmanje jedne osobe ili ozbiljnim povredama pet ili više osoba ili veliko oštećenje voznih sredstava (označava oštećenje koje odmah može biti procijenjeno od strane željezničkog istražnog organa na ukupnu vrijednost od najmanje 2 miliona €), infrastrukture ili čovjekove okoline, kao i svaku drugu sličnu nesreću sa očiglednim uticajem na regulisanje bezbjednosti na željeznici ili upravljanje bezbjednosti. Nesreća označava neželjeni ili nenamjerni iznenadni događaj ili poseban lanac takvih događaja koji imaju teške posljedice. Nesreće se dijele u sljedeće kategorije: sudari, iskanjanje iz šina, nesreće na pružnim prelazima, nesreće prema osobama koje su prouzrokovala vozna sredstva u pokretu, požari i ostalo. Incident označava svaki događaj, koji nije nesreća ili ozbiljna nesreća, a koji je povezan sa saobraćajem vozova i utiče na bezbjednost funkcionisanja. U cilju održavanja bezbjednosti na

visokom nivou, Evropska unija je u svojim dokumentima propisala granicu zajedničkih bezbjednosnih ciljeva, a koja za zemlje EU iznosi 2590 FWSIs (fatalities and weighted serious injuries) po milijardama voznih kilometara. Ocjena kriterijuma izvršena je na osnovu Fuzzy AHP (FAHP) metode. U ocjenjivanju relativne važnosti pojedinih kriterijuma za svaku grupu učestvovali su menadžeri iz željezničkog sektora u BiH i ministarstava u BiH nadležnih za željeznicu. Oni su popunili anketu u kojoj su ocijenili važnost svakog od kriterijuma prema lingvističkoj skali preferencije za svaku grupu. U tabeli 2. prikazane su konverzije lingvističkih varijabli u trouglaste fazi brojeve [13].

Tabela 2. Lingvistička skala značaja

Lingvistička skala značaja	Trouglasti fazi brojevi	Recipročna vrijednost trouglastih fazi brojeva
Jednako	(1,1,1)	(1,1,1)
Umjereno	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Snažno	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Veoma snažno	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Izrazito	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

Rješavanju problema izbora kriterijuma najvišeg značaja za potrebe razvoja modela ocjene efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera između naprijed pomenutih grupa, pristupilo se primjenom FAHP pristupa. Radi ilustrovanog primjera izbora kriterijuma najvišeg značaja u ovom radu, prikazan je primjer izbora kriterijuma za grupu resursa. U tabeli 3. predstavljena je fazi matrica poređenja kriterijuma iz grupe kriterijuma resursa (dužina mreže – A1, raspoloživa vozna sredstva – A2, broj zaposlenih – A3).

Tabela 3. Komparaciona matrica za grupu kriterijuma resursa za transport putnika

		A1	A2	A3
A1	E1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
	E2	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)
	E3	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
	E4	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,2)
	E5	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
A2	E1	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
	E2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
	E3	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
	E4	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
	E5	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
A3	E1	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
	E2	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
	E3	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
	E4	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
	E5	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Relativni rang važnosti pojedinih kriterijuma, na osnovnu poređenja kriterijuma po parovima za sve grupe transporta putnika dat je u tabeli 4.

Iz tabele se može zaključiti da za grupu kriterijuma resursa najveću relativnu težinu ima raspoloživi broj voznih sredstava (0.683), za grupu operativnih kriterijuma broj prevezenih putnika (0.228), za grupu finansijskih kriterijuma troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture (0.221), za grupu kvaliteta usluga pogodnost-sposobnost ponuđenih usluga (0.367) i za grupu kriterijuma bezbjednosti najveću relativnu težinu ima kriterijum broj ozbiljnih nesreća (0.571) za eksperte željezničkog sektora.

Kriterijumi koji su imali prednost, nad ostalim kriterijumima iz svoje grupe, korišćeni su za testiranje razvijenih modela za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera

#### 4. MODEL ZA OCJENU EFIKASNOSTI I EFEKTIVNOSTI ŽELJEZNIČKIH OPERATERA

Nezavisno od vrste sistema pojavljuje se potreba za praćenjem i kvantifikovanjem efekata poslovanja. Jedan od osnovnih pokazatelja je definisanje odnosa uloženi resursa i ostvarenih ciljeva. U literaturi je pomenuti odnos poznatiji kao efikasnost. Efikasnost je riječ latinskog porijekla (lat. *efficax*) koja znači uspješnost. Efikasnost je višestruko definisana, tako da ne postoji univerzalna i opšteprihvaćena definicija efikasnosti. Zajedničko za većinu pristupa u literaturi je činjenica da se pojam efikasnost vezuje za što bolju iskorišćenost resursa uz istovremeno pružanje što većeg obima usluga.

Efektivnost je princip ili zahtjev koji polazi od unapred definisanih i utvrđenih ciljeva preduzeća i raspoloživosti neophodnih komponenata faktora, odnosno resursa za njihovo ostvarivanje. Cilj efektivnosti je da se korišćenjem raspoloživih resursa, odnosno komponenata, ostvare maksimalno mogući rezultati u skladu sa postavljenim planskim ciljevima. Efektivnost je orijentisana na izbor potreba koje će preduzeće zadovoljiti u procesu poslovanja i obavljanja svoje djelatnosti. Najkraće rečeno, „efektivnost preduzeća označava stepen uspješnosti u ostvarivanju njegovih ciljeva”.

Problem mjerenja efikasnosti željezničkih preduzeća u literaturi je apostrofirano kao problem mjerenja efikasnosti višefaznih (višestapnih) procesa. Najčešće korišćena metoda za ocjenu efikasnosti višefaznih procesa je Analiza obavljanja podataka ili DEA (Data Envelopment Analysis) metoda. U literaturi postoji čitav spektar modela za ocjenu efikasnosti baziranih na DEA modelima. DEA metoda omogućuje poređenje efikasnosti uporedivih jedinica u ovom slučaju grupe operatera sa većim brojem ulaznih i izlaznih promjenljivih.

Tabela 4. Relativni rang važnosti pojedinih kriterijuma na osnovnu poređenja po parovima za sve grupe u transportu putnika

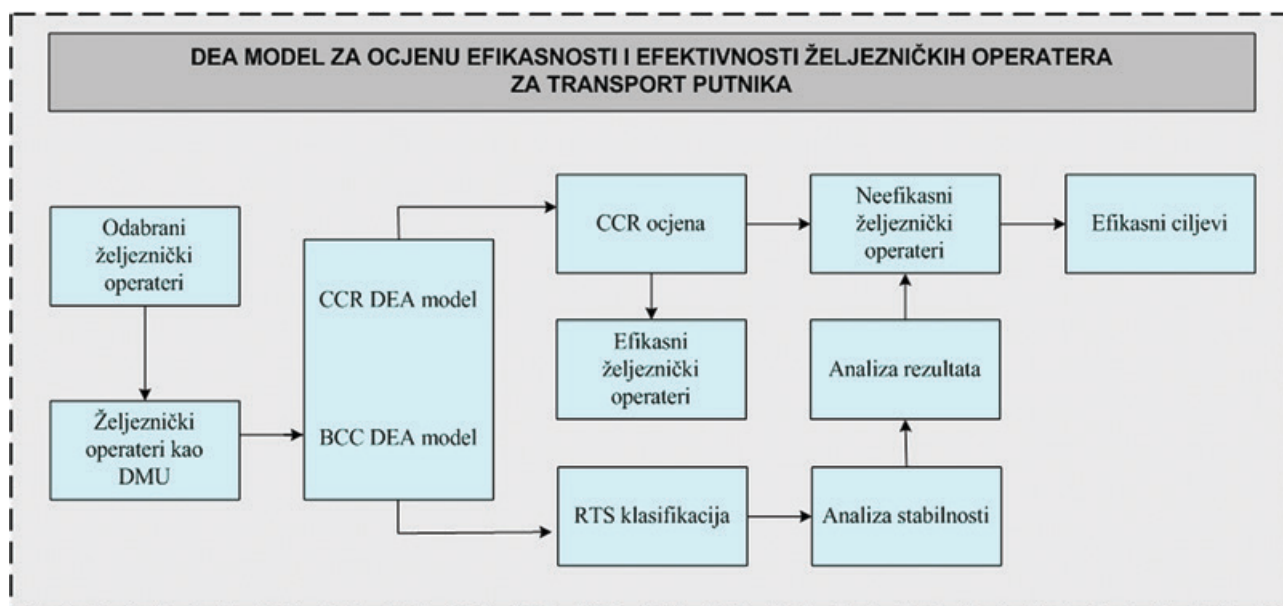
Grupa	Kriterijumi	W'	W
Kriterijumi resursa (kapaciteta)	Dužina mreže	0.094	0.064
	Raspoloživi broj voznih sredstava	1	<b>0.683</b>
	Broj zaposlenih	0.370	0.253
Operativni kriterijumi	Komercijalna brzina vozova za prevoz putnika	0.739	0.168
	Broj prevezenih putnika	1	<b>0.228</b>
	Putnički kilometri	0.881	0.201
	Vozni kilometri	0.925	0.211
Finansijski kriterijumi	Realizacija reda vožnje - broj otkazanih vozova	0.843	0.192
	Ukupan prihod	0.973	0.215
	Dobit po zaposlenom	0.968	0.214
	Troškovi električne energije	0.880	0.195
	Troškovi goriva	0.702	0.155
Kriterijumi kvaliteta usluga	Troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture	1	<b>0.221</b>
	Raspoloživost usluge	0.595	0.219
	Pogodnost-sposobnost ponuđenih usluga	1	<b>0.367</b>
	Stabilnost usluga	0.641	0.235
Kriterijumi bezbjednosti	Pouzdanost usluga	0.487	0.179
	Broj ozbiljnih nesreća po voznom kilometru	1	<b>0.571</b>
	Broj nesreća po voznom kilometru	0.567	0.324
	Broj incidenata nesreća po voznom kilometru	0.183	0.105

#### 4.1. DEA model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkog operatera za transport putnika

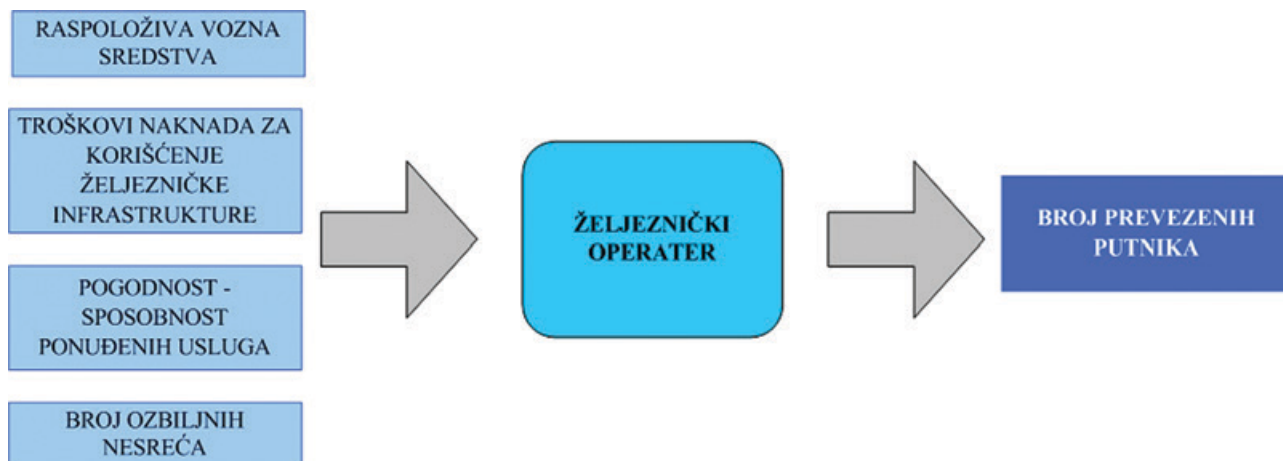
U ovom dijelu predložen je model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera. Model je zasnovan na ocjeni efikasnosti i efektivnosti korišćenjem DEA metode. Realizacija modela predviđa obavljanje nekoliko faza. Prvo, potrebno je da budu definisani ulazi i izlazi za jedinicu odlučivanja-DMU (engl. Decision Making Unit) kod kojih se zahtijeva ocjena efikasnosti i efektivnosti (u posmatranom slučaju to su željeznički operateri). Dalje, model se izvršava kroz dva paralelna procesa. Prvi proces je u vezi sa razvrstavanjem DMU na efikasne i neefikasne u zavisnosti od CCR (model, nazvan po početnim slovima prezimena autora, Charnes, Cooper, Rhodes) i BCC (model, nazvan po početnim slovima prezimena autora, Banker, Charnes, Cooper, 1984) ocjena.

Drugi proces zahtijeva da se uradi analiza stabilnosti. To omogućava da se identifikuju DMU kod kojih postoji potreba za racionalizacijom. Na kraju, optimalne vrijednosti za ulaze i izlaze izvode se korišćenjem CRS (engl. Constant Returns to Scale) slak-baziranog modela. Model je (slika 1) testiran i verifikovan kroz istraživanje sprovedeno na uzorku od 21 željezničkog operatera za transport putnika, koji je predstavljen u tabeli 5. Korišćen je izvor podataka za operatere iz statistike UIC i godišnjih izvještaja željezničkih operatera.

Željeznički operater za transport putnika kao DMU određen je sa četiri ulaza i jednim izlazom (slika 2).



Slika 1. DEA model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih putničkih operatera



Slika 2. Željeznički operater kao DMU za ocjenu efikasnosti

Tabela 5. Željeznički putnički operateri

Zemlja	Željeznički operater
Austrija	ÖBB Personenverkehr AG – ÖBB
Albanija	Hekurudha Shqiptarë SH – HSH
Belgija	Société nationale des chemins de fer Belges/Nationale – SNCB/NMBS
BiH	Željeznice Republike Srpske – ŽRS
BiH	Željeznice Federacije BiH – ŽFBiH
Bugarska	Bulgarian state railways passenger – BDZ
Crna Gora	Željeznički prevoz Crne Gore AD – ŽPCG
Češka	České Dráhy – ČD
Francuska	Société Nationale des Chemins de fer français Voyages – SNCF
Holandija	NS Reizigers BV – NS
Hrvatska	HŽ Putnički prijevoz d.o.o. – HŽ
Mađarska	MÁV-Start Vasúti Személyszállító Zrt. – MÁV
Makedonija	Makedonski Željeznici Transport AD Skopje – MŽT
Njemačka	Deutsche Bahn DB Vertrieb GmbH – DB
Poljska	Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna – PKP
Rumunija	Societatea Națională de Transport Feroviar de Călători – CFR
Slovačka, a.s.	Železničná spoločnosť Slovensko – ZSSK
Slovenija	Slovenske železnice - Potniški promet d.o.o. – SŽ
Srbija	Srbija Voz a.d. – SV
Švajcarska	Swiss Federal Railways – Passenger subsidiary – SBB
Velika Britanija	Association of Train Operating Companies Limited – ATOC

Prvi ulaz predstavlja raspoloživi broj vozniha sredstava, drugi ulaz predstavlja troškove naknada koje željeznički operater plaća upravljaču infrastrukture, treći ulaz predstavlja pogodnost operatera (sposobnost ponuđenih usluga) i četvrti ulaz je broj ozbiljnih nesreća. Izlaz modela predstavlja ukupan broj prevezenih putnika.

#### 4.2. Ocjena efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera

CCR je originalni DEA model za određivanje relativne efikasnosti za grupu DMU. Jedna formulacija CCR modela ima za cilj da minimizira ulaze zadržavajući dati nivo izlaza, tj. CCR ulazno-orijentisani model (M5.1). Druga formulacija CCR modela ima za cilj da maksimizira izlaze bez povećavanja vrijednosti nekog od posmatranih ulaza, tj. CCR izlazno-orijentisani model (M5.1'). CCR modeli pretpostavljaju konstantni RTS (engl. *Constant Returns to Scale*), a CCR ocjene mjere ukupnu efikasnost.

Ako se u modelima M5.1 i M5.1' doda  $\sum \lambda_j = 1$ , dobiju se BCC ulazno i BCC izlazno orijentisani modeli, respektivno. BCC modeli pretpostavljaju promjenljivi RTS (engl. *Variable Returns to Scale*), a BCC ocjene mjere čistu tehničku efikasnost (engl. *Pure Technical Efficiency*).

M5.1 model

$$\theta^* = \min \theta \tag{3}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j x_{ij} \leq \theta_{xio}, i = 1,2,3,\dots,m;$$

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, r = 1,2,3,\dots,s; \tag{4}$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1,2,3,\dots,n.$$

M5.1' model

$$\phi^* = \max \phi$$

Uz uslove:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io}, i = 1,2,3,\dots,m; \\ \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j y_{rj} &\geq \phi y_{ro}, r = 1,2,3,\dots,s; \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1,2,3,\dots,n. \end{aligned} \quad (5)$$

### A) RTS klasifikacija

U DEA literaturi postoji nekoliko pristupa za procjenjivanje RTS (engl. *Return to Scale*) klasifikacije. U radu [14] pokazano je da postoje najmanje tri ekvivalentne RTS metode. Prvu CCR RTS metodu uveo je Banker 1984. Drugu BCC RTS metodu razvili su Banker i saradnici 1984. kao alternativni pristup korišćenja slobodnih promjenljivih u BCC dualnom modelu. Treća RTS metoda bazira se na razmjernom indeksu efikasnosti (engl. *Scale Efficiency Index*). Detaljnije u [13]. CCR RTS metoda bazirana je na sumi vrijednosti dualnih promjenljivih  $\lambda_j$  u CCR modelu i korišćena je za RTS klasifikaciju posmatranih željezničkih operatera. RTS klasifikacija je izvedena korišćenjem teoreme 1:

**Teorema 1.** Neka su  $\lambda_j^*$  optimalne vrijednosti dualnih promjenljivih u M5.1 modelu, RTS klasifikacija za DMU0 može biti determinisana sa sljedećim uslovima:

1. Ako je  $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j^* = 1$ , tada dominira konstantni RTS, tj. CRS (engl. Constant Returns to Scale).
2. Ako je  $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j^* > 1$ , tada dominira opadajući RTS, tj. DRS (engl. Decreasing Returns to Scale).
3. Ako je  $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j^* < 1$ , tada dominira rastući RTS, tj. IRS (engl. Increasing R. to S).

### B) Analiza stabilnosti

Analiza stabilnosti RTS klasifikacije i metode za procjenjivanje RTS klasifikacije u DEA, obezbjeđuju važne informacije o mogućim preturbacijama (engl. *Data Perturbations*) ulaznih i izlaznih vrijednosti u analizi DMU. Ove informacije mogu pozitivno da djeluju na učinak koji postiže DMU. One omogućavaju neefikasnim DMU da se odredi upustvo za poboljšanje efikasnosti. Analiza stabilnosti obezbjeđuje intervale stabilnosti za očuvanje izvedene RTS klasifikacije za svaku DMU posebno. To omogućava razmatranje preturbacija za sve ulaze ili izlaze od posmatrane DMU. Ulazno-orijentisana analiza stabilnosti RTS klasifikacije dozvoljava izlazne preturbacije (engl. *Output Perturbations*), dok analiza stabilnosti koja je izlazno-orijentisana dopušta ulazne

preturbacije (engl. *Input Perturbations*). Donja i gornja granica intervala stabilnosti može biti određena na osnovu sljedećih teorema koje su date i dokazane u radu [14]:

**Teorema 2.** Pretpostavimo da DMU0 pokazuje CRS. Ako je  $\gamma \in R^{CRS} = \{\gamma: \min\{1, \mu_0^*\} \leq \gamma \leq \max\{1, \eta_0^*\}\}$  onda se CRS klasifikacija i dalje zadržava, gdje  $\gamma$  predstavlja proporcionalnu promjenu svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \gamma x_{io}$  ( $i = 1,2,3,\dots,m$ ), a  $\eta_0^*$  i  $\mu_0^*$  su definisani u M5.2 i M5.2' modelima, respektivno.

**Teorema 3.** Pretpostavimo da DMU0 pokazuje DRS. DRS klasifikacija se i dalje zadržava za  $\xi \in R^{DRS} = \{\xi: \eta_0^* < \xi \leq 1\}$ , gdje  $\xi$  predstavlja proporcionalno smanjenje svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \xi x_{io}$  ( $i = 1,2,3,\dots,m$ ), a  $\eta_0^*$  je definisano u M5.2.

**Teorema 4.** Pretpostavimo da DMU0 pokazuje IRS. IRS klasifikacija se i dalje zadržava za  $\zeta \in R^{IRS} = \{\zeta: 1 < \zeta \leq \mu_0^*\}$ , gdje  $\zeta$  predstavlja proporcionalnu promjenu svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \zeta x_{io}$  ( $i = 1,2,3,\dots,m$ ), a  $\mu_0^*$  je definisano u M5.2'.

M5.2 model

$$\eta_0^* = \frac{1}{\min \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j} \quad (6)$$

Uz uslove

$$\begin{aligned} \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io}, i = 1,2,3,\dots,m; \\ \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j y_{rj} &\geq \phi^* y_{ro}, r = 1,2,3,\dots,s; \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1,2,3,\dots,n. \end{aligned} \quad (7)$$

M5.2' model

$$\mu_0^* = \frac{1}{\max \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j} \quad (8)$$

Uz uslove

$$\begin{aligned} \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io}, i = 1,2,3,\dots,m; \\ \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j y_{rj} &\geq \phi y_{ro}, r = 1,2,3,\dots,s; \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1,2,3,\dots,n. \end{aligned} \quad (9)$$

### C) Optimalne vrijednosti ulaza i izlaza

Problem određivanja optimalnih vrijednosti za ulaze i izlaze, kod onih DMU koje pokazuju neefikasnost, može da bude riješen korišćenjem aditivnih DEA modela (M5.3 i M5.3'). Ti modeli razmatraju mogućnost racionalizacije.

Istovremeno, ovi modeli mogu da odrede efikasne ciljeve kojima treba težiti. To omogućava da one DMU koje pokazuju neefikasnost postignu optimalan odnos ulaza i izlaza.

Optimalne vrijednosti, za svaki ulaz i izlaz posebno, mogu se izračunati korišćenjem rješenja iz M5.3 ili M5.3' modela tj. određivanjem ulaznih i izlaznih slakova. Tako, na primjer, korišćenjem rezultata M5.3 modela, optimalne vrijednosti za ulaze i izlaze dobijaju se na način kao što je to predstavljeno u izrazima:  $x_{i0}^{OP} = x_{i0} - s_{i0}^-$ ,  $y_{r0}^{OP} = y_{r0} + s_{r0}^+$ , respektivno.

M5.3 model

$$\max \sum_{i=1}^m s_i^- = \sum_{r \in I} s_i^+ \quad (10)$$

Uz uslove

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= x_{i0}, & i &= 1, 2, 3, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ &\geq y_{r0}, & r &= 1, 2, 3, \dots, s; \\ \lambda_j, s_i^-, s_i^+ &\geq 0, & j &= 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned} \quad (11)$$

M5.3' model

$$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0 \quad (12)$$

Uz uslove

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0, \\ & j = 1, 2, 3, \dots, n; \\ v_i &\geq 0, \quad u_r \geq 0 \end{aligned} \quad (13)$$

$u_0$  je slobodna u znaku

### 5. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

U cilju sveobuhvatnog sagledavanja definisanog problema primjenjene su različite metode istraživanja, a podaci dobijeni korišćenjem svake metode treba da omoguće analizu različitih aspekata u vezi sa ovim problemom, a koji se odnose na ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera.

Korišćenjem M5.1 modela razvijena je relativna efikasnost za posmatranu grupu od 21 željezničkog operatera za transport putnika. CCR i BCC karakteristike svakog operatera su date u tabeli 6.

Tabela 6. Ocjena efikasnosti željezničkih operatera za transport putnika

Željeznički operater		Ocjena Efikasnosti CCR modelom	Benčmarkovi	Ocjena Efikasnost BCC modelom
Ž01	ÖBB	1.00000		1.00000
Ž02	HSB	0.32340	Ž01	0.63492
Ž03	SNCB/NMBS	0.93500	Ž01, Ž09	1.00000
Ž04	ŽRS	0.03285	Ž01	0.20098
Ž05	ŽFBiH	0.04344	Ž01	0.21147
Ž06	BDZ	0.32340	Ž01	0.73492
Ž07	ŽPCG	0.17023	Ž01,	0.30119
Ž08	ČD	0.42288	Ž01	0.66107
Ž09	SNCF Voyages	1.00000		1.00000
Ž010	NS Reizigers	0.84551	Ž09, Ž014	1.00000
Ž011	HŽ	0.41440	Ž01, Ž014	0.56212
Ž012	MÁV-Start	0.39707	Ž01, Ž014	0.61309
Ž013	MŽT	0.44830	Ž01	0.57607
Ž014	DB Vertrieb GmbH	1.00000		1.00000
Ž015	PKP	0.03069	Ž01, Ž014	0.26100
Ž016	CFR Călători	0.45130	Ž01, Ž014	0.58887
Ž017	ZSSK	0.12233	Ž01, Ž014	0.56045
Ž018	SŽ - Potniški promet	0.23249	Ž01, Ž014	0.48302
Ž019	SV	0.40714	Ž01, Ž014, Ž021	0.51553
Ž020	SBB-Passengers	0.76198	Ž014, Ž021	1.00000
Ž021	ATOC Ltd	1.00000		1.00000
<b>Prosjeck</b>		<b>0.47619</b>		<b>0.66667</b>

Rezultati iz tabele pokazuju da postoje četiri željeznička operatera koji imaju CCR ocjene jednake 1. Ova ocjena mjeri ukupnu efikasnost kada se pretpostavi konstantni RTS. To su željeznički operateri ÖBB Personenverkehr AG, Société Nationale des Chemins de fer français Voyages, Deutsche Bahn DB Vertrieb GmbH i Association of Train Operating Companies Limited. Ovi željeznički operateri mogu se posmatrati kao realni i korisni benčmarkovi ostalim neefikasnim željezničkim operaterima. Željeznički operater ÖBB jedan je od četiri operatera koji imaju najbolji rezultat, osim toga, to je operater koji se najviše pojavljuje kao benčmark. Operateri koji imaju ocjenu ispod prosjeka (0.47619) smatraju se neefikasnim. Svaki željeznički operater odlikuje se specifičnim karakteristikama u željezničkom saobraćaju, ali bez obzira na to, željeznički operateri bi trebalo da budu otvoreni za poboljšanje rada i da imaju jedan ili više željezničkih operatera kao primjer koji bi trebalo da slijede. Izbor relevantnih benčmarkova izveden je na osnovu izračunavanja CCR DEA modela korišćenjem dobijenih vrijednosti za dualne promjenljive. Rezultati prikazani u tabeli 6. pokazuju za svakog neefikasnog željezničkog operatera koji mu je operater pogodan za poređenje iz skupa efikasnih.

BCC ocjena mjeri efikasnost pod pretpostavkom promjenljivog RTS. U ovom empirijskom istraživanju, postoji sedam željezničkih operatera kojima je dodijeljen BCC efikasan status, pored već četiri operatera koji zadržavaju svoj prethodni efikasan status. Na primjer, može se zaključiti da željeznički operateri SNCB/NMBS, NS Reizigers i SBB-Passengers imaju efikasan rad, odnosno ( $\theta_{BCC}^* = 1$ ). Dodatno, može se smatrati da svi željeznički operateri koji imaju BCC ocjenu iznad prosjeka imaju dobru efikasnost rada.

Na osnovu rezultata ocjene efikasnosti željezničkih operatera u okruženju iz tabele 6. može se zaključiti da su njihove ocjene ispod prosjeka CCR i BBC. Posmatrajući rezultate operatera u BiH, očigledno je da imaju najlošije rezultate efikasnosti u transportu putnika od operatera u okruženju. Operateri koji imaju dobru efikasnost pojavljuju se kao benčmarkovi, odnosno referentni skupovi za neefikasne operatere. Npr. benčmark za operatere u BiH je operater ÖBB Personenverkehr AG kako bi identifikovali svoju neefikasnost. Rezultati ukazuju da željeznički operateri transporta putnika u BiH moraju da podignu nivo efikasnosti na viši nivo kako bi bili konkurentni efikasnim željezničkim operaterima. Razvijeni model i metodologija za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera za transport putnika analogno se mogu primjeniti i za operatere za transport robe.

## 6. ZAKLJUČAK

Mjerenje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera neminovno postaje uslov njihovog opstanka na jedinstvenom transportnom prostoru. Efikasnost i efektivnost imaju pozitivan uticaj na niz drugih važnih pokazatelja funkcionisanja željezničkih operatera, poput boljeg korišćenja resursa, racionalnije potrošnje energije, povećanja bezbjednosti, povećanja kvaliteta usluge itd.

Da bi se ocijenilo pravilno izvođenje operacija u prevozu putnika željeznicom, odnosno efikasnost željezničkih operacija, neophodno je bilo definisati i odrediti odgovarajuće indikatore. Imajući u vidu da efektivnost u željezničkom saobraćaju čini broj usluga u ponudi i sadržaji usluga koje su realizovane, neophodno je bilo da se odrede kriterijumi koji mogu da definišu efikasnost.

U ovom radu definisani su indikatori, izvršeno njihovo vrednovanje i izvršen izbor prioriternih kriterijuma za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera za transport putnika, a na osnovu višekriterijumskog odlučivanja i metode Fazi AHP.

Za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera odabrana je DEA metoda zato što omogućuje analizu međusobno uporedivih jedinica uprkos heterogenim podacima, koji se izražavaju različitim mjernim jedinicama i na različit način utiču na efikasnost poslovanja.

Razvijen je DEA model za ocjenu efikasnosti željezničkih operatera za transport putnika koji omogućuje objedinjavanje grupe pokazatelja (resursi operativni i finansijski, kvalitet, bezbjednost) u jedinstvenu ocjenu efikasnosti i efektivnosti, a takođe i pružanje informacija o korektivnim akcijama, kojima se može unaprijediti efikasnost i efektivnost operatera.

U radu je izvršena ocjena efikasnosti i efektivnosti željezničkih putničkih operatera obavljena na osnovu ulaznih i izlaznih parametara i pomoću DEA excel solvera, koristeći modele CCR – izlazno usmjeren (model pretpostavlja konstantni prinos u odnosu na obim ulaganja) i BCC – izlazno usmjeren model (model pretpostavlja promjenljivi prinos u odnosu na obim ulaganja). Podaci korišćeni u analizi su realni, a razvijeni model je testiran i verifikovan kroz istraživanje sprovedeno na uzorku od 21 željezničkog putničkog operatera.

Izlazni rezultati pokazali su efikasne i neefikasne željezničke operatere. Željeznički operateri koji su efikasni mogu se posmatrati kao realni i korisni benčmarkovi ostalim neefikasnim željezničkim operaterima. Dakle, operateri koji imaju dobru efikasnost pojavljuju se kao benčmarkovi, odnosno referentni skupovi za neefikasne operatere. Željeznički

operater ÖBB jedan je od četiri operatera koji imaju najbolji rezultat. Osim toga, to je operater koji se najčešće pojavljuje kao benčmark.

Na osnovu rezultata ocjene efikasnosti željezničkih operatera u okruženju, može se zaključiti da operateri u BiH, i to ŽFBiH i ŽRS, imaju najlošije rezultate efikasnosti u transportu putnika od operatera u okruženju. Kako bi identifikovali svoju neefikasnost benčmark za operatere u BiH je operater ÖBB Personenverkehr AG. Rezultati ukazuju da željeznički operateri za transport putnika u BiH moraju da podignu efikasnost na viši nivo, kako bi bili konkurentni ostalim željezničkim operaterima na transportnom tržištu.

### LITERATURA

- [1] Stojić, G., Vesković, S., Tanackov, I., Milinković, S.: *Model for Railway Infrastructure Management Organization*, Promet – Traffic & Transportation, Vol. 24, No. 2, 2012, pp. 99-107, ISSN: 1848-4069
- [2] Garcia-Cebrian L.I., Jorge-Moreno J., *Measuring of production efficiency in the European railways*, European Business Review, Vol.99 No.5, 1999.
- [3] Ehrmann T., *Restrukturierungszwänge und Unternehmenskontrolle – Das Beispiel Eisenbahn*, Deutsche Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden, 2001
- [4] Borenstein D., Becker J.L., Jose do Prado, V., *Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis*, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 24, No. 10, pp 1055-1078, 2004.
- [5] Ming-Miin Y., Lin E.T.J., *Efficiency and effectiveness in railway performance using multi-activity network DEA model*, Omega, International Journal of Management Science, Vol. 36, No. 6, pp 1005-1017, 2008.
- [6] Dmitry Pavlyk, (2008.) *An efficiency analysis of European Countries Railways*, Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/46445113>
- [7] Friebel G., Ivaldi M., Vibes C., *Railway (De) regulation, A European efficiency comparison*, *Economica* 77, pp 77-91, 2010.
- [8] Lan-Bing Li, Jin-Li Hu, *Efficiency and productivity of the Chinese railway system, Application of a multi-stage framework*, *African Journal of Business Management* Vol. 5(22), pp 8789-8803, 2011.
- [9] Jianjun Wang., *The Research on Efficiency and Effectiveness of Rail Transport*, IERI Procedia 3 pp 126 – 130, 2012.
- [10] Azadeh A., Salehi V., *Modeling and optimizing efficiency gap between managers and operators in integrated resilient systems*, *Process Safety and Environmental Protection* 92, pp 766–778, 2014.
- [11] Andriulo S., Gnoni M.G., *Measuring the effectiveness of a near-miss management system: An application in an automotive firm supplier*, *Reliability Engineering and System Safety* 132, pp 154–162, August 2014.
- [12] Aleksandar Blagojević, *Modeliranje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, 2016.
- [13] Kilincci, O., Onal S., *Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company*, *Expert Systems with Applications*, 38, 9656-9664, 2011
- [14] Seiford L.M., Zhu J., *Sensitivity and stability of the classification of returns to scale in data envelopment analysis*, *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 12, No. 1, pp. 55-75, 1999.

MIROSLAV PROKIĆ<sup>1</sup>, BRANISLAV BOŠKOVIĆ<sup>2</sup>

# KONCEPT INTEROPERABILNOSTI ŽELEZNICA EVROPSKE UNIJE

## EUROPEAN UNION CONCEPT OF INTEROPERABILITY RAILWAY

Datum prijema rada: 29.10.2016. god.  
UDK: 656.2:342.629.4

### REZIME

Interoperabilnost predstavlja pretpostavku za razvijenu konkurenciju operatora na otvorenom železničkom tržištu, odnosno na nekoj železničkoj mreži. Njegova implementacija treba da omogući bezbedan i kontinualan saobraćaj na celoj evropskoj železničkoj mreži usklađivanjem, kako tehničkih kapaciteta, tako i svih pravnih, eksploatacionih i drugih ograničenja. EU je razvila okvir za interoperabilnost kako bi obezbedila ambijent za efikasno uspostavljanje interoperabilnosti i tehničke specifikacije (TSI) kao alat čijom implementacijom se postiže interoperabilnost između železničkih sistema. U ovom radu objašnjen je koncept interoperabilnosti evropskih železnica, pravni i institucionalni okvir, a posebno tehničke specifikacije za interoperabilnost, njihova struktura, strategija za njihovu implementaciju i sam uticaj koncepta interoperabilnosti na aktere železničkog tržišta.

**Ključne riječi:** železnički sistem, interoperabilnost, tehničke specifikacije za interoperabilnost (TSI).

### SUMMARY

Interoperability represents an assumption for developed competition of operators on the open railway market, or on the particular railway network. Its implementation should provide safe and continuous transport on the entire european railway network due to harmonization of technical capacities and all the legal, exploatational and other constraints. The EU developed interoperability framework in order to assure an environment for efficient establishing of interoperability and technical specifications (TSI) as a tool whose implementation leads to interoperability of railway systems. This paper explains the concept of interoperability of European railways, the legal and institutional framework, and especially technical specifications for interoperability, their structure, strategy for their implementation, and a influence of the concept of interoperability on the railway market stakeholders.

**Key words:** railway system, interoperability, technical specifications for interoperability (TSI).

1 Miroslav Prokić, dipl. inž. saob., miroslav.miki22@gmail.com

2 Prof. dr Branislav Bošković, dipl. inž. saob., Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, b.boskovic@sf.bg.ac.rs

## 1. UVOD<sup>1</sup>

Interoperabilnost predstavlja veoma bitan element efikasnog funkcionisanja sistema u mnogim oblastima, odnosno sistemima. Za svaku oblast postoji definicija interoperabilnosti, koja je u skladu sa njenim specifičnostima. U najopštijem slučaju interoperabilnost može se definisati kao sposobnost sistema ili proizvoda da međusobno deluju i funkcionišu sa drugim proizvodima i sistemima bez ikakvih ograničenja pristupa i implementacije [1]. Interoperabilnost železničkog sistema je sposobnost sistema da omogući bezbedan i neprekinut saobraćaj vozova na način koji se može označiti kao tržišno efikasan. Pored usklađivanja tehničkih kapaciteta između elemenata železničkog sistema, potrebno je uskladiti i eksploatacione i regulatorne uslove [2].

Pojam interoperabilnosti nastao je u kontekstu liberalizacije železničkog tržišta. Naime, stupanjem na snagu direktive 91/440/EEZ Evropska unija (EU) konačno se opredelila za restrukturiranje železničkog sistema u pravcu otvaranja tržišta i uvođenja konkurencije na železničkoj infrastrukturi. Međutim, nakon nekoliko godina uvidelo se da nije dovoljno samo pravno i ekonomski regulisati liberalizaciju tržišta pa da se pojavi konkurencija. Uočeno je da se u državama tadašnje EU, i pored izvršenog restrukturiranja železničkog sektora i otvaranja tržišta, i dalje ne pojavljuju novi operatori. Nezainteresovanost potencijalnih operatora ležala je prvenstveno u neusklađenosti železničkih sistema sa brojnim elementima u njemu, koji su onemogućavali kontinualni saobraćaj vozova, a time i njihovu efikasnost na transportnom tržištu. Komercijalni saobraćaj vozova na celoj železničkoj mreži EU zahteva izuzetnu usklađenost karakteristika infrastrukture i vozila, kao i efikasno međusobno povezivanje informacionih i komunikacionih sistema pojedinih upravljača infrastrukture i železničkih preduzeća. Od te usklađenosti i međusobne povezanosti zavise efikasnost, bezbednost, kvalitet usluga i troškovi. Iako su „izbrisane” državne granice (carinske i druge vrste državnih kontrola), ostale su „čisto” železničke barijere, kao što su različite širine koloseka, različiti signalno-sigurnosni sistemi, tipovi elektrifikacije, dozvoljena osovinska opterećenja, dopuštene mase i dužine vozova, drugi uslovi eksploatacije, nacionalni propisi itd.<sup>2</sup>

Heterogenost železničkih sistema ima istorijski karakter. Naime, železnički sistemi država građeni su i razvijani

nezavisno i odvojeno jedni od drugih što je rezultiralo velikom raznovrsnošću i nekompatibilnošću tehničkih, operativnih i organizacijskih rešenja po državama. Kasnije je (krajem XIX i početkom XX veka) ova heterogenost podržavana velikom ulogom železnica u odbrambenoj moći država i interesima nacionalnih železničkih industrija gde je različitost bila pozitivna i podsticana. U prilog tome išla je, u istom periodu, sprovedena nacionalizacija železnica koja se završila u monopolskoj strukturi organizacije sistema.

Uspostavljanje interoperabilnosti u železničkom sektoru Evrope predstavlja pretpostavku za ostvarenje jedinstvenog tržišta železničkih usluga u EU kao primarnog cilja transportne politike EU. Iz navedenih razloga trebalo je prvo zaustaviti proizvodnju različitosti, odnosno nekompatibilnosti železničkih sistema, a zatim uvesti koncept i strategiju sistema interoperabilnosti, čemu je ovaj rad i posvećen.

## 2. PRAVNE OSNOVE EVROPSKOG KONCEPTA INTEROPERABILNOSTI

U skladu sa navedenim dimenzijama interoperabilnosti, njegova implementacija zahteva određenu kompatibilnost između dva ili više sistema, koji razmenjuju resurse ili informacije kako bi se minimizirale transformacije koje se zahtevaju kod ovih interakcija. Idealna situacija bi bila da su svi sistemi koji učestvuju u međusobnom poslovanju usaglašeni i harmonizovani istim standardima, ali u praksi je to bilo nemoguće zbog velike autonomije različitih sistema, brzih tehnoloških promena i nedostatka usvojenih unificiranih standarda. Kako bi se uspešno realizovalo poslovanje, razvijeni su nivoi interoperabilnosti koji omogućuju ostvarivanje navedenih dimenzija interoperabilnosti. Prema evropskom okviru za interoperabilnost iz 2008. godine, razlikujemo pet nivoa interoperabilnosti.

*Politički nivo interoperabilnosti* predstavlja jasno izraženu volju različitih organizacija u postizanju zajedničkih ciljeva. Temelji se na usklađivanju njihovih vizija i strategija, planiranju zajedničkih aktivnosti, postavljanju zajedničkih prioriteta radi uspostavljanja interoperabilnosti.

*Pravni nivo interoperabilnosti* predstavlja usklađivanje pravnih područja između organizacija i utvrđivanje razlika u pogledu zakonskih specifičnosti, internih pravnih akata i formalnih obaveza prema trećim organizacijama sa ciljem sprečavanja posledica ovih razlika.

*Organizacioni nivo interoperabilnosti* predstavlja poslovnu usklađenost između organizacija, koja omogućava ostvarivanja ciljeva definisanih političkim nivoom unutar utvrđenih okvira pravne interoperabilnosti.

1 Rad je nastao iz diplomskog rada Miroslava Prokića, urađenog pod mentorstvom prof. dr Branislava Boškovića

2 Heterogenost železničkog sistema država EU najbolje opisuju postojanje pet širina koloseka, pet klasa osovinskih opterećenja, 21 signalni sistem, šest tipova elektrifikacije pruga i uz to ogroman broj nacionalnih propisa.

Organizaciona interoperabilnost omogućava da sistemi efikasno povežu svoje procese radi pružanja zajedničke usluge nekom korisniku [3].

*Semantički nivo interoperabilnosti* predstavlja usklađivanje semantičkih područja poslovanja između organizacija. On omogućava isto tumačenje značenja informacija koje se razmenjuju i sprečava stvaranje konflikata, koje proizilaze iz razlika u značenjima u jednom heterogenom okruženju.

*Tehnički nivo interoperabilnosti* predstavlja informacionu i komunikacionu interoperabilnost, koja zavisi od infrastrukture i standardizovanih protokola koji su unapred precizno definisani. Ovaj nivo se postiže implementacijom otvorenih i opšte prihvaćenih standarda koje su donele priznate organizacije za standardizaciju.

Direktive, kao deo sekundarnog zakonodavstva EU, definišu pravni okvir koncepta interoperabilnosti. Ove direktive razvijene su u skladu sa načelima tzv. „Novog pristupa”<sup>3</sup>. One propisuju osnovne zahteve koje moraju da ispune proizvođači, kako bi se našli na tržištu država članica EU i uslove koje se odnose na projektovanje, izgradnju, puštanje u rad, unapređenje, obnovu, eksploataciju i održavanje delova železničkog sistema, kao i na profesionalne kvalifikacije i zdravstvene i bezbednosne uslove za osoblje koje učestvuje u eksploataciji i održavanju.

Početak pravnog regulisanja interoperabilnosti železničkih sistema počeo je sredinom devedesetih godina, kada je doneta direktiva 96/48/EZ koja uređuje pitanja interoperabilnosti Trans-evropskog sistema pruga za velike brzine. Međutim, veliki izazovi nastupili su tek sa interoperabilnošću konvencionalnih pruga. Nakon nekoliko godina usaglašavanja, EU je 2001. godine usvojila Direktivu 2001/16/EZ o interoperabilnosti transevropskog konvencionalnog železničkog sistema. Ove dve direktive znatno su izmenjene i dopunjene direktivama 2004/50/EZ i 2007/32/EZ.

Ubrzo, uvidelo se da razlike između železničkog sistema za velike brzine i konvencionalnog železničkog sistema ne opravdavaju postojanje dve zasebne direktive. Postupci za izradu TSI isti su za oba sistema, kao i postupci za ocenu usaglašenosti činilaca i podsistema interoperabilnosti. Osnovni zahtevi praktično su

3 „Novi pristup” je regulatorna tehnika koja se koristi za uklanjanje tehničkih i operativnih barijera za slobodnu trgovinu u Evropi. Za tu svrhu zajednički skupovi usklađenih tehničkih propisa realizovani su u zemljama članicama EU i u nekim zemljama koje nisu članice. Iniciran je od strane Evropske ekonomske zajednice (EEZ) 1985. godine. Direktive koje su razvijene u skladu sa načelima „Novog pristupa” regulišu tržište proizvoda. Svaka direktiva propisuje osnovne zahteve koje se odnose na bezbednost, pouzdanost i upotrebljivost, zdravlje ljudi, zaštitu okoline i tehničku usklađenost. Proizvođači, koji zadovoljavaju ove uslove, mogu se slobodno prodavati unutar i između evropskih zemalja.

identični, kao i podela sistema na podsisteme za koje se izrađuju tehničke specifikacije. Zbog toga su odredbe direktiva 96/48/EZ, 2001/16/EZ i 2004/50/EZ prerađene u jedinstven tekst, pa su tako Evropski parlament i Savet 2008. godine usvojili Direktivu 2008/57/EZ koja predstavlja osnovu (referentna direktiva) za postizanje interoperabilnosti železničkog sistema na prostoru EU. Osim toga, njenim usvajanjem propisane su nove odredbe koje se tiču tehničkih specifikacija za interoperabilnost i prošireno je područje primene sa pruga TEN-T mreže na prostor cele EU.

Do danas su usvojene četiri direktive koje su je promenile i dopunile, i to: 2009/131/EZ, 2013/9/EZ, 2014/38/EZ i 2014/106/EZ. U sklopu četvrtog železničkog paketa donetog u junu 2016. godine usvojena je nova Direktiva 2016/797/EZ o interoperabilnosti koja objedinjuje u jedinstven tekst sve njene izmene i dopune. Rok za njeno transponovanje u nacionalna zakonodavstva je jun 2020. godine, kada će ona postati referentna direktiva.

### 3. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE ZA INTEROPERABILNOST (TSI)

TSI predstavljaju skup dokumenata u kojima su definisani tehnički i operativni zahtevi čijom primenom se postiže uspostavljanje interoperabilnosti uz ispunjenje osnovnih zahteva postavljenih u direktivi. Cilj tehničkih specifikacija je obezbeđivanje nekog optimalnog nivoa interoperabilnosti železničkog sistema, pri čemu se ne teži harmonizaciji svih parametara, već samo onih koji su potrebni za ostvarenje interoperabilnosti. Pre svega, tu se misli na parametre koji obezbeđuju efikasne interfejsne između železničkih vozila i infrastrukture. Zbog kompleksnosti samog koncepta i smanjenja vrednosti investicija za njegovo realizovanje, odlučeno je da se odredbe TSI isključivo primenjuju na novoizgrađene, unapređene i obnovljene podsisteme.

Podsistemi i njihove komponente smatraju se interoperabilnim samo ukoliko su u skladu sa zahtevima TSI. Elementi podsistema koji nisu regulisani relevantnim tehničkim specifikacijama, privremeno su regulisani nacionalnim tehničkim propisima. Ovi elementi se u TSI navode kao otvorena pitanja. Kako bi se postigla tehnička harmonizacija i ispunili zahtevi TSI koriste se evropski standardi<sup>4</sup>. Oni se dele na obavezne i

4 Evropski standardi su specifikacije koje definišu zahteve koje moraju da ispune proizvođači, proizvodni procesi i usluge ratifikovani od strane priznatih evropskih organizacija za standardizaciju: CEN, CENELEC i ETSI. Donose se na osnovu mandata koje su ove organizacije dobile od Evropske komisije i Evropskog udruženja za slobodnu trgovinu. Ovi standardi na nacionalnom nivou dobijaju status nacionalnog standarda uz povlačenje svih nacionalnih standarda koji su u suprotnosti sa njima. Stoga, evropski standard automatski postaje nacionalan u svakoj od članica ovih organizacija. Evropski standardi se razvijaju kako bi podstakli interoperabilnost proizvoda, uklonili trgovačke barijere i poboljšali međunarodnu konkurenciju.

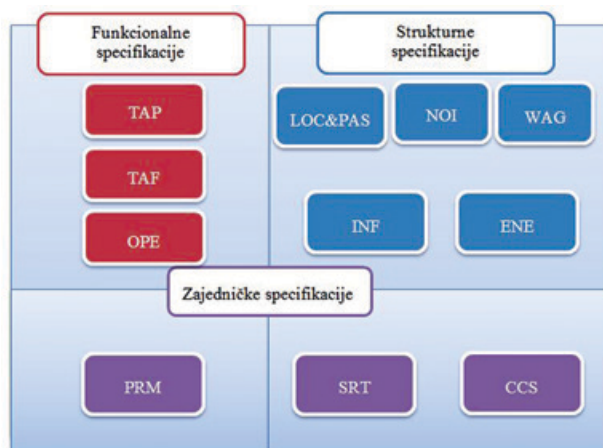
dobrovoljne. Obavezni standardi su standardi koji imaju direktne reference u tehničkim specifikacijama dok se reference dobrovoljnih standarda navode u Službenom glasniku EU. TSI zajedno sa relevantnim standardima zaokružuju jednu celinu legislativne koja se odnosi na koncept interoperabilnosti (slika 1).



Slika 1. Struktura i hijerarhija dokumenata koji se bave pitanjima interoperabilnosti

Za proširenje delokruga specifikacija nadležna je Agencija Evropske unije za železnice (u nastavku teksta Agencija) koja je takođe u obavezi da razvije jednu zajedničku TSI za svaki podsistem, koja se odnosi i na konvencionalni i sistem pruga velikih brzina. Do tada su se tehničke specifikacije razvijale posebno za konvencionalni sistem, a posebno za sisteme pruga velikih brzina. Tako je Agencija krajem 2014. godine objavila jedanaest novih tehničkih specifikacija (slika 2), koje su stupile na snagu 1. januara 2015. godine.

Ove tehničke specifikacije razvrstane su u dva tipa specifikacija, tj. u strukturne i funkcionalne.



Slika 2. Strukturne i funkcionalne tehničke specifikacije

Strukturne specifikacije odnose se na strukturne pod sisteme:

- infrastruktura - TSI INF;
- vozila – TSI LOC&PAS (lokomotive i putnička kola), TSI NOI (buka), TSI WAG (teretna kola);
- energija - TSI ENE

Funkcionalne specifikacije odnose se na funkcionalne pod sisteme:

- telematske aplikacije za prevoz robe – TSI TAF;
- telematske aplikacije za prevoz putnika – TSI TAP;
- upravljanje i eksploatacija – TSI OPE.

Tehničke specifikacije koje se odnose na bezbednost u tunelima (SRT), lica sa smanjenom pokretljivošću (PRM), kontrolu, upravljanje i signalizaciju (CCS), pored odredbi koje propisuju tehničke zahteve, sadrže i odredbe koje se odnose na operativne zahteve, pa tako spadaju u zajedničke TSI, odnosno spadaju i u strukturne i u funkcionalne specifikacije.

### Struktura tehničkih specifikacija interoperabilnosti

Zbog lakše primene i ostvarivanja definisanih ciljeva sve tehničke specifikacije imaju identičan sadržaj i strukturu koja je propisana Direktivom 2008/57/EZ. Sastoje se iz sedam obaveznih sledećih poglavlja:

- Poglavlje I – Uvod
- Poglavlje II – Opis pod sistema
- Poglavlje III – Osnovni zahtevi
- Poglavlje IV – Opis karakteristika pod sistema
- Poglavlje V – Činioci interoperabilnosti
- Poglavlje VI – Ocena interoperabilnosti
- Poglavlje VII – Implementacija TSI

U uvodu svake TSI precizira se tehničko i geografsko područje primene, kao i njen sadržaj koji je u skladu sa odredbama referentne direktive.

Svaka tehnička specifikacija u pogledu tehničkog područja primene može se upotrebiti samo na:

- novim, unapređenim ili obnovljenim pod sistemima,
- novim železničkim prugama u EU koje se puštaju u rad od 1. januara 2015. godine,
- na postojećoj infrastrukturi železničkog sistema u EU koja je puštena u rad na celoj mreži ili delu mreže neke države članice na dan januara 2015. godine, a predmet je obnove i unapređenja [6].

Što se tiče geografskog područja, svaka tehnička specifikacija se primenjuje na:

- transevropskoj mreži konvencionalnog železničkog sistema,
- transevropskoj mreži železničkog sistema za velike brzine,
- ostalim delovima mreže železničkog sistema u EU [6].

U drugom poglavlju (Opis podsistema) data je definicija jednog podsistema ili više podsistema u zavisnosti koliko podsistema obuhvata data tehnička specifikacija. Pored toga, navode se svi elementi tih podsistema. Pored definicije, navodi se spisak interfejsa sa drugim podsistemima železničkog sistema, sa kojim je razmatrani podsistem u tehničkoj i funkcionalnoj zavisnosti.

Osnovni zahtevi koje mora da ispuni svaki podsistem, odnosno njegovi činiooci, imaju pored tehničke funkcije u vidu dostizanja određenog nivoa tehničke kompatibilnosti i socijalnu funkciju u vidu zaštite korisnika železničkih usluga i zaštite životne sredine. Zahtevi se daju u trećem delu tehničkih specifikacija u vidu tabele podudarnosti između osnovnih parametara podsistema i osnovnih zahteva. Ovi zahtevi opisani su u Prilogu III Direktive 2008/57/EZ i odnose se na koncepte bezbednosti, pouzdanosti i dostupnosti, zdravlja ljudi, zaštite okoline i tehničke kompatibilnosti.

Na početku četvrtog poglavlja date su odredbe koje se odnose na sve tehničke specifikacije interoperabilnosti. Ovo poglavlje predstavlja najvažnije poglavlje svake tehničke specifikacije jer su u njemu opisane sve funkcionalne i tehničke specifikacije koje su karakteristične za razmatrani podsistem, uz spisak svih osnovnih parametara koji su grupisani prema određenim aspektima u vezi sa tim podsistemom. Za svaki parametar definisana je referenca kojom se određuje sa kojim standardom parametar mora biti u skladu. Kako bi se obezbedila što veća efikasnost i pružio što bolji kvalitet usluge, tehničke specifikacije moraju da garantuju što veću kooperaciju između podsistema, odnosno što bolji interfejs među njima. Zbog toga, u četvrtom poglavlju tehničkih specifikacija za svaki podsistem pojedinačno, prepoznati su i razmotreni svi mogući interfejsi sa stanovišta tehničke i funkcionalne zavisnosti. Pored funkcionalnih i tehničkih specifikacija, navedena su i operativna pravila, pravila održavanja, stručne kvalifikacije i zdravstveni bezbednosni uslovi koji nisu tema tehničkih specifikacija, već su razvijeni u okviru postupaka sistema upravljanja bezbednošću upravljača infrastrukture.

Činiooci interoperabilnosti predstavljeni su u petom poglavlju i definisani su kao osnovne komponente i njihove grupe, podsklopovi ili sklopovi uređaja koji se ugrađuju ili su namenjeni ugrađivanju u podsistem od kojeg direktno ili indirektno zavisi interoperabilnost železničkog sistema [2]. U tehničkim specifikacijama nisu obrađene sve komponente podsistema koje su definisane Direktivom, već su za činioce odabrane samo one komponente koje su posebno značajne za bezbednost, pouzdanost i ekonomičnost sistema.

Poglavljje šest bavi se ocenom usaglašenosti sa TSI i nacionalnim tehničkim propisima, kako činiooca

interoperabilnosti, tako i samih podsistema.

U sedmom poglavlju definisane su odredbe koje obavezuju državu da donese svoju nacionalnu strategiju za implementaciju tehničkih specifikacija, uzimajući u obzir povezanost celog železničkog sistema EU. Država članica mora da je dostavi ostalim članicama i Komisiji u roku koji je naznačen u samoj tehničkoj specifikaciji. Ova strategija mora da obuhvati sve nove, obnovljene i unapređene podsisteme i da bude u skladu sa pojedinostima navedenim u tačkama ovog poglavlja. U ovom delu tehničkih specifikacija definišu se odredbe koje se odnose na implementaciju TSI za nove, obnovljene ili unapređene železničke podsisteme, postojeće železničke podsisteme i specifične slučajeve. Razmatranje specifičnih slučajeva predstavlja važan deo sedmog poglavlja. U konkretnom slučaju dozvoljava se neprimenjivanje pojedinih odredbi TSI u nekoj od država ili definiše druga vrednost parametra kako bi se održala kompatibilnost sistema.

#### 4. OCENE INTEROPERABILNOSTI

Podsistemi se mogu se naći u eksploataciji samo ukoliko poseduju dozvolu za puštanje u rad, koja se izdaje na osnovu deklaracije o verifikaciji. Ukoliko se u eksploataciju pušta novi ili unapređen podsistem, čiji rad može da utiče na bezbednost i sa sobom nosi određeni rizik, pored deklaracije o verifikaciji, potrebno je utvrditi i tehničku kompatibilnost i bezbednu integraciju koja se dokazuje Izveštajem Tela za nezavisnu ocenu (Assessment Body – AsBo) o pravilnoj primeni metode o oceni rizika (Common Safety Method for Risk Assessment – CSM-RA). Slično je i sa komponentama, odnosno činioocima interoperabilnosti. Ukoliko proizvođač ili kupac želi da izađe na tržište sa nekom komponentom, mora da poseduje minimum deklaraciju o usaglašenosti. Deklaracije o verifikaciji i o usaglašenosti predstavljaju dokaz da je nad podsistemom, odnosno nad činiocem, izvršena ocena interoperabilnosti kojom je proverena usaglašenost sa TSI i nacionalnim propisima.

Postoje dve vrste ocenjivanja, ocenjivanje strukturnih podsistema i ocenjivanje činilaca interoperabilnosti strukturnih podsistema. Ocenjivanje sprovede prijavljena i imenovana tela u skladu sa odredbama Direktive 2008/57/EZ na osnovu zahteva koji podnosi proizvođač ili kupac podsistema, odnosno činilaca nekog strukturnog podsistema (slika 3).

Tela za ocenu usaglašenosti sprovede postupke u skladu sa utvrđenim modulima<sup>5</sup>, dok podnosilac zahteva ima

<sup>5</sup> Moduli predstavljaju procedure i pravila za ocenu usaglašenosti. Razvijeni su tako da podnosilac zahteva za ocenu može da bira od jednostavnijih, za proste proizvode ili proizvode koji ne nose sa sobom ozbiljan rizik, do sveobuhvatnijih modula koji se primenjuju na složenije proizvode.



Slika 3. Trogao uloga aktera u postupku ocenjivanja

pravo izbora kombinacije modula koja će se koristiti prilikom ocenjivanja.

#### 4.1. Ocenjivanje strukturnih podsistema

Postupak ocenjivanja podsistema, odnosno postupak verifikacije strukturnih podsistema, jeste postupak koji sprovode tela za ocenu usaglašenosti u cilju dokazivanja da su ispunjeni zahtevi važećih propisa, uključujući i nacionalne železničke tehničke propise, koji se odnose na podsistem kako bi strukturni podsistem mogao dobiti dozvolu za korišćenje.

Podsistem ili delovi podsistema proveravaju se u svakoj od sledećih faza:

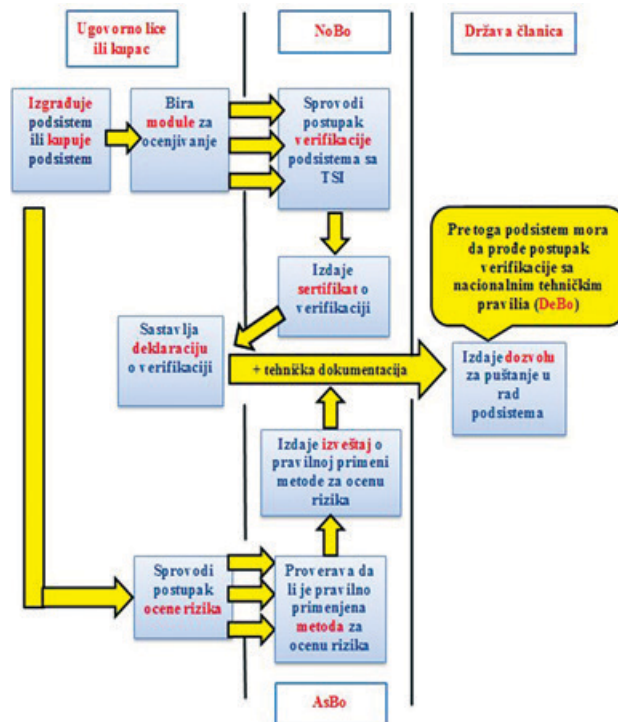
1. projektovanje (ceo projekat);
2. izgradnja/proizvodnja podsistema, uključujući posebno građevinske radove, proizvodnju, sklapanje činilaca interoperabilnosti, odnosno elemenata strukturnih podsistema, podešavanje celog podsistema;
3. konačno ispitivanje podsistema [7].

Za sprovođenje verifikacije strukturnih podsistema razvijeni su sledeći moduli:

1. Modul SB – Ispitivanje tipa;
2. Modul SD – Verifikacija na osnovu sistema upravljanja kvalitetom procesa proizvodnje;
3. Modul SF – Verifikacija na osnovu verifikacije proizvoda;
4. Modul SG – Verifikacija na osnovu verifikacije jedinice;
5. Modul SH1 – Verifikacija na osnovu potpunog sistema upravljanja kvalitetom i ispitivanja projekta.

Nakon sprovedenog postupka verifikacije isto telo izdaje podnosiocu zahteva sertifikat o verifikaciji ukoliko strukturni podsistem ispunjava zahteve TSI i nacionalnih železničkih tehničkih propisa. Na osnovu

sertifikata, podnosilac zahteva sastavlja EC<sup>6</sup> deklaraciju o verifikaciji čime potvrđuje da je izvršena provera nad strukturnim podsistemom, koja je potrebna za izdavanje dozvole relevantnog državnog organa ili ovlašćenog tela za puštanje tog sistema u rad. (slika 4).



Slika 4. Postupak ocenjivanja usaglašenosti strukturnih podsistema

#### 4.2. Ocenjivanje strukturnih činilaca interoperabilnosti

Razvijena su dva postupka za ocenjivanje strukturnih činilaca interoperabilnosti i to:

1. postupak ocenjivanja usaglašenosti činilaca interoperabilnosti,
2. postupak ocenjivanja pogodnosti za upotrebu činilaca interoperabilnosti.

Postupak ocenjivanja usaglašenosti činilaca interoperabilnosti predstavlja postupak provere da li je činilac projektovan i izgrađen u skladu sa odredbama referentne tehničke specifikacije.

6 Skraćenica od eng. European Conformity – Znak CE je skraćenica izraza iz francuskog jezika Conformité Européenne (engl. European Conformity), koji u prevodu na srpski jezik znači “evropska usaglašenost”. Znak CE je pravno na snazi od 1993. god. Uvođenjem CE označavanja u svoje zakonodavstvo EU je razvila inovativni instrument za uklanjanje barijera u razmeni dobara i zaštitu javnog interesa. CE oznaka je ključni indikator da je proizvod usaglašen sa evropskim zakonodavstvom i da mu je omogućen nesmetan promet na evropskom tržištu.

Postupak ocenjivanja pogodnosti za upotrebu činilaca interoperabilnosti predstavlja postupak ispitivanja ponašanja činilaca u procesu eksploatacije po unapred definisanom programu eksploatacionog ispitivanja. Ovaj postupak nije obavezan i sprovodi se na zahtev podnosioca prijave.

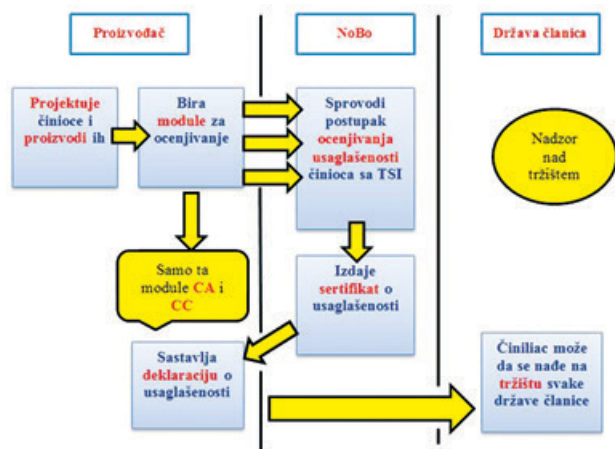
Za sprovedene postupka usaglašavanja strukturnih činilaca interoperabilnosti razvijeni su sledeći moduli:

1. Modul CA – Interna kontrola proizvodnje;
2. Modul CB – Ispitivanje EC tipa;
3. Modul CC – Usaglašenost sa tipom na osnovu interne kontrole proizvodnje;
4. Modul CD – Usaglašenost sa tipom na osnovu sistema upravljanja kvalitetom proizvodnog proces;
5. Modul CF – Usaglašenost sa tipom na osnovu verifikacije proizvoda;
6. Modul CH – Usaglašenost na osnovu potpunog sistema upravljanja kvalitetom.

Za sprovedene postupka pogodnosti za upotrebu strukturnih činilaca interoperabilnosti razvijen je modul CV – Validacija tipa na osnovu ispitivanja u eksploataciji.

Nakon završetka procesa ovog postupka, ovlašćeno telo koje je sprovedo ocenjivanje izdaje sertifikat o usaglašenosti i/ili sertifikat o pogodnosti za upotrebu, nakon čega podnosilac zahteva izdaje deklaraciju o usaglašenosti i deklaraciju o pogodnosti za upotrebu činilaca interoperabilnosti.

Da bi proizvođač mogao da izbaciti na tržište interoperabilnu komponentu, ona mora da poseduje barem EC deklaraciju o usaglašenosti. Praksa je pokazala da proizvođači koji poseduju EC deklaraciju o pogodnosti za upotrebu komponente bolje prolaze na tenderima. Međutim, često je potrebno izdvajanje velikih finansijskih sredstava za eksploataciono ispitivanje.

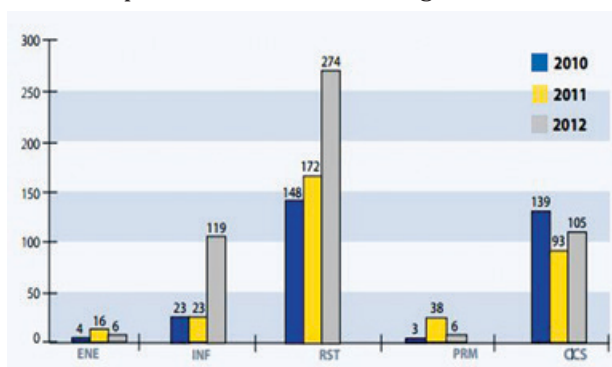


Slika 5. Postupak ocenjivanja usaglašenosti činilaca interoperabilnosti

Pošto nisu svi proizvođači u stanju da je obezbede ovaj postupak nije obavezan (slika 5).

Tržište proizvođača opreme i komponenti vrlo brzo je reagovalo na ove zahteve što se vidi na slici 6. gde su prikazani podaci informacionog sistema NANDO<sup>7</sup> u periodu 2010–2012. god. Istovremeno, lako je uočiti da u broju sertifikovanih činilaca interoperabilnosti prednjače podsistemi „Vozila” i „Kontrola, upravljanje i signalizacija”[5].

Navedeni postupci propisani su sa prvim setom tehničkih specifikacija iz 2002. godine, što znači da određeni proizvođači već desetak godina na tržište



Slika 6. Broj sertifikovanih strukturnih činilaca interoperabilnosti

izbacuju interoperabilne komponente, kako za sisteme pruga velikih brzina, tako i za konvencionalni sistem. Proširenjem područja primene TSI na celo područje EU, sve više proizvođača uključuje se u ovu tržišnu trku, što samo ubrzava proces uspostavljanja interoperabilnosti železničkog sistema povećavanjem broja kompatibilnih komponentata.

#### 4.3. Uloga pojedinih tela u navedenim procedurama

Svaka država članica, a i one koje nisu članice, može da ima/formira tela za obavljanje postupka ocenjivanja usaglašenosti. Ova tela se formiraju u skladu sa odredbama Direktive 2008/57/EZ, u kojoj su definisani jedinstveni kriterijumi za akreditaciju tela ili prepoznavanjem, tako da se radi o jednom unificiranom institucionalnom okviru na prostoru EU u pogledu pitanja interoperabilnosti železničkog sistema.

Postupak ocenjivanja podeljen je na dva dela:

1. provera da li je podsistem ili komponenta u skladu sa TSI; obavlja je notifikovano telo (Notified Body – NoBo) koje predstavlja akreditovanu nezavisnu organizaciju;

<sup>7</sup> eng. New Approach Notified and Designated Organisations. Upotrebljava se i skraćenica NANDO

2. provera da li je podsistem ili komponenta u skladu sa nacionalnim tehničkim propisima; obavlja je imenovano telo (Designated Body –DeBo) koje predstavlja nezavisnu organizaciju koju obično formira Vlada.

Nacionalno telo za bezbednost (National Safety Authorities – NSA) je telo koje na osnovu odgovarajuće deklaracije izdaje dozvolu za puštanje podsistema u rad. Pored toga, NSA nadzire i obavljanje postupka ocenjivanja i proverava da li se obavlja u skladu sa relevantnim propisima. Uslove formiranja i nadležnosti NSA dati su u Direktivi o bezbednosti u železničkom saobraćaju (2004/49/EZ).

## 5. UTICAJ INTEROPERABILNOSTI NA AKTERE ŽELEZNIČKOG TRŽIŠTA

Još jednom, glavni razlog uvođenja koncepta interoperabilnosti u železničkom sistemu EU je omogućavanje veće konkurencije na železničkom tržištu. Pri tome, treba razlikovati tržište železničkih usluga i tržište železničkih proizvoda.

U skladu sa novom organizacijskom strukturom železničkog sektora, njega čine sledeći akteri:

- upravljači infrastrukture;
- železnički operatori;
- regulatori železničkog tržišta;
- korisnici železničkih usluga;
- industrija železničkih vozila i infrastrukturnih komponenti.

Svi ovi akteri drugačije reaguju na interoperabilnost zbog svojih različitih karakteristika. U narednom delu biće elabrirani efekti tri najznačajnija aktera: upravljača infrastrukture, operatora i železničke industrije.

### 1) Upravljači infrastrukture

Proces uspostavljanja interoperabilnosti ima veliki uticaj na rad upravljača infrastrukture i njegove prioritete, u odnosu na prethodni period do uvođenja ovog pojma. Upravljači infrastrukture sada moraju da ulažu velika finansijska sredstva kako bi železničke pruge opremili sa interoperabilnim podsistemima i njihovim činiocima u skladu sa TSI. To je zapravo obaveza, ukoliko se rekonstrukcija, obnova, modernizacija, kao i izgradnja novih pruga finansiraju iz sredstava banaka koje prate EU (EIB, EBRD) ili Svetske banke. Istovremeno, to je i dobra prilika za upravljače infrastrukture da podignu nivo konkurentnosti pruga na koridorima. Dakle, podizanjem nivoa interoperabilnosti povećava se i konkurentnost infrastrukture sada i kroz njenu sposobnost za primenu savremene tehnike u pogledu vozila i vozova.

Nakon unapređenja ili obnove nekog podsistema,

upravljač infrastrukture mora da pokrene postupak verifikacije tog podsistema, posle čega dobija sertifikat od notifikovanog tela. Troškovi sertifikacije procenjuju se od 0.5 do 5% ukupne vrednosti projekta. Pored ovih troškova, upravljač infrastrukture snosi troškove izdavanja dozvole za puštanje u rad tog podsistema. Veličina ovih troškova razlikuje se od države do države i uglavnom zavisi od klase podsistema.

### 2) Železnički operatori

Najveću dobit od uvođenja interoperabilnosti ostvariće očekivano, efikasni i konkurentni železnički operatori jer im omogućuje pristup novim tržištima, što je i bio krajnji cilj. Uspostavljanje interoperabilnosti posebno će smanjiti vreme čekanja na granicama, nastalo zbog nekompatibilnosti susednih železničkih sistema, pa tako i troškove saobraćanja vozova.

U ovom trenutku, operatori, kako putnički tako i teretni, investiraju značajna sredstva u nabavku vozila koja će moći da saobraćaju na interoperabilnim prugama ili ugrađuju dodatne sisteme na svojim vozovima.

Nad vozilima koja se nisu proizvodila u TSI režimu, na osnovu zahteva operatora, sprovodi se postupak verifikacije kako bi se utvrdilo da li ona mogu saobraćati kao interoperabilna vozila. Ukoliko mogu, operator na osnovu sertifikata o verifikaciji pokreće postupak izdavanja dozvole.

### 3) Železnička industrija

Proizvođači koji snabdevaju tržište železničkih proizvoda, ukoliko žele da opstanu, moraju da ulože značajna sredstva u proizvodnju interoperabilnih podsistema i njihovih elemenata. Svi novi železnički projekti u Evropi moraju biti u skladu sa TSI i zahtevaju interoperabilne komponente sa EC deklaracijom o usaglašenosti.

Samo posedovanje EC deklaracije o usaglašenosti ne povećava konkurentnost na tržištu železničkih proizvoda, iako neki proizvođači pokreću postupak za dobijanje i EC deklaracije o pogodnosti za upotrebu, kako bi stekli prednost na tržištu interoperabilnih komponenata. Osim toga, problem kod dobijanja ove deklaracije je visoka cena postupka ocenjivanja pogodnosti za upotrebu odabrane komponente koju nisu svi proizvođači u mogućnosti da podnesu.

Inovacija proizvoda predstavlja jedini način da proizvođač postane konkurentniji na tržištu u odnosu na druge. Ova borba za tržište dovela je do velikog broja tehničkih i funkcionalnih inovacija i samog unapređenja železničkog saobraćaja smanjenjem nivoa nekompatibilnosti interfejsa, zadržavajući prihvatljiv nivo bezbednosti. Ovde navodimo nekoliko, kao

ilustraciju inovacija uvedenih upravo zbog povećanja interoperabilnosti:

- mogućnost adaptacije razmaka točkova na osovini železničkog vozila sa širinom koloseka,
- proizvodnja višesistemskih lokomotiva,
- mogućnost adaptacije železničkih vozila različitim visinama perona u stanicama,
- integracija više sistema vođenja vozova i jedinstvenu računarsku platformu.

## 6. ZAKLJUČAK

Proces uspostavljanja interoperabilnosti traje već dvadeset godina, tj. od donošenja Direktive 96/48/EZ, čije se odredbe odnose na interoperabilnost sistema pruga za velike brzine. Do danas, donet je veliki broj propisa kojim se reguliše implementacija ovog koncepta. Sa njim se interoperabilnost neprekidno širila od sistema pruga i vozila za velike brzine, preko konvencionalnog železničkog sistema, koji je važio samo na koridorima, do uspostavljanja interoperabilnosti na celoj mreži pruga EU. Trenutno je važeća Direktiva interoperabilnosti 2008/57/EZ iz 2008. godine, ali je u junu 2016. godine doneta nova 2016/797/EZ koja će stupiti na snagu 2020. godine. Generalno govoreći, za pravni okvir interoperabilnosti sada se može reći da je dobro razvijen i uspostavljen u svim zemljama EU. Stoga, u ovom segmentu u budućnosti ne treba očekivati neke značajnije promene.

Što se tiče institucionalnog okvira na evropskom i nacionalnim nivoima, može se reći da je uspostavljen i da je profunkcionisao, ali da je samo delimično razvijen i usvojen. U ovom momentu sve države članice nemaju oformljena notifikovana tela. Korisnici (prvenstveno železnička industrija) u ovim državama mogu se obratiti i aplicirati kod bilo kojeg notifikovanog tela u Evropi. Međutim, jezička barijera koja se javlja između aplikanta i tela, stvara aplikantu dodatne troškove i utiče na nivo konkurencije između tela na nacionalnom i regionalnom nivou. Ipak, broj sertifikovanih vozila i infrastrukturnih pod sistema puštenih u rad od strane ovlašćenih organa ovih država, takođe se rapidno povećava. Na kraju, vidljivo je da se tržište interoperabilnih komponenti sve više širi, pogotovu za komponente signalno-sigurnosnih sistema i vozila.

Da bi se realizovao koncept interoperabilnosti uvedene su tehničke specifikacije za interoperabilnost. Tehničke specifikacije predstavljaju dokumenta čijom primenom se povećava nivo interoperabilnosti. Do danas, usvojeno je ukupno jedanaest TSI koje se razvrstavaju u navedene tri grupe: strukturne, funkcionalne i zajedničke tehničke specifikacije.

Što se tiče njihovog obima, postoji korelacija između broja strana i broja interfejsa koji pod sistem koji se

razmatra ostvaruje sa drugim pod sistemima. U skladu sa ovim, TSI LOC&PAS i TSI WAG najobimniji su i imaju preko 150 strana, dok TSI SRT i TSI NOI imaju ispod 40 strana. Zbog kompleksnosti samog koncepta i smanjenja vrednosti investicija za njegovo realizovanje, odlučeno je da se TSI isključivo primenjuju na novoizgrađene, unapređene i obnovljene pod sisteme. Proces rada na tehničkim specifikacijama još nije završen, jer se radi o materiji koja će se, u narednim godinama, sigurno menjati i dopunjavati u pogledu smanjivanja otvorenih pitanja i zamene nacionalnih tehničkih propisa evropskim.

Proces uspostavljanja interoperabilnosti u Republici Srbiji tek je na početku. Direktiva 2008/57/EC je transponovana u nacionalno zakonodavstvo usvajanjem Zakona o bezbednosti i interoperabilnosti donesenog u novembru 2013. godine, kao i dva podzakonska akta koja su doneli Direkcija za železnice i nadležno ministarstvo. Direkcija za železnice, kao nacionalno telo za bezbednost železničkog saobraćaja, istovremeno je nadležna i za interoperabilnost. Trenutno na železnicama u Srbiji na snazi su TSI ENE, TSI INF, TSI CCS, TSI PRM i TSI SRT i na osnovu njih se sprovodi ocenjivanje pod sistema i njihova sertifikacija. Direkcija za železnice trenutno radi na prevođenju preostalih šest tehničkih specifikacija i donošenju podzakonskih akata koji bliže uređuju ovaj koncept.

## LITERATURA

- [1] Maglov, D.: *Interoperabilnost i strategija razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji*, 2014., (05.10.2016.), dostupno na: <http://www.it-modul.rs/02/2014/dejan-maglov-ugovor-republike-srbije-sa-microsoftom-drugi-deo-ili-strategija-razvoja-elektronske-uprave-u-republici-srbiji/>
- [2] Evropska Komisija: „*Direktiva 2008/57/EZ*“ *Evropskog parlamenta i Saveta o interoperabilnosti železničkog sistema u Zajednici*“, 2008., (06.10.2016.), dostupno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0057>
- [3] Milojković, J.: *Interoperabilnostu elektronskom poslovanju statističkih sistema*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2012.
- [4] Andrzej H.: *European Railway Agency and development of the TSIs for European High Speed Railway System*, 2015., (5.10.2016.), dostupno na: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/TTS%202015%20no%206%20ERA%20development%20of%20TSIs%20for%20HS%20Harassek-EN.pdf>

- [5] European Railway Agency: *Interoperability progress report*, 2013., (07.10.2016), dostupno na: [http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Interoperability\\_progress\\_exec\\_summary\\_2013\\_EN.pdf](http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Interoperability_progress_exec_summary_2013_EN.pdf)
- [6] Evropska komisija: *Uredba komisije 1301/2014 o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti podsistema „Energija“ železničkog sistema u Uniji*, 2014.
- [7] Direkcija za železnice: *Pravilnik o ocenjivanju usaglašenosti činilaca interoperabilnosti i elemenata strukturnih podsistema, verifikaciji strukturnih podsistema i izdavanju dozvola za korišćenje strukturnih podsistema*, 2016., (10.15.2016), dostupno na: <http://www.raildir.gov.rs/docs/Pravilnik%20o%20ocenjivanju%20usaglasenosti.pdf>

## SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE – TTS 2018 – BITOLA

**Dear colleague,**

We take great pleasure in inviting you to the 2<sup>nd</sup> Conference, “Transport for Today’s Society”, which will be held at the Faculty of Technical Sciences in Bitola, from May 17 to May 19, 2018.

**Conference topics:**

Contributions for any topic in the areas of road/rail/air/maritime traffic and transport and postal traffic and telecommunications will be considered.

However, the selection of topics in which we are particularly interested is presented on the Conference web site.

**Important dates:**

Abstract submission	26.11.2017
Notification of abstract acceptance	10.12.2017
Submission of full paper	14.01.2018
Referred papers returned to authors for revision	18.02.2018
Final paper submission	11.03.2018
Registration and payment	08.04.2018

Please inform colleagues and collaborators about this event.

For more details regarding the Conference, see the descriptions on the web site, [ttsconference.org](http://ttsconference.org).

Your presence at the Conference is important to us. We look forward to seeing you there.

Sincerely,

Faculty of Technical Sciences Bitola  
Department of Traffic and Transport

**Драге колеге,**

Са задовољством Вас позивамо на другу конференцију “Транспорт за данашње друштво”, која ће се одржати на Факултету техничких наука у Битоли, од 17. до 19. маја 2018. године.

**Теме конференције:**

Разматраће се доприноси за све теме из области путничког/железничког/ваздушног/поморског саобраћаја и поштанског саобраћаја и телекомуникација.

Наш избор тема за које смо посебно заинтересовани представљајемо на веб страници Конференције.

**Важни датуми:**

Сажетак поднеска	26.11.2017.
Обавештење о апстрактном прихватању	10.12.2017.
Подношење пуног папира	14.01.2018.
Наведени радови се враћају ауторима ради ревизије	18.02.2018.
Финално подношење рада	11.03.2018.
Регистрација и плаћање	08.04.2018.

Молимо вас да о овом догађају обавестите ваше колеге и сараднике.

За више детаља о конференцији, погледајте описе на веб страници, [ttsconference.org](http://ttsconference.org).

Ваше присуство на конференцији за је нас јако важно. Радујемо се што ћемо се видети.

С поштовањем,

Факултет техничких наука Битола  
Катедра за саобраћај и транспорт

ALEKSANDAR RADOSAVLJEVIĆ<sup>1</sup>

# VUČNO-ENERGETSKI PRORAČUNI U OPENTREKU

## TRACTION-ENERGY CALCULATIONS IN OPENTRACK

Datum prijema rada: 2.2.2017. god.  
UDK: 629.4:004.94

### REZIME

U radu su prikazane mogućnosti vučno-energetskih proračuna u programskom paketu OpenTrack u zavisnosti od serije vučnih vozila. Dat je prikaz mogućih varijanti otpora kretanja vozničkih sredstava i mogućnosti prikaza vučnog dijagrama. Ukratko je prikazan istorijat vučno-energetskih proračuna na železnicama Srbije i značaj poznavanja vučno-energetskih programskih paketa. Prikazan je programski paket OpenTrack sa stanovišta vozničkih sredstava i dat je kratak prikaz rezultata simulacije. Na kraju, analizirana je mogućnost primene programskog paketa OpenTrack na prugama „Železnica Srbije” kako kod postojećih operatera, tako i kod budućih koji će se pojaviti širenjem interoperabilnosti i na ovim prostorima. **Ključne reči:** vozno sredstvo, Opentrack, otpor kretanja, vučna sila, energija.

### SUMMARY

The paper presents the possibilities of traction-energy calculations in OpenTrack software in relation to the type of traction unit. An overview of the possible variants of rolling stock running resistance and traction diagram display options are given. Briefly, the history of traction-energy calculation on Serbian Railways is shown together with importance of application of traction-energy software packages. Software package OpenTrack is shown from the point of rolling stock and summarizes the simulation results. Finally, the possibility of applying the software package OpenTrack at the Serbian railway lines by existing operators, as well as in future that will occur with the expansion of interoperability in this area is analyzed. **Keywords:** rolling stock, Opentrack, running resistance, tractive effort, energy.

### 1. UVOD

U ovom radu prikazan je program koji bi se mogao primeniti na železnicama u Srbiji za proračun vremena vožnje i utrošene energije za vuču vozova, sa posebnim osvrtom na vozna sredstva i mogućnosti njihove aplikacije.

Naravno, u svetu postoji više programskih paketa koji se negde više, a negde manje primenjuju, te će odluka koji odabrati programski paket za primenu na železnicama Srbije zavisiti isključivo od procene stručnjaka same

železnice, kao i operatera koji na njoj obavljaju vuču vozova. Takođe, važan aspekt je i to kako „Infrastruktura železnice Srbije” i operateri „Srbija Voz” i „Srbija Kargo” žele dodatno da obrazuju svoje stručnjake iz oblasti vuče vozova i eksploatacije železničkog saobraćaja.

Tim više što se u proteklom periodu mala i nedovoljna pažnja posvećivala ovoj problematici, a obrazovne institucije, kako u Srbiji tako i u regionu, nisu u svoje nastavne programe uključivale ovladavanje znanjima koje imaju ovakvi ili slični programski paketi. To sve dovelo je do toga da danas stručnjaci koji se bave

<sup>1</sup> Dr Aleksandar Radosavljević, dipl. inž. maš., Saobraćajni institut CIP, Nemanjina 6, Beograd, radosavljevica@sicip.co.rs

eksploatacijom železnice nedovoljno poznaju ovu oblast i ne poznaju rad sa bilo kojim od savremenih programskih paketa.

Izuzetak od prethodno navedenog predstavljaju u Sloveniji Građevinski i geodetski fakultet u Ljubljani (od 2009. god.) i Građevinski fakultet u Mariboru (od 2014. god.), u Hrvatskoj Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu (od 2012. god.), u Mađarskoj Tehnološki i ekonomski fakultet u Budimpešti (od 2013. god.) i Univerzitet Žečenji iz Đera (od 2010. god.), a u Srbiji Saobraćajni fakultet u Beogradu (od 2014. god.) [1].

Tehnički univerzitet u Beču je u svoj program obrazovanja već više godina uveo programski paket OpenTrack tako da svršeni inženjeri, pored teorijskog ovladavanja problematikom, već poseduju znanja rada sa ovim programskim paketom koja posle u praksi samo nadograđuju.

## 2. PRETHODNO ISKUSTVO SA SLIČNIM PROGRAMSKIM PAKETIMA

Poslednji put kada je ova problematika ozbiljno tretirana na železnicama u Srbiji bilo je još 1971. godine kada je izrađen odgovarajući programski paket za simulaciju vuče vozova [2]. Veliki nedostatak ovog programa je, iako je kasnije bio prilagođen za rad na personalnim računarima, što se nisu mogla ažurirati vozna sredstva tako da je ovaj programski paket postao neupotrebljiv za sva, od tada, novonabavljena vozna sredstva (412/416, 641-300, 621, 710, 711, 413/417). Naravno, ovaj programski paket nije tretirao rekuperaciju tj. vraćanje električne energije u železničku mrežu što je danas postalo standard za sva nova električna vučna vozila, te se programski paket ne može koristiti ni za nove električne lokomotive koje se planiraju nabavljati.

Sve navedeno, kao i neke druge stvari koje su u programskom paketu ostale nedorečene, dovelo je do toga da je danas ovaj programski paket neupotrebljiv za korišćenje i da se mora planirati nabavka novog programskog paketa koji nema ova ograničenja.

Kao rezultat napred navedenog, dolazi se do toga da su stručne službe na železnicama Srbije za vučno-energetske proračune morale da primenjuju numeričke (postupak Korefa, K.Savića) i grafo-analitičke metode (postupak Müller-a, Unreina, Lipec-Lebedeva) koje, i pored svih uprošćenja, iziskuju znatne napore prilikom rada. Brzina proračuna, u slučaju numeričkih i grafo-analitičkih metoda, drastično je mala i to je glavni razlog njihovog potiskivanja iz prakse (uglavnom se koriste za proračun vremena vožnje, a ne za energetske proračune) iako se ove metode izučavaju u okviru određenih predmeta na visokoškolskim ustanovama, koje školuju inženjere za rad na železnici.

## 3. OPENTRACK – SIMULACIJA RADA SISTEMA ŽELEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

OpenTrack je programski paket za planiranje i simulaciju rada eksploatacije železnice. Program je razvio Institut za saobraćajno planiranje i sisteme saobraćaja na švajcarskom federalnom institutu za tehnologiju u Cirihi (Swiss Federal Institute of Technology Zurich). Trenutno se programski paket OpenTrack koristi na 40 železničkih uprava i železničkih administracija, 32 operatera metro i tramvajskog saobraćaja, 30 kompanija železničke industrije, 83 konsultantske firme koje se bave problemima železničkog saobraćaja i na preko 70 univerziteta.

Kao osnova za izradu programskog paketa OpenTrack poslužile su neke od vodećih svetskih knjiga iz oblasti teorije vuče vozova, što garantuje da je postavljen dobar matematički model vuče vozova i da su uzeti u obzir svi dodatni otpori (bilo vozila, bilo pruge) koji se javljaju pri svakom kretanju voza [3, 4, 5, 6, 7].

Program OpenTrack podržava i razmenu podataka o infrastrukturi, vozilima, redu vožnje preko najnovijeg protokola railML (Railway Markup Language) verzija 2.2. RailML protokol je formiran da poboljša razmenu podataka između železničkih informacionih tehnologija. Čak je i 2002. god. osnovana railML.org sa ciljem pronalaska, diskusije i prikazivanja sistematskih XML orijentisanih rešenja razmene podataka između železničkih aplikacija. Rezultat rada ovog udruženja je razvoj RailML jezika koji daje univerzalno primenljive formate razmene podataka između vlasnika infrastrukture i raznih operatera. Razvojem interoperabilnosti na ovim prostorima postaće sve veća važnost upotrebe i poznavanja protokola railML.

OpenTrack nudi podršku u radu u sledećim oblastima:

### Eksploatacija:

- Određivanje propusne moći stanica;
- Određivanje propusne moći pruga;
- Identifikacija mogućih ograničenja kapaciteta;
- Izrada reda vožnje;
- Izračunavanje staničnog intervala sleđenja vozova;
- Određivanje vremena zauzeća koloseka u stanicima;
- Optimizacija planiranja voznih sredstava;
- Identifikovanje posledica neregularnosti na mreži usled nepredviđenih događaja;
- Planiranje održavanja i radova na mreži;
- Vizuelno predstavljanje eksploatacije (vozna sredstva, putevi vožnji i signali).

### Infrastruktura:

- Procena različitih varijanti infrastrukturnih rešenja;
- Određivanje potreba za proširenje mreže;

- Procena modela signalno-sigurnosnih sistema;
- Upravljanje podacima infrastrukture preko grafičkog interfejsa.

**Red vožnje:**

- Izračunavanje vremena vožnje;
- Provera izvodljivosti i stabilnosti reda vožnje i identifikacija konflikata.

**Vozna sredstva:**

- Turnusi voznih sredstava;
- Određivanje zahteva za buduća vozna sredstva.

Na slici 1. prikazan je princip kako funkcioniše simulacija pomoću programskog paketa OpenTrack. Unapred definisani vozovi saobraćaju po unapred definisanom redu vožnje na određenoj pruzi. Simulacija sadrži kako kontinualne (konstantne), tako i diskretne (varijabilne) delove. Kontinualni deo izračunava diferencijalne jednačine za proračun brzine voza i pređenog puta. Diskretni delovi simuliraju nepredviđene situacije i njihove posledice, npr. zakašnjenja, stanje signalnog sistema, ...

Za vreme simulacije, OpenTrack računa kretanje voza u skladu sa izrađenim redom vožnje i signalno-sigurnosnim sistemom. Podaci o kretanju voza dobijaju se rešavanjem diferencijalne jednačine kretanja voza, tj. iz maksimalne snage voza, sila otpora kretanju voza i parametara pruge dobija se maksimalno moguće

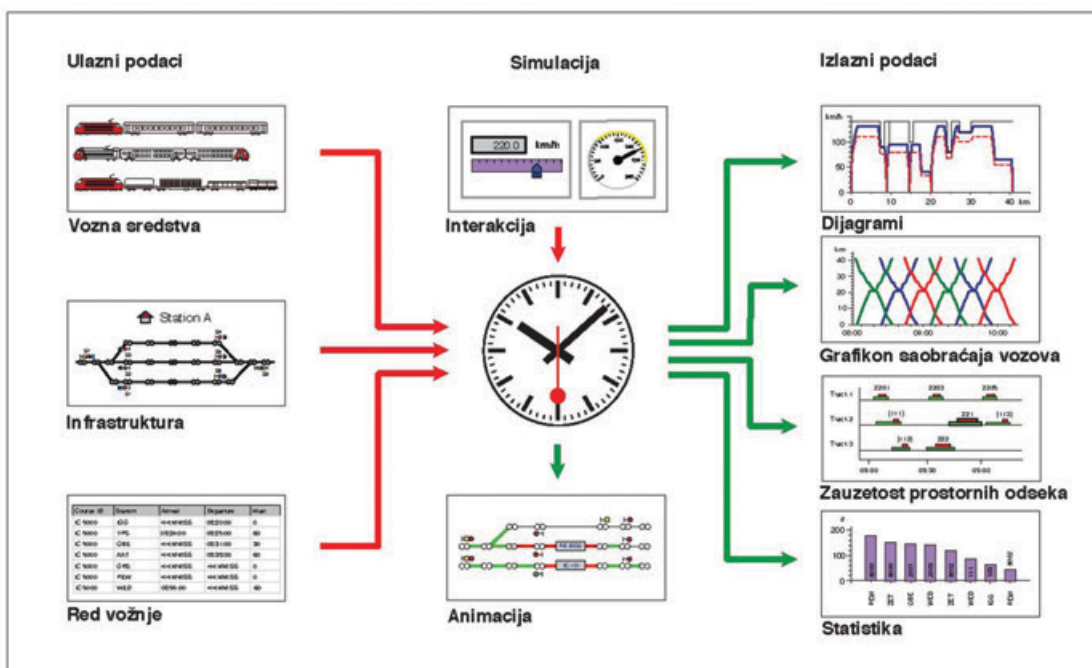
ubrzanje u jedinici vremena. Integracijom funkcije ubrzanja dobija se brzina i još jednom integracijom pređeni put voza.

**3.1. Podaci o voznim sredstvima**

OpenTrack sadrži tehničke podatke svakog vučnog vozila. Voz za simulaciju sastoji se od jedne ili više lokomotiva (na početku, sredini ili na kraju voza i/ili više lokomotiva u vozu) i dodatnog broja (putničkih ili teretnih) kola. U slučaju simulacije garnitura elektromotornih i dizel-motornih vozova koriste se unapred definisane karakteristike svake garniture. Tako definisani vozovi mogu se koristiti bezbroj puta za različite trase vozova jer su sačuvani u datoteci.

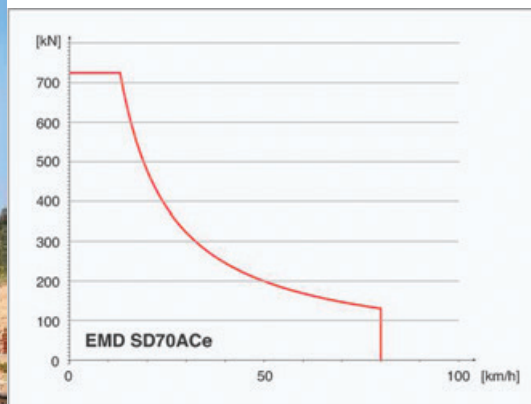
Podaci o lokomotivama, smešteni u bazama podataka, obuhvataju dijagram vučna sila/brzina, dijagram kočna sila/brzina, masu lokomotive, dužinu, koeficijente otpora, npr. OpenTrack dozvoljava korisniku da edituje dijagrame i podatke grafički koristeći alat za editovanje (slika 2). Takođe, već izrađeni dijagram vučna sila/brzina može se učitati/eksportovati.

Na slici 3. prikazana je vučna sila dizel-lokomotive iz Brazila, na slici 4. višesistemske električne lokomotive nemačkih železnica, na slici 5. elektromotornog voza velikih brzina švajcarskih železnica, na slici 6. metro voza iz Štokholma, a na slici 7. tramvaja iz Berna.

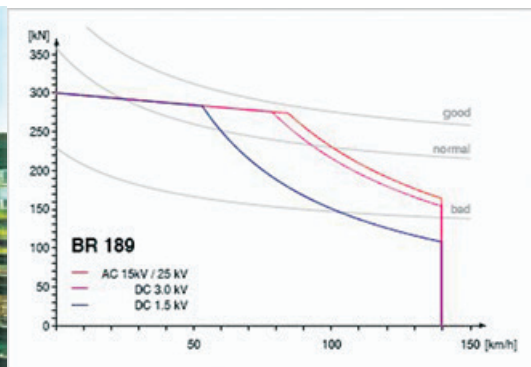


Slika 1. Struktura programskog paketa Open Track

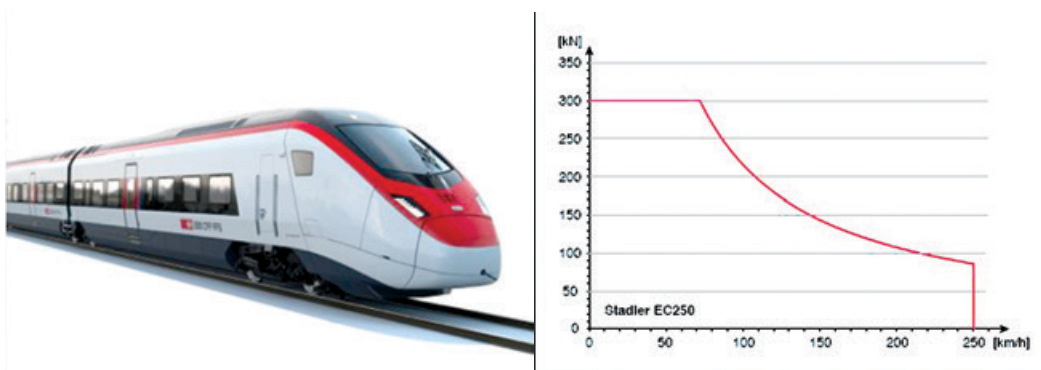
Slika 2. Editovanje podataka o vučnim vozilima i vozu



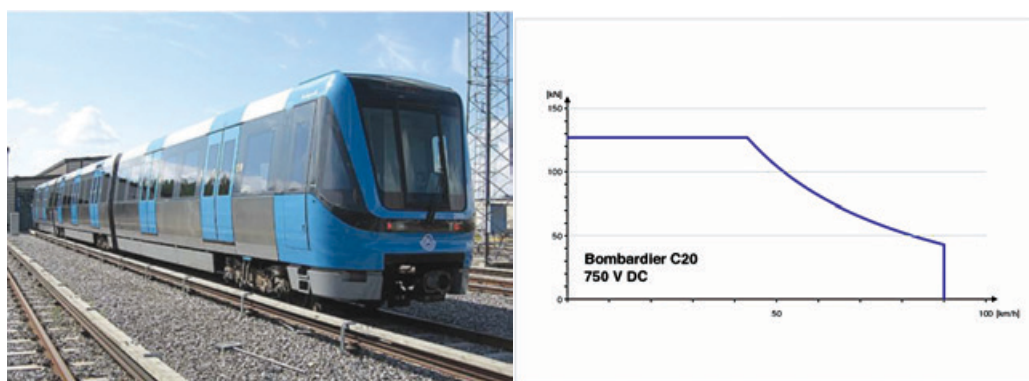
Slika 3. Dijagram vučna sila/brzina lokomotive EMD SD70ACe



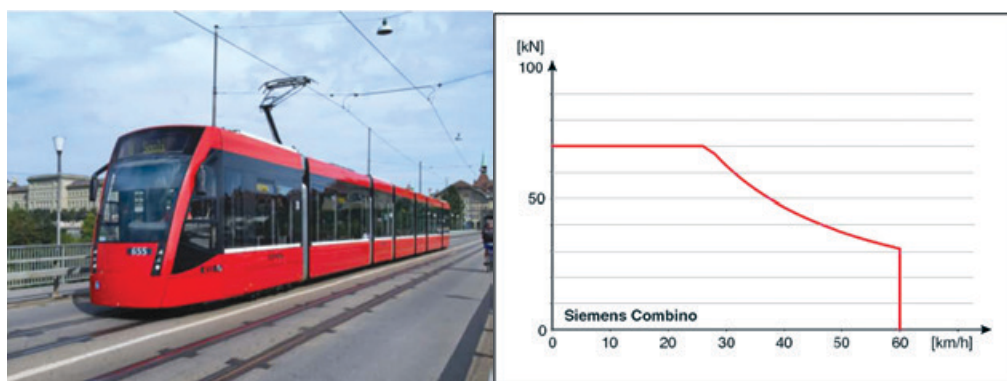
Slika 4. Dijagram vučna sila/brzina lokomotive BR 189 DB AG



Slika 5. Dijagram vučna sila/brzina EC voza EC250 SBB



Slika 6. Dijagram vučna sila/brzina metro voza Bombardier C20



Slika 7. Dijagram vučna sila/brzina tramvaja Siemens Combino

Koeficijent athezije vučnog vozila određuje se pomoću obrasca Kurcijus-Kniflera (Curtius-Kniffler) koji se primenjuje i na železnici Srbije:

$$\psi(v) = 0,161 + \frac{2,1}{v + 12,2} \quad (1)$$

gde je brzina  $v$  [m/s].

Athezione mogućnosti vučnog vozila programski paket definiše kroz tri scenarija: dobri (150%), normalni (125%) i loši (80%) athezioni uslovi. Ukoliko se poseduju rezultati athezionih ispitivanja vučnog vozila za vreme tipskog ili serijskog ispitivanja onda se ti

podaci mogu uneti u programski paket za svako vozilo ponaosob.

Za višesistemska vučna vozila moguće je za jedno vozilo uneti različite vučne dijagrame, što je i neophodno s obzirom na to da su, za različite sisteme napajanja, različiti i dijagrami vučna sila/brzina.

Prilikom proračuna opterećenja vozova na železnicama Srbije, za specifični osnovni otpor voza ( $f_R^{osn}$  [daN/t]) koriste se Štralovi (Strahl) obrasci bez uticaja vetra [8].

Specifični osnovni otpor voza za vučena vozila s kliznim osovinskim ležištima dobija se po obrascu:

$$f_R^{osn''} = 2 + (k + 0,007) \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \quad (2)$$

a za kola s kotrljajućim osovinskim ležajevima po obrascu:

$$f_R^{osn''} = 2,2 - \frac{80}{V + 38} + (k + 0,007) \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \quad (3)$$

gde je:  $V$  [km/h] brzina voza,

$k$  koeficijent koji zavisi od vrste kola (obuhvata otpore vazduha).

Povećanje otpora vazduha usled delovanja vetra uzima se u obzir preko dodatka  $\Delta V$  koji se u prethodnim izrazima dodaje brzini vozila:

$$f_R^{osn''} = 2,2 - \frac{80}{V + 38} + (k + 0,007) \cdot \left(\frac{V + \Delta V}{10}\right)^2 \quad (4)$$

U programskom paketu OpenTrack za izračunavanje specifičnih otpora kretanja voza koristi se više formula: Štralova (za izračunavanje otpora kotrljanja lokomotiva), Sauthofova (Sauthoff) (za putnička kola), unapređena Štralova formula (za teretna kola), Dejvisova (Davis) formula (u zavisnosti od mase voza i bez uticaja mase voza), formula za sračunavanje otpora kretanja vozova sa magnetnom levitacijom i za tramvaje.

1 – Štralova formula za izračunavanje otpora kotrljanja lokomotiva:

$$R_{LT} = g \cdot \left\{ \left[ f_L \cdot \frac{m}{1000} \right] + \left[ k_{St1} \cdot ((v + \Delta v) \cdot 3,6)^2 \right] \right\} \quad (5)$$

gde su:  $R_{LT}$  [N] – Otpor lokomotive,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – Ubrzanje zemljine teže,

$f_L$  – Faktor otpora (Zadata vrednost: 3,3),

$m$  [kg] – Masa lokomotiva,

$k_{St1} = 0,03 \text{ kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^2$  – Koeficijent otpora,

$v$  [m/s] – Brzina voza.

2 – Sauthofova formula za izračunavanje otpora kotrljanja putničkih kola:

$$R_{LP} = g \cdot \left\{ \left[ 1,9 \cdot \frac{m}{1000} \right] + \left[ k_{Sa1} \cdot v \cdot 3,6 \cdot \frac{m}{1000} \right] + \left[ k_{Sa2} \cdot (n + 2,7) \cdot ((v + \Delta v) \cdot 3,6)^2 \right] \right\} \quad (6)$$

gde su:  $R_{LP}$  [N] – Otpor putničkih kola,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – Ubrzanje zemljine teže,

$m$  [kg] – Masa putničkih kola,

$k_{Sa1} = 0,0025 \text{ s/m}$  – Koeficijent otpora,

$v$  [m/s] – Brzina voza,

$k_{Sa2} = 0,00696 \text{ kg} [\text{s}^2/\text{m}^2]$  – Koeficijent otpora,

$\Delta v$  [m/s] – Otpor vetra.

3 – Unapređena Štralova formula za izračunavanje otpora kotrljanja teretnih kola:

$$R_{LG} = g \cdot \frac{m}{1000} \cdot \left[ 2,2 - \frac{k_{St2}}{v \cdot 3,6 + k_{St3}} + k_{St4} \cdot (v \cdot 3,6)^2 \right] \quad (7)$$

gde su:  $R_{LG}$  [N] – Otpor teretnih kola,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – Ubrzanje zemljine teže,

$m$  [kg] – Masa lokomotiva teretnih kola,

$k_{St2} = 80 \text{ m/s}$  – Koeficijent otpora,

$v$  [m/s] – Brzina voza,

$k_{St3} = 38 \text{ m/s}$  – Koeficijent otpora,

$k_{St4} = 0,00032 \text{ s}^2/\text{m}^2$  – Koeficijent otpora.

4 – Dejvisova formula za izračunavanje otpora kretanja u zavisnosti od mase voza:

$$r' = A + B \cdot v + C \cdot v^2 \quad (8)$$

$$R_{LZ} = m \cdot g \cdot r' / 1000 \quad (9)$$

gde su:  $R_{LZ}$  [N] – Otpor vazduha voza,

$r'$  [N/kN] – Specifični otpor voza,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – Ubrzanje zemljine teže,

$m$  [kg] – Masa kola,

$v$  [m/s] – Brzina voza,

A,B,C – parametri.

5 - Dejvisova formula za izračunavanje otpora kretanja nezavisna od mase voza:

$$R_{LZ} = A + B \cdot v + C \cdot v^2 \quad (10)$$

gde su:  $R_{LZ}$  [kN] – Otpor vazduha voza,

$v$  [m/s] – Brzina voza.

Takođe, za vučno-energetske proračune uzet je u obzir i dodatni otpor vazduha u tunelu kroz faktor tunela. Vrednost faktora tunela zavisi od spoljašnjeg oblika voza, poprečnog preseka tunela i glatkoće zidova tunela (za delove pruge bez tunela  $R_T = 0$ ):

$$R_T = f_T \cdot v^2 \quad (11)$$

gde su:  $R_T$  [N] – Otpor tunela,

$f_T$  [kg/m] – Otpor tunela (0,5÷50),

$v$  [m/s] – Brzina voza.

Prema tome, ukupni otpor kotrljanja ( $R_L$ ) je suma otpora lokomotive(a), kola (putničkih ili teretnih) i otpora tunela:

Štral/Sauthof (putnički voz):

$$R_L = R_{LT} + R_{LP} + R_T \quad (12)$$

Štral/Sauthof (teretni voz):

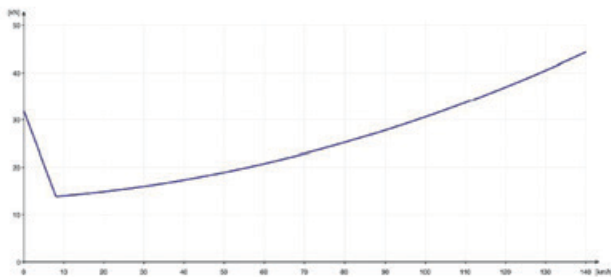
$$R_L = R_{LT} + R_{LG} + R_T \quad (13)$$

Dejvis/Magnetna levitacija:

$$R_L = R_{LZ} + R_T \quad (14)$$

Na ovaj način može se svakom vučnom vozilu (lokomotivi ili motornom vozu) pridružiti odgovarajuća formula za izračunavanje otpora kretanja da bi se dobili što verniji rezultati proračuna.

Pored napred navedenog načina za izračunavanje otpora kotrljanja ukupnog voza, u proračunima se mogu uzeti u obzir i dodatni otpori koji se javljaju pri pokretanju voza (slika 8), a koji su rezultat dugotrajnog stajanja kola u ranžirnim stanicama i povećanog otpora u osovinskim ležajevima pri pokretanju voza.



Slika 8. Dijagram otpora kotrljanja/brzina pri polasku voza

Neke železničke uprave primenjuju pravilo da voz može povećati brzinu (ubrzati) samo ako može održavati dostignutu brzinu određeno, zadato, vreme (npr. 30 s) pre nego što počne da koči. Zato je u datoteci Trains

data mogućnost da se ovo vreme definiše (od 0 do 60 s), slika 2. Ovo pravilo se primenjuje samo za brzine preko 0 km/h i ne važi za vozove koji kasne.

### 3.2. Podaci o prugama

Pruge su opisane u obliku matematičke teorije grafova (koristeći čvorove i grane). Korisnik može grafički editovati topologiju železničke mreže. Jedan element npr. sadrži dužinu deonice, nagib, maksimalnu brzinu za različite kategorije vozova.

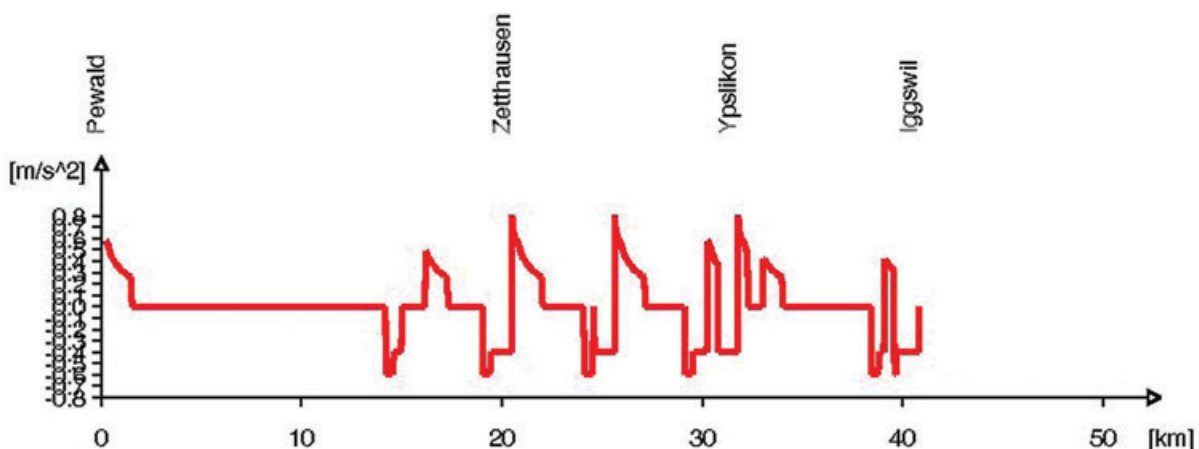
### 3.3. Izlazni rezultati

Nakon završetka simulacije nude se različiti oblici prikaza rezultata:

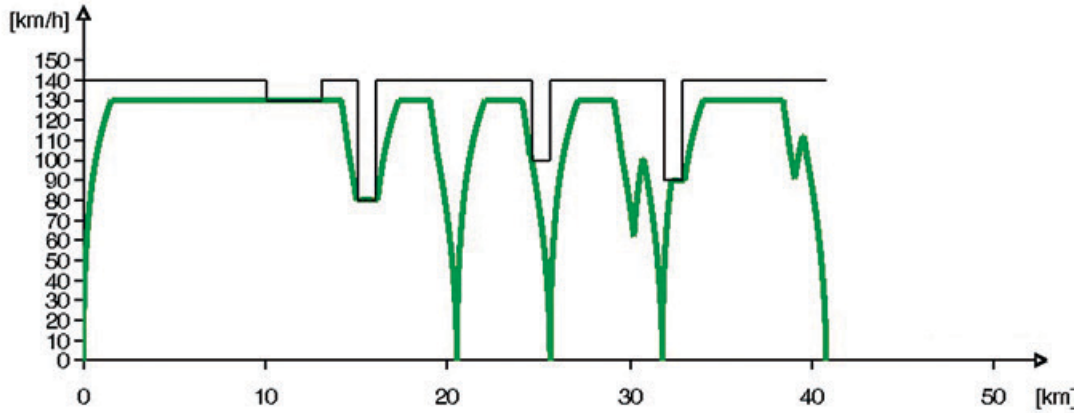
- Dijagrami pređeni put/vreme, brzina/vreme, snaga/rastojanje, utrošena energija/ rastojanje;
- Vremena zauzetosti staničnih koloseka;
- Način ubrzanja;
- Izveštaj o preprekama i smetnjama;
- Grafikon saobraćaja vozova;
- Proračun zauzetosti prostornog odseka (staničnog, prostornog i blokvnog);
- Vučna sila;
- Upoređenje stvarnih i planiranih vremena vožnje.

OpenTrack nudi različite vrste analize podataka dobijenih simulacijom. Mogu se raditi analize na osnovu voza, deonice ili stanice. Pri analizi kretanja voza dolazi se do podataka o načinu ubrzanja (dijagram ubrzanje/pređeni put, slika 9), brzini (dijagram brzina/pređeni put, slika 10), utrošenoj energiji za vuču voza (slika 11) ili bilo kakvim smetnjama za vreme vožnje voza. Takođe, može se izabrati i prikaz angažovane snage i utrošene energije u funkciji pređenog puta.

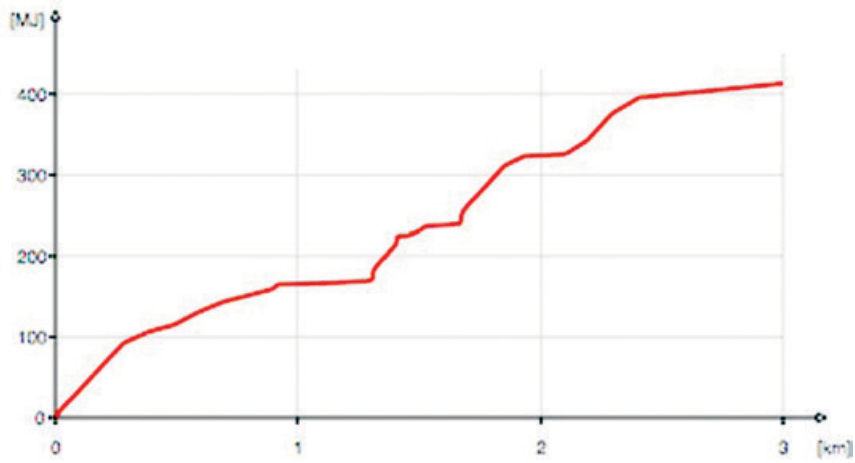
Simulacijom svih vozova na određenoj deonici pruge dobija se i grafikon reda vožnje (slika 12). Rezultati



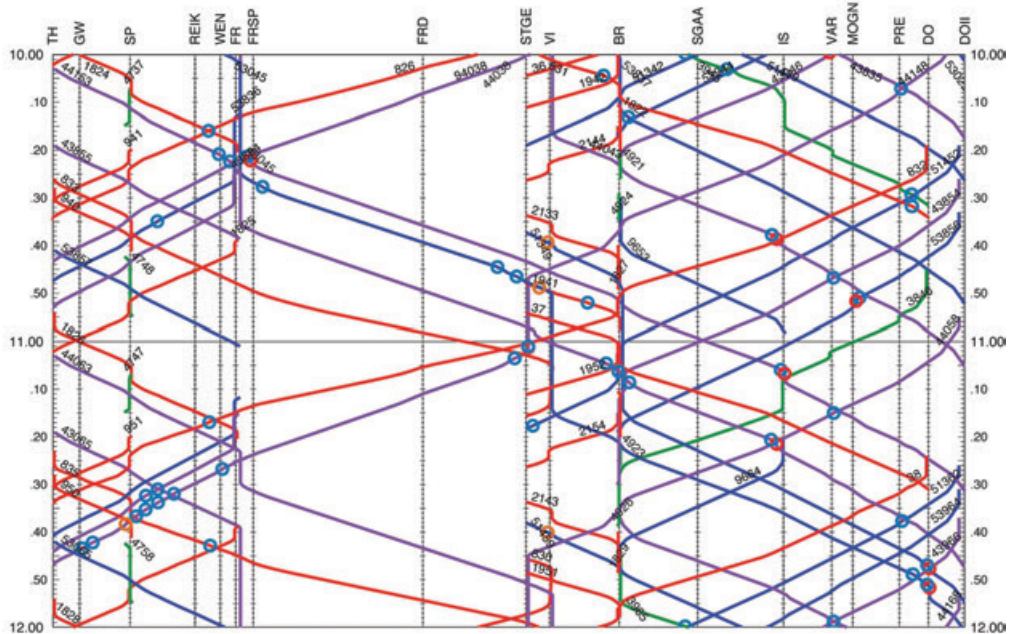
Slika 9. Dijagram ubrzanje/put



Slika 10. Dijagram brzina/put



Slika 11. Dijagram energija/put



Slika 12. Grafikon reda vožnje

simulacije mogu biti predstavljeni, kako u grafičkoj, tako i u tekstualnoj formi.

OpenTrack funkcioniše na svim dobro poznatim kompjuterskim sistemima (Windows 2000/ XP/ Vista/ 7/ 8/ 10, Mac OS X).

#### 4. ZAKLJUČAK

Mnoge železničke uprave, konsultantske firme, saobraćajne uprave i univerziteta koriste ovaj i/ili slične programske pakete za simulaciju kretanja voza. Neke bogatije uprave koriste više programskih paketa i njihovom kombinacijom, kao i iskorišćavanjem njihovih najboljih karakteristika (neki programski paketi imaju bolju-jednostavniju simulaciju vuče vozova, a neki bolju-jednostavniju simulaciju ukupnog reda vožnje), vrše uporedne proračune eksploatacije voznih sredstava.

Izuzetno je važno da se na železnicama Srbije shvati neophodnost primene ovog programskog paketa (i/ili sličnih) koji će, zajedno sa njihovom verifikacijom u praksi, podići nivo znanja njenih stručnjaka iz oblasti vuče vozova i eksploatacije železnice.

Istorijat rada sa vučno-energetskim proračunima na železnicama Srbije pokazuje da su ranije razvijeni programski paketi postali danas neupotrebljivi za rad, a da je primena numeričkih i grafo-analitičkih metoda izuzetno spora i sveobuhvatno nedovoljna, te je, zaista, krajnji čas da se i u ovoj oblasti primene savremene računarske metode i relativno skoro razvijeni programski paketi, koji olakšavaju rad i daju mnogo više mogućnosti krajnjim korisnicima. Tim pre, što će se u budućnosti pojavljivati sve više novih operatera sa svojim, drugačijim, voznim sredstvima za koje treba obezbediti odgovarajuće trase (na osnovu vučnih proračuna) i uklopiti ih u važeći red vožnje. Ovako sada organizovane stručne službe, kako „Infrastrukture železnice Srbije”, tako i operatera „Srbija Voz” i „Srbija Kargo”, ne mogu obavljati svoj posao podjednako dobro, kao i operateri na nekim razvijenijim železničkim upravama.

Još jedan dokaz za neminovnost prelaska na savremene programske pakete predstavlja i činjenica da se, još uvek, na železnicama Srbije, primenjuju zastareli i prevaziđeni propisi za izračunavanje i iznalaženje vremena vožnje vozova iz 1956. godine [9].

Dilemu da li je programski paket OpenTrack odgovarajući za primenu na železnicama Srbije (kako kod infrastrukture, tako i kod operatera) ne bi trebalo postavljati. Naime, ako je više od 260 železničkih uprava, železničkih operatera, proizvođača železničkih voznih sredstava, koja nameravamo da kupimo, konsultantskih

firmi i univerziteta širom sveta (u 49 zemalja) odlučilo da koristi ovaj programski paket za simulaciju železničkog saobraćaja i vučno-energetske proračune onda će sigurno biti dobar i za stručne službe „Železnica Srbije”.

Dobar pokazatelj primene programa OpenTrack u Srbiji je to da su pojedini fakulteti i istraživačke firme počele sa njegovom primenom [10, 11, 12, 13], ali je ovo, ipak, mali broj institucija u odnosu na sve one koje školuju kadar za železnice i rade za železnicu.

Stoga bi posao oko primene programa OpenTrack trebalo podeliti na sledeće segmente:

- Stručnjaci saobraćajne, građevinske i elektrotehničke struke „Infrastrukture železnice Srbije” a.d. bili bi odgovorni za formiranje baze podataka svih pruga (ovaj posao bi samo u prvi mah bio obiman, dok se ne stvori baza podataka koju je kasnije potrebno samo ažurirati u skladu sa svim trenutnim promenama);
- Stručnjaci saobraćajne i mašinske struke operatera „Srbija Voz” i „Srbija Kargo” bili bi odgovorni za formiranje baza podataka svih voznih sredstava koja se nalaze u njihovom voznom parku i za formiranje baza podataka vozova;
- Na osnovu prethodno pripremljenih podataka moguće je izvršiti proračune neophodne za izradu reda vožnje.

Naravno, celokupni posao oko vučno-energetskih proračuna i neophodnih podloga za izradu reda vožnje može se uspešno obaviti i ukoliko se poveri eksterno za rad nekim specijalizovanim železničkim ustanovama, koje imaju licencu za rad u programskom paketu OpenTrack ili sl. i obučene stručnjake mašinske, saobraćajne i građevinske struke, koji će ovaj posao obaviti umesto stručnjaka zaposlenih u „Infrastrukturi železnice Srbije” i kod operatera.

#### LITERATURA

- [1] <http://www.opentrack.ch/>
- [2] Vušković, M., Živojinović, B.: *Matematički model železničke vuče*, Institut „Mihajlo Pupin”, Beograd, 1971.
- [3] Filipović, Ž.: *Elektrische Bahnen*. Grundlagen, Triebfahrzeuge, Stromversorgung, Springer Verlag, 1991.
- [4] Wende, D.: *Fahrdynamic*. Transpress, VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1990.
- [5] Pacht, J.: *Railway Operation and Control*, 2nd edition, VTD Rail Publishing (USA), 2009.
- [6] Vuchic, V.: *Urban Transit, Systems and Technology*, 1st edition, John Wiley&Sons, 2007.

- [7] Lübke, D., Siegmann, J.: *Handbuch - Das System Bahn*, Eurailpress 2008.
- [8] ZJŽ: *Uputstvo o tehničkim normativima i podacima za izradu i izvršenje reda vožnje (Uputstvo 52)*, Beograd, 1988.
- [9] ZJŽ: *Propisi za izračunavanje i iznalaženje vremena vožnje vozova (Uputstvo 69)*, Beograd, 1956.
- [10] Milanović, Z., Longo, G.: *Istraživanje uticaja povećanja obima saobraćaja na infrastrukturne elemente dela železničkog čvora Beograd primenom metode simulacije*, TEHNIKA-SAOBRAĆAJ (58), br.2, str. 281-288, 2011.
- [11] Fischer, U., Mirković, S., Milinković, S., Schöbel, A.: *Possibilities for integrated timetables within the Serbian railway network*, Facta universitatis-series: Mechanical Engineering 10(2), pp. 145-156, 2012.
- [12] Milosavljević M., Milinković S., Vesković S., Branović I., Aćimović S.: *Analiza sistema BG Voza primenom simulacionog paketa OpenTrack*, YUINFO, Kopaonik, Srbija, str. 473-478, 2014.
- [13] Radosavljević, A., Mirković, S. Ljevo, Dž., Schöbel, A.: *Određivanje rastojanja mernih mesta za detekciju pregrejanih ležajeva*, ŽELKON '08, Niš, Srbija, str. 181-184, 2008.

ŽIVORAD LAZIĆ<sup>1</sup>

## PREDLOG METODOLOGIJE ZA IZRAČUNAVANJE REJTINGA ZAPOSLENIH U JAVNOM SEKTORU REPUBLIKE SRBIJE

### METHODOLOGY PROPOSAL FOR PUBLIC SECTOR EMPLOYEES' RATING CALCULATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Datum prijema rada: 11.3.2017. god.

UDK: 331.2:519.6

#### REZIME

Svakodnevno se susrećemo sa raznim rejting listama od kojih su najpoznatije: Šangajska lista univerziteta, FIDE lista šahista, ATP lista teniseri, WTA lista teniserki, SCI lista naučnih časopisa, lista citiranosti istraživača itd. U našim društveno-političkim i privrednim uslovima postoji objektivna potreba za utvrđivanje jedinstvene metodologije za izračunavanje rejtinga zaposlenih u javnom sektoru. Javni sektor obuhvata: državnu upravu, lokalnu samoupravu, javna preduzeća i ostale korisnike budžetskih sredstava. O rejtingu zaposlenih u javnom sektoru Republike Srbije najčešće se govori prilikom imenovanja pojedinaca na važne društvene ili privredne pozicije ili u povremenim diskusijama o uvođenju platnih razreda. Svaka rejting lista zasniva se na izabranim kriterijumima, jasnoj metodologiji i ispravnim podacima. Metodologija predložena u ovom radu zasnovana je na dva osnovna kriterijuma, koja se odnose na formalno obrazovanje i radno iskustvo. Kombinacija navedenih kriterijuma ponderisana je odgovarajućim koeficijentima korekcije. Ostali potencijalni kriterijumi, kao što su: opšta kultura, neformalno obrazovanje, poznavanje stranih jezika, dodatne veštine, radne reference, posvećenost profesiji, nagrade, priznanja itd. nisu uzeti u obzir da metodologija ne bi bila previše komplikovana, a uticaj na krajnji rezultat neznatan. To nikako ne znači da se predložena metodologija ne može nadograđivati i unapređivati. Naprotiv! Ali, od nečega treba početi. **Ključne reči:** metodologija, zaposleni, javni sektor, rejting, obrazovanje, iskustvo.

#### SUMMARY

We meet every day with various rating lists, of which the best known are: Shanghai list of Universities, the list of FIDE chess players, the list of ATP number 1 male tennis players, the list of WTA number 1 female tennis players, SCI science magazine list, the list of researchers' citations etc. In our social, political and economic conditions, there is an objective need for establishing of a uniform methodology for the rating of public sector employees, which comprises: the State administration, local government, public companies and other budget beneficiaries. Of the rating of employees in the public sector of the Republic of Serbia is usually spoken when appointing the individuals to the important social or economic positions or in occasional discussions on the introduction of salary bands. Each rating list is based on the selected criteria, clear methodology and correct information. The methodology proposed in this paper is based on two main criteria relating to the formal education and work experience. The combination of these criteria is weighted with the corresponding correction coefficients. Other potential criteria, such as: general knowledge, informal education, foreign language competence, additional skills, work references, professional dedication, awards, etc. are not taken into consideration that the proposed methodology can not be upgraded and improved. On the contrary! But we have to start from something. **Keywords:** methodology, employees, the public sector, rating, education, experience.

1 Mr Živorad Lazić, dipl. inž. saob., „Srbija Voz“ a.d., Nemanjina 6, Beograd, zivorad.lazic@srbrail.rs

## 1. UVOD

Često se čuju jasni i glasni, a još češće poverljivi i tihi, komentari da je na neku visoku društvenu ili privrednu poziciju postavljena nekompetentna osoba. Kako je to moguće? Šta se podrazumeva pod terminima: kompetentna, odnosno nekompetentna osoba? Reč kompetencija vodi poreklo od latinske reči *competentia* koja označava: merodavnost, nadležnost, sposobnost ili pozvanost neke institucije ili osobe za obavljanje određenih vrsta poslova. Pojam kompetencija, u kontekstu znanja i veština, standardizovan je međunarodnim standardom (ISO 9000) kao: „pokazana sposobnost da se primeni znanje i veština”, sa fokusom na pokazivanje jer se veoma teško pravi razlika između pojmova znanje i veština. U ovom radu se razmatra kompetentnost zaposlenih osoba u pogledu njihovih stručnih kvalifikacija i radnog iskustva.

Kompetentna osoba mora da ima odgovarajuće obrazovanje (kvalifikaciju) i potrebno radno iskustvo za određenu vrstu posla. U svim ostalim slučajevima: kvalifikovana, a neiskusna; iskusna, a nekvalifikovana; a pogotovo nekvalifikovana i neiskusna; osoba smatra se nekompetentnom.

Kombinacija formalnog obrazovanja i radnog iskustva može da posluži za definisanje složenog kriterijuma za izračunavanje kompetentnosti (rejtinga) zaposlenog ili privremeno nezaposlenog lica, kako u javnom tako i u privatnom sektoru.

Naš javni sektor je od naročitog interesa jer se u njemu pojavljuju ozbiljne anomalije i paradoksi, sa štetnim posledicama za stanovništvo u celini. Posledice nekompetentnosti u privatnom sektoru tiču se, prvenstveno, vlasnika kapitala koji, po prirodi stvari, neće dozvoliti da njegovom kompanijom upravljaju nekompetentne osobe.

Rejting, kao objektivno merilo, može da se koristi za vrednovanje i rangiranje zaposlenih, za grupisanje zaposlenih po platnim razredima, a poseban značaj bi mogao da ima prilikom imenovanja pojedinih lica na visoke društvene ili privredne pozicije.

Rejting zaposlenog ne bi smeo da bude jedini kriterijum za donošenje važnih kadrovskih odluka, ali bi mogao da pruži prvu i osnovnu informaciju o potencijalnim mogućnostima nekog kandidata.

Da je rejting zaposlenog bio polazni kriterijum (prvo sito) za imenovanje lica sa posebnim ovlašćenjima u javnom sektoru, možda se ne bi događala neobična kadrovska rešenja, što je česta pojava u našoj stvarnosti, a naročito u javnim preduzećima.

Posebno je zanimljiv način kako se, u poslednje vreme, u javnom sektoru favorizuju kadrovi koji su se okitili „tankim” diplomama u zrelih godinama. Ovo se naročito odnosi na javna preduzeća, državne agencije, upravne odbore, nadzorne odbore i ostale „rezervoare” za udomljavanje lojalnih i poslušnih.

Pomenuti primeri nisu usamljene pojave u našim društveno-političkim i privrednim uslovima. Pre bi se moglo reći da je ovakav način kadriranja postao uobičajen.

Zašto tako naopako? Zar nije logično da: radnik radi, vozač vozi, zidar zida, lekar leči, inženjer projektuje? Zašto se zanemaruje logičan redosled u razvoju svake karijere: obrazovanje, iskustvo, upravljanje...? Kuda bi nas odvela očigledna anomalija da pilot operiše, hirurk pilotira, a menadžer početnik upravlja nuklearnom elektranom? Teza da „svi mogu sve” vodi u apsurdni zaključak da nam obrazovanje nije ni potrebno! Možemo li da se nadamo da će nam nicati cveće ako sejemo korov? To je ozbiljan društveni problem čije ćemo posledice tek da osetimo!

Ovaj rad nema pretenziju da predlaže konkretna rešenja za svaki od navedenih problema. Njegov osnovni cilj je da ukaže na njih i da „zagolica” nadležne kako bi se nešto preduzelo po tom pitanju, dok ne bude previše kasno (ako već nije).

## 2. PREDLOG METODOLOGIJE

Na osnovu uvodnog izlaganja postaje očigledno da bi rejting zaposlenog  $R$  mogao da se izračunava kao skalarni proizvod: vremena obrazovanja  $TO$  i vremena rada  $TR$ .

$$R = TO * TR \quad (1)$$

Kako se vreme obrazovanja  $TO$  i vreme rada  $TR$  sastoje od parcijalnih vremena obrazovanja  $TO_i$  i parcijalnih vremena rada  $TR_i$ , onda se ukupni rejting zaposlenog  $R$  može izračunati kao zbir parcijalnih rejtinga  $R_i$ , za svaki nivo obrazovanja  $i$ ,

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n TO_i * TR_i \quad (2)$$

pri čemu je  $n$  – ukupan broj nivoa obrazovanja, odnosno stepeni stručnosti, u Republici Srbiji, od osnovne škole do doktorata, u različitim obrazovnim sistemima koji su se menjali tokom vremena.

Osnovna jedinica za vreme obrazovanja može da bude bilo koji od uobičajenih vremenskih intervala: dan, mesec ili godina, a za ovu metodologiju predlaže se: jedan mesec. Trajanje obrazovanja na svakom

obrazovnom nivou  $TOi$  dokazuje se diplomom, svedočanstvom, đaćkom knjižicom i/ili indeksom.

U dosadašnjim obrazovnim sistemima moglo bi da se identifikuje deset različitih nivoa obrazovanja, odnosno stepeni stručnosti, te će indeks i da uzima vrednosti od 1 do 10, sa sledećim vremenima obrazovanja  $TOi$ :

1. osnovno obrazovanje u trajanju od 96 meseci,
2. srednje obrazovanje u trajanju od 24, 36, 48 ili 60 meseci,
3. više strukovne studije u trajanju od 24, 30 ili 36 meseci,
4. visoke strukovne studije u trajanju od 36 meseci,
5. specijalističke strukovne studije u trajanju od 12 meseci,
6. osnovne akademske studije u trajanju od 48, 54, 60 ili 72 meseca,
7. specijalističke akademske studije u trajanju od 12 meseci,
8. master studije u trajanju od 12 ili 24 meseca,
9. magistarske studije u trajanju od 24 meseca,
10. doktorske studije u trajanju od 30 ili 36 meseci.

Ako je, na primer, neka osoba prešla sa strukovnih studija na akademske studije, onda joj se vreme obrazovanja na akademskim studijama određuje na osnovu dodatno upisanih i overenih semestara. Primer: ako je osoba završila dvogodišnju višu školu i, uz polaganje dopunskih ispita, upisala treću godinu četvorogodišnjih akademskih studija, onda joj se vreme obrazovanja na akademskim studijama računa kao 24 meseca.

Ako je osoba, u nekom stepenu obrazovanja, uradila i odbranila završni rad, onda joj se pripadajuće vreme obrazovanja dodatno uvećava na sledeći način:

- 2 meseca – za diplomski rad na višoj školi,
- 3 meseca – za diplomski rad na visokoj strukovnoj školi,
- 4 meseca – za specijalistički rad na višoj ili visokoj strukovnoj školi,
- 6 meseci – za diplomski rad na akademskim studijama,
- 8 meseci – za specijalistički rad na akademskim studijama,
- 10 meseci – za master rad na akademskim studijama,
- 12 meseci – za magistarski rad na poslediplomskim magistarskim studijama,
- 18 meseci – za izradu i odbranu doktorske disertacije.

Vremenu obrazovanja bi, svakako, trebalo da se doda i vreme koje se odnosi na polaganje stručnog ili državnog ispita (ako ga je osoba polagala i dobila validni sertifikat, licencu, uverenje i sl.) U ovu kategoriju bi moglo da se pridruži i vreme koje se odnosi na izbor u akademsko ili istraživačko zvanje, na sledeći način:

- 1 mesec – za položen stručni ili državni ispit, sa strukovnim obrazovanjem,
- 2 meseca – za položen stručni ili državni ispit, sa akademskim obrazovanjem,
- 3 meseca – za izbor u zvanje asistenta ili istraživača saradnika,
- 4 meseca – za izbor u zvanje docenta ili naučnog saradnika,
- 5 meseci – za izbor u zvanje vanrednog profesora ili višeg naučnog saradnika,
- 6 meseci – za izbor u zvanje redovnog profesora ili naučnog savetnika.

Vreme rada sa određenim nivoom obrazovanja  $TRi$  dokazuje se odgovarajućim rešenjem, ugovorom o radu, aneksom ugovora o radu ili radnom knjižicom, a obračunava se i iskazuje u mesecima.

Jasno je, samo po sebi, da parcijalna vremena obrazovanja  $TOi$  i vremena rada  $TRi$  nemaju istu težinu na različitim nivoima obrazovanja. Nije i ne može da bude, isto ako je neko studirao dve godine na višoj tehničkoj školi i postao inženjer, a neko drugi proveo dve godine na poslediplomskim magistarskim studijama i postao magistar tehničkih nauka. Nije, takođe, isto da li je neko na nekom poslu, stekao jednogodišnje radno iskustvo sa srednjom školom ili sa fakultetom.

Zbog toga se uvodi prvi koeficijent korekcije  $\alpha$  koji se odnosi na stepen obrazovanja zaposlenog. Taj koeficijent, kao i mnogi drugi, uzima vrednosti od nula do jedan. Nulta vrednost dodeljuje se pojedincu bez ikakvog obrazovanja, a vrednost 1,00 pojedincu sa doktoratom. Vrednosti koeficijenta  $\alpha$ , unutar ovoga opsega, mogli bi da se raspoređuju linearno ili nelinearno, ali to, u ovom slučaju i nije najvažnije. Preporuka je da se vrednosti koeficijenta  $\alpha$  uzimaju na sledeći način:

- 0,00 – bez ikakve škole,
- 0,10 – osnovna škola,
- 0,20 – srednja škola,
- 0,30 – viša škola,
- 0,40 – visoka škola strukovnih studija,
- 0,50 – specijalističke strukovne studije,
- 0,60 – akademske studije,
- 0,70 – specijalističke akademske studije,
- 0,80 – master studije,
- 0,90 – magistarske studije,
- 1,00 – doktorske studije.

Uvođenjem težinskog koeficijenta za nivo obrazovanja  $\alpha$ , polazna formula za izračunavanje rejtinga zaposlenog dobija sledeći oblik:

$$R = \sum_{i=1}^n TOi * TRi * \alpha_i \quad (3)$$

Sledeći koeficijent korekcije  $\beta$  odnosi se na rejting obrazovne ustanove. Svima je poznato kakav je, na

primer, rejting Matematičke gimnazije iz Beograda u odnosu na neke druge srednje škole sa istom dužinom trajanja. Slična je situacija sa fakultetima, visokim i višim školama.

Rangiranje obrazovnih ustanova, a naročito univerziteta, odavno se primenjuje u celom svetu. Svake godine, u SAD, objavljuje se najnovija rang lista univerziteta od koje, u velikoj meri, zavisi: ko će na koji univerzitet da se upiše, kolika je školarina i kakvu će reputaciju da dobije svaki svršeni student određenog univerziteta.

Kod nas je najpoznatija tzv. Šangajska lista, na kojoj se rangira više od 22.500 univerziteta iz celog sveta, a javno se objavljuje samo prvih 500. Na Šangajskoj listi za 2016. godinu prikazani su pojedinačni rangovi za prvih 100 univerziteta, a ostali univerziteti su razvrstani po grupama: 101–150, 151–200, 201–300, 301–400 i 401–500. Univerzitet u Beogradu nalazi se u grupi univerziteta od 201 do 300 mesta.

Pošto u našoj zemlji ne postoje nacionalne liste univerziteta, fakulteta, visokih škola i ostalih obrazovnih ustanova, u ovom radu predložene su sledeće vrednosti koeficijenta  $\beta$ :

- 1,00 – elitne škole i fakulteti u zemlji i inostranstvu i sve osnovne škole,
- 0,80 – ugledne škole i fakulteti sa tradicijom dužom od 50 godina,
- 0,60 – škole i fakulteti sa tradicijom od 25 do 50 godina,
- 0,40 – škole i fakulteti sa tradicijom do 25 godina,
- 0,20 – neafirmisane škole i fakulteti, neakreditovani nastavni programi, održavanje nastave u isturenim odeljenjima i neprikladnim uslovima, vikend nastava, inflacija ocena i diploma i sl.

Uvođenjem težinskog koeficijenta za rangiranje obrazovnih ustanova  $\beta$ , polazna formula za izračunavanje rejtinga zaposlenih ima sledeći oblik:

$$R = \sum_{i=1}^n TOi * TRi * ai * \beta i \quad (4)$$

Sledeći koeficijent korekcije  $\gamma$  odnosi se na podobnost struke za određenu vrstu posla. Svima je poznata naša, ali i ne samo naša, „genijalna“ praksa da „svaki posao može svako da obavlja“, te je svojevremeno za pomoćnika ministra saobraćaja imenovan estradni menadžer, a jedan estradni umetnik postao je član Upravnog odbora Pošte!

Slično prethodnim razmatranjima, koeficijent  $\gamma$  uzimaće vrednosti od nula do jedan. Nulta vrednost dodeljivaće se osobi sa apsolutno nepodobnom strukom, a vrednost 1,00 sa apsolutno podobnom strukom za određenu vrstu posla.

U zavisnosti od usvojene skale gradacije, koeficijenti  $\gamma$  uzimaće odgovarajuće linearne ili nelinearne vrednosti između navedenih granica. U ovom slučaju, preporučuje se opštepoznata skala školskih ocena (od 1 do 5) u kojoj oceni 1 odgovara apsolutno nepodobna, a oceni 5 apsolutno podobna struka. Na taj način, koeficijent  $\gamma$  uzimao bi sledeće vrednosti:

- 1,00 – za ocenu 5,
- 0,80 – za ocenu 4,
- 0,60 – za ocenu 3,
- 0,40 – za ocenu 2,
- 0,00 – za ocenu 1.

Uvođenjem težinskog koeficijenta podobnosti struke za određenu vrstu posla  $\gamma$ , polazna formula za izračunavanje rejtinga zaposlenog dobija sledeći oblik:

$$R = \sum_{i=1}^n TOi * TRi * ai * \beta i * \gamma i \quad (5)$$

Sledeći koeficijent korekcije  $\delta$  odnosi se na način obrazovanja (redovno ili uz rad). Ako uporedimo osobu koja se redovno školovala, bila na teretu svojih roditelja i počela da radi u 25. ili 30. godini, sa nekom drugom osobom koja se zaposlila u 18. godini, i malo radeći, a malo učeći (najčešće u radno vreme) domogla „tanke“ fakultetske diplome<sup>1</sup> u zrelim godinama – shvatićemo da to nije i ne može da bude uporedivo.

Zbog toga se predlažu sledeće vrednosti koeficijenta korekcije  $\delta$ :

- 1,00 – za redovno školovanje (pre zaposlenja),
- 0,70 – za školovanje uz rad.

Uvođenjem koeficijenta korekcije za način obrazovanja  $\delta$ , polazna formula za izračunavanje rejtinga zaposlenog dobija sledeći oblik:

$$R = \sum_{i=1}^n TOi * TRi * ai * \beta i * \gamma i * \delta i \quad (6)$$

Ovim se ne iscrpljuje moguća lista koeficijenata korekcije, koji se odnose na vreme obrazovanja, ali je za ovu svrhu i ovu metodologiju sasvim dovoljno. Dodatni koeficijenti, kao što su: prosečna ocena, nagrade, priznanja, poznavanje stranih jezika, sposobnost rada na računaru, poznavanje odgovarajućih softverskih paketa i druge veštine i znanja, mogu da se koriste u procesima zapošljavanja, a naročito prilikom biranja kandidata koji se prvi put zapošljavaju.

Na sličan način bi mogli da se uvedu i koeficijenti korekcije vremena rada sa određenim nivoom obrazovanja. Na primer, dvoje lekara koji su završili

<sup>1</sup> Poznati su primeri grupnog doškolovanja na neadekvatnim fakultetima, uz grupno polaganje ispita, po nekoliko za jedan vikend...

isti fakultet i ostvarili isti radni staž, ali u različitim zdravstvenim ustanovama. Ako je prvi lekar radio u seoskoj ambulanti, a drugi u velegradskom urgentnom centru, onda je više nego jasno da se njihovo vreme rada (iskustva) mora ponderisati odgovarajućim koeficijentom korekcije  $\epsilon$ , čije bi se vrednosti kretale između nule i jedinice.

Slično tome, trebalo bi da se uvede i odgovarajući koeficijent korekcije koji se odnosi na složenost poslova u svakom profilu zanimanja. Na primer, dvoje diplomiranih ekonomista koji su završili isti fakultet i ostvarili isti radni staž u istom preduzeću ali na različitim poslovima. Ako je prvi ekonomista radio kao stručni saradnik u službi knjigovodstva, a drugi kao finansijski direktor, onda je i na prvi pogled jasno da bi njihovo vreme rada (iskustva) trebalo da se ponderiše odgovarajućim koeficijentom korekcije za složenost posla  $\eta$ , čije bi se vrednosti, takođe, kretale između nule i jedinice.

U oba navedena slučaja pojavljuju se ozbiljni tehnički problemi, koji se odnose na identifikaciju i rangiranje svih privrednih i društvenih subjekata, njihovih organizacionih delova i pojedinačnih poslova u okviru svakog profila zanimanja. To je, teorijski moguće, ali je u praksi skoro neizvodljivo.

Zbog toga se, u ovom radu, odustaje od koeficijenata korekcije vremena rada  $\epsilon$  i  $\eta$ , pa opšta formula za izračunavanje obrazovno-iskustvenog rejtinga glasi:

$$R = \sum_{i=1}^n TO_i * TR_i * \alpha_i * \beta_i * \gamma_i * \delta_i \quad (7)$$

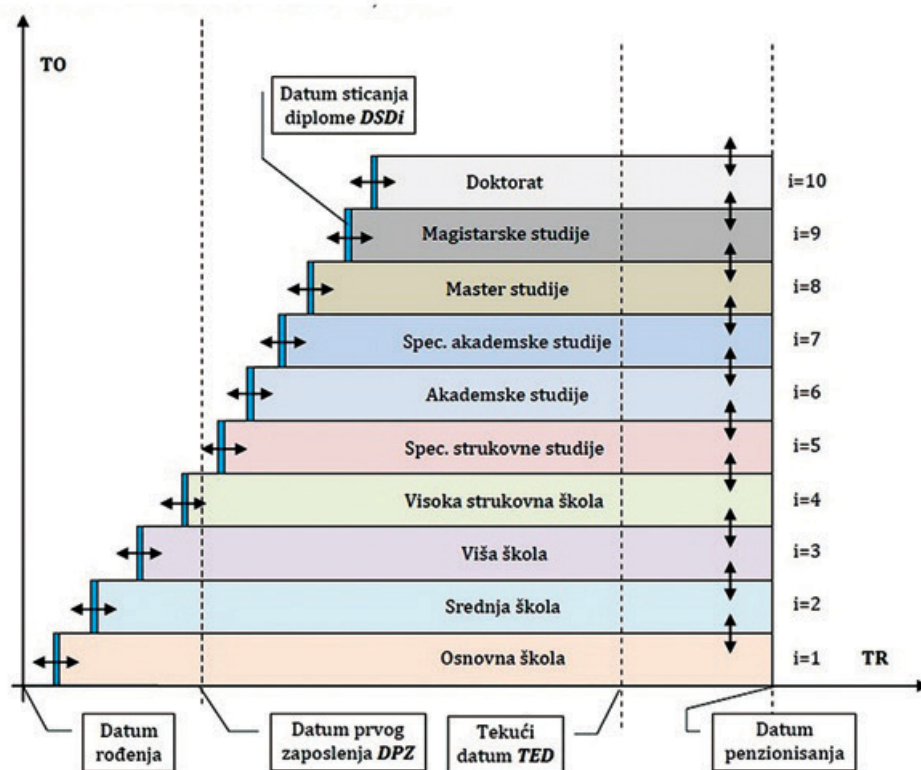
pri čemu je, u postojećim uslovima,  $n = 10$ .

Radi ilustracije predložene metodologije, urađen je sledeći grafički prikaz:

Leve ivice pravougaonika, koje označavaju datume sticanja diploma na  $i$ -tom nivou obrazovanja, podsećaju na stepenice sa promenljivim visinom i dužinom gazišta. Dvostruke strelice asociraju na rastegljivost visine i horizontalnu pomerljivost (klizanje) pravougaonika.

Visina pravougaonika  $TO_i$  zavisi od ukupnog trajanja obrazovanja na  $i$ -tom nivou obrazovanja (osnovno trajanje + dodatak za završni rad + dodatak za stručni ispit i/ili izbor u zvanje) i proizvoda koeficijenata korekcije za  $i$ -ti nivo obrazovanja. Ako zaposleni nije završio  $i$ -ti nivo obrazovanja, onda je visina odgovarajućeg pravougaonika  $TO_i = 0$ .

Datum sticanja diplome  $i$ -tog nivoa obrazovanja mora da bude kasniji u odnosu na datum sticanja diplome nižeg



Slika 1. Šematski prikaz vremena rada TR, vremena obrazovanja TO i ukupnog rejtinga zaposlenog R

nivoa obrazovanja – koji predstavlja neophodan uslov za upis *i*-tog nivoa. Ovo pravilo može da ima izuzetak koji se javlja u slučajevima kada je neka osoba naknadno pohađala i završila neki od nižih nivoa obrazovanja (ne zbog uslovne potrebe nego radi svog zadovoljstva).

Primer: diplomirani mašinski inženjer naknadno je završio srednju umetničku školu, jer u slobodno vreme želi da se bavi umetnošću. Iako to, na prvi pogled, nema nikakve veze sa njegovim osnovnim zanimanjem ili poslom koji obavlja, smatramo da i ta vrsta obrazovanja treba da uđe u obračun njegovog rejtinga (u onoj meri kako je to definisano opštom formulom i vrednostima koeficijenata korekcije, a naročito koeficijentom korekcije za podobnost struke  $\gamma$ ).

A sa druge strane, diplomirani mašinski inženjer je u umetničkoj školi naučio nešto novo (smisao za lepo, ljubav prema umetnosti), što bi u velikoj meri moglo da mu koristi prilikom dizajniranja i projektovanja alata, mašina i sl.

Ako je datum sticanja diplome na *i*-tom nivou obrazovanja  $DSD_i$  viši (kasniji) od datuma prvog zaposlenja  $DPZ$ , onda se vreme rada sa *i*-tim nivoom obrazovanja računa na sledeći način:

$$TR_i = TED - DSD_i - UVEPR_i \quad (8)$$

gde je:  $UVEPR_i$  ukupno vreme eventualnog prekida rada sa *i*-tim nivoom obrazovanja.

Ako je datum sticanja diplome na *i*-tom nivou obrazovanja  $DSD_i$  niži (raniji) od datuma prvog zaposlenja  $DPZ$ , onda se vreme rada sa *i*-tim nivoom obrazovanja računa se na sledeći način:

$$TR_i = TED - DPZ - UVEPR_i \quad (9)$$

Na osnovu šematskog prikaza i prethodnih pojašnjenja, može se zaključiti da ukupan rejting zaposlenog odgovara površini svih pravougaonika omeđenih datumom prvog zaposlenja i tekućim datumom, sa izuzetkom eventualnog vremena prekida rada.

Sve u svemu, rejting zaposlenog predstavlja kvadratnu vremensku kumulativnu funkciju, koja se svakodnevno uvećava. Vreme obrazovanja, kao jedna od komponenti rejtinga, utiče skokovito na povećanje rejtinga, a vreme rada, kao druga komponenta rejtinga, utiče linearno na povećanje rejtinga.

Zamislimo, sada, proizvoljnu osobu *A* koja ima rejting od 10.429 poena. Da li nam to nešto znači? Ništa, naravno. Ovo je obična cifra, kao i svaka druga, koja dobija svoj puni smisao samo onda ako ima sa čime da se uporedi.

Uzmimo, sada, jednu nesvakidašnju osobu *B*, koja se

Tabela 1. Izračunavanje rejtinga osobe B, sa pretpostavljenim obrazovanjem

Ime i prezime: Osoba B										
Nivo obrazovanja	Osnovno trajanje obrazovanja	Dodatak za završni rad	Dodatak za stručni ispit i/ili zvanje	Ukupno vreme obrazovanja	Vreme rada sa datim obrazovanjem	Koeficijenti korekcije				Parcijalni rejting
						$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	
Osnovna škola	96			96	480	0,10	1,00	1,00	1,00	4.608
Elitna gimnazija	48			48	480	0,20	1,00	1,00	1,00	4.608
Viša škola										
Visoka strukovna škola										
Specijalističke strukovne studije										
Akadske studije	60	6	2	68	480	0,6	1,00	1,00	1,00	19.584
Specijalističke akademske studije										
Master studije										
Poslediplomske magistarske studije	24	12	3	39	456	0,90	1,00	1,00	0,70	11.204
Doktorat – docent	36	18	4	58	408	1,00	1,00	1,00	0,70	16.565
Doktorat – vanredni profesor			5	5	372	1,00	1,00	1,00	0,70	1.302
Doktorat – redovni profesor			6	6	336	1,00	1,00	1,00	0,70	1.411
<b>UKUPAN REJTING</b>										<b>59.282</b>

redovno i uspešno školovala i koja je imala sledeći razvoj karijere:

- 15 godina – završila osnovnu školu,
- 19 godina – završila elitnu gimnaziju,
- 24 godina – završila elitni tehnički fakultet,
- 25 godina – počinje da radi kao diplomirani inženjer,
- 27 godina – završila magistarske studije na elitnom fakultetu i izabrana je u zvanje asistenta,
- 31 godina – postaje doktor tehničkih nauka na elitnom fakultetu i izabrana je za docenta,
- 34 godine – izabrana je za vanrednog profesora,
- 37 godina – izabrana je za redovnog profesora,
- 65 godina – završava profesionalnu karijeru, uključuje se u politiku i postaje jedan od kandidata za ministra energetike.

Rejting osobe *B* izračunat je prema pretpostavljenim podacima iz tabele 1.

Rejting osobe *B* iznosi 59.282 poena. Iz ovoga može da se zaključi da osoba *B* ima daleko veći rejting od osobe *A* (10.429), te je po tom kriterijumu daleko bolji kandidat za pomenutog ministra energetike.

Navedeno poređenje nije tako očigledno kako bi običan posmatrač voleo da bude. Ljudi su naviknuti na praktične skale: od 1 do 5 ili 1 do 10, a jedna od najpraktičnijih i

Tabela 2. Izračunavanje rejtinga osobe *C*, sa stvarnim podacima

Ime i prezime: Osoba B										
Nivo obrazovanja	Osnovno trajanje obrazovanja	Dodatak za završni rad	Dodatak za stručni ispit i/ili zvanje	Ukupno vreme obrazovanja	Vreme rada sa datim obrazovanjem	Koeficijenti korekcije				Parcijalni rejting
						$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	
Osnovna škola	96			96	429	0,10	1,00	1,00	1,00	4.118
Elitna gimnazija	48			48	429	0,20	0,80	1,00	1,00	3.295
Viša škola										
Visoka strukovna škola										
Specijalističke strukovne studije										
Akadske studije	54	6		60	429	0,6	0,80	1,00	1,00	12.355
Specijalističke akademske studije										
Master studije										
Poslediplomske magistarske studije	24	12	3	39	305	0,90	1,00	1,00	0,70	7.494
Doktorat – docent										
Doktorat – vanredni profesor										
Doktorat – redovni profesor										
<b>UKUPAN REJTING</b>										<b>27.262</b>

najčešće korišćenih skala je tzv. procentna skala. Nulto vrednosti procenata skale odgovara minimalna vrednost rejtinga  $R_{min}$ , a maksimalno mogućoj vrednosti rejtinga  $R_{max}$  odgovara vrednost 100% procentne skale.

Sve ostale vrednosti rejtinga naći se između navedenih granica. U procentnoj skali mogu da se uvedu i klase, odnosno razredi, koje bi mogle da budu od višestruke koristi.

Nultu vrednost rejtinga imaće osoba bez ikakvog obrazovanja i/ili radnog iskustva. Sada se postavlja logično pitanje: koliki je maksimalno mogući rejting? Da li je to rejting osobe *B*? Možda i jeste, ako se izuzme teorijska mogućnost da se neka treća osoba obrazovala po nekom skraćenom postupku (dve godine za jednu, paralelno studiranje i slično) i sa takvim, maksimalnim, obrazovanjem radila više od 40 godina.

Ako pretpostavimo da je, po ovoj metodologiji, maksimalno mogući rejting 60.000 poena, onda bi naša dva razmatrana rejtinga imala sledeće vrednosti na procentnoj skali:

$$R_a = \frac{RA}{R_{max}} * 100 = \frac{10.429}{60.000} = 17 \% \quad (10)$$

$$R_b = \frac{RB}{R_{max}} * 100 = \frac{59.282}{60.000} = 99 \% \quad (11)$$

U izuzetno retkim slučajevima mogle bi da se pojave osobe sa apsolutnim rejtingom većim 60.000, što bi se moglo da se protumači kao „izuzetak koji potvrđuje pravilo”. U tom slučaju relativna vrednost rejtinga bi se ograničavala na 100%, a učinjena „greška” ne bi imala nikakvog uticaja na suštinu predložene metodologije.

Na prvi pogled – ima logike. Hajde da proverimo kako bi to izgledalo na jednom konkretnom primeru osobe C, sa stvarnim podacima na dan 1.1.2017. godine:

Apsolutna vrednost rejtinga osobe C (autora ovoga rada) iznosi 27.262 poena, a relativna 45%.

$$R_c = \frac{RC}{R_{max}} * 100 = \frac{27.262}{60.000} = 45 \% \quad (12)$$

Da li su očekivanja bila veća? Da, bila su. Da li je „plafon” previše visok? Možda i jeste? Da li će rejting zaposlenih u slučajno izabranoj velikoj grupi imati normalnu raspodelu? Verovatno neće. Zašto bi rejting slučajne grupe morao da ima baš normalnu raspodelu? Odgovori na ova i mnoga druga pitanja mogli bi da se dobiju nakon dodatnih istraživanja.

### 3. ZAKLJUČAK

Predložena metodologija sadrži elementarnu logiku. Sve ulazne veličine mogu da se izmere i predstave bročanim vrednostima.

Izložena metodologija nije savršena i mogla bi da se osporava po više osnova. Njene osnovne vrednosti su: jednostavnost, univerzalnost i praktičnost.

U radu se ističe preka potreba za iznalaženjem objektivnog i jedinstvenog merila koje bi važilo za sve i pod jednakim uslovima. U tom slučaju i ne bi bilo toliko važno o kakvom se merilu radi.

Na osnovu predložene metodologije mogao bi da se uradi jednostavan računarski program koji bi, na brz i tačan način, izračunavao rejting zaposlenih u javnom, privatnom ili bilo kojem drugom sektoru, kao i rejting privremeno nezaposlenih lica.

Predloženi koeficijenti korekcije imaju veliki metodološki značaj, jer su veoma uticajni na krajnji rezultat. Njihove numeričke vrednosti mogu da se izmene, o čemu bi trebala da se postigne šira saglasnost. To se, naročito, odnosi na osetljivo vrednovanje obrazovnih ustanova.

Bilo bi veoma zanimljivo da se, uz pomoć računarskog programa, izračunaju rejtingi svih zaposlenih u nekom

organizacionom delu javnog preduzeća ili državne institucije. Sortiranjem rejtinga, od najvećeg ka najmanjem, formirala bi se rejting lista zaposlenih, koja bi podigla u značajnoj meri nivo objektivnosti. Da li je „objektivna”, teško je reći, kao što je i teško, čak i gotovo nemoguće, sačiniti model koji bi apsolutno i u svim uslovima davao „objektivnu” rang listu.

Da li bi se tako dobijena lista podudarala sa našom subjektivnom predstavom o zaposlenim osobama iz bliskog okruženja, mogli bismo samo da nagađamo, a osim toga – svako od nas bi mogao da sačini neku svoju (subjektivnu) rang listu.

Da bi se dobio zadovoljavajući odgovor na ovo pitanje, trebalo bi da se uradi sledeće:

- sačiniti tabelarni prikaz svih zaposlenih u nekoj organizacionoj celini, bez imena i prezimena, sa osnovnim podacima o završenim školama i radnom iskustvu;
- zamoliti nekoliko kolega da rangiraju zaposlene iz pomenute tabele, na osnovu raspoloživih podataka i subjektivnog osećaja za rangiranje zaposlenih;
- uraditi statističku analizu (korelaciju rangova) sa nultom hipotezom da međusobna odstupanja subjektivnih rangova neće da budu značajna;
- uraditi korelaciju subjektivnih rangova (sa jedne strane) i objektivnog ranga (sa druge strane) sa nultom hipotezom da odstupanja nisu značajna;
- na osnovu rezultata statističkog testiranja izvući konačan zaključak o vrednosti i primenljivosti predložene metodologije.

Za realizaciju navedenih ideja i zadataka neophodna je saradnja zainteresovanih pojedinaca i nadležnih institucija. Zbog toga bi bilo veoma važno da se od stručne javnosti dobije neka povratna informacija.

### ZAHVALNICA

Zahvaljujem se svojim kolegicama i kolegama koji su pažljivo pročitali ovaj rad i koji su mi dali korisne savete za njegovo poboljšanje:

1. Zorici Milanović, profesorki Visoke železničke škole, Beograd,
2. Verici Radović, glavnoj koordinatorki za marketing „Srbija Voz” a.d. Beograd,
3. Jakovu Crnkoviću, profesoru Univerziteta SUNY, Albany, USA, Radivoju Nikoličiću, savetniku direktora Akreditacionog tela Srbije, Beograd,
4. Slobodanu Stojkoviću, prevodiocu za engleski jezik, „Srbija Voz” a.d. Beograd.

ZORAN PAVLOVIĆ<sup>1</sup>, ALEKSANDRA VUKMIROVIĆ<sup>2</sup>

## PRIMENA NAPREDNOG MODELA ZASNOVANOG NA TEHNOLOGIJAMA IOT

## APPLICATION OF ADVANCED MODEL BASED ON THE IOT TECHNOLOGIES

Datum prijema rada: 18.6.2017. god.

UDK: 656.2:004.58

### REZIME

Unapređenje poslovanja nove transportne organizacije Akcionarskog društva za železnički prevoz putnika „Srbija Voz“ (u daljem tekstu SV), zahteva promene u informaciono-komunikacionoj infrastrukturi. Realizacija naprednih rešenja, koja se baziraju na tehnologijama, korisnicima usluga omogućava brži pristup potrebnim informacijama. Pod potrebnim informacijama podrazumevaju se sva obaveštenja koja preduzeća na različite načine i pod različitim uslovima pružaju korisnicima. Cilj uvođenja IoT tehnologija je da se spreči tehničko-tehnološko zaostajanje ovog vida saobraćaja i da se kroz kvalitetniju ponudu stvore uslovi za povećanje učestvovanja železnice na tržištu. Rekonstrukcija postojeće računarske mreže, osim implementacije novih aplikacija, vodi i ka automatizaciji raznih poslovnih procesa. U tom smislu, posebno mesto zauzimaju ona rešenja koja se zasnivaju na primeni mreže različitih senzorskih uređaja koji su međusobno povezani preko žičnih ili bežičnih Internet linkova. U radu će biti predstavljen novi model zasnovan na IoT tehnologijama. Model ima primarni zadatak da registruje korisnike usluga prilikom prevoza u elektromotornoj garnituri. Predmet ovog istraživanja je razvoj novog modela za registraciju broja korisnika određene usluge, na osnovu kojeg se dolazi do podataka kao što je iskorišćenost voznih sredstava u putničkom saobraćaju. Mogućnost čuvanja i analize podataka može da se iskoristi i za projektovanje novog reda vožnje. **Ključne reči:** Informacione tehnologije, Internet inteligentnih uređaja, senzori, korisnik usluge, prevozni kapaciteti.

### SUMMARY

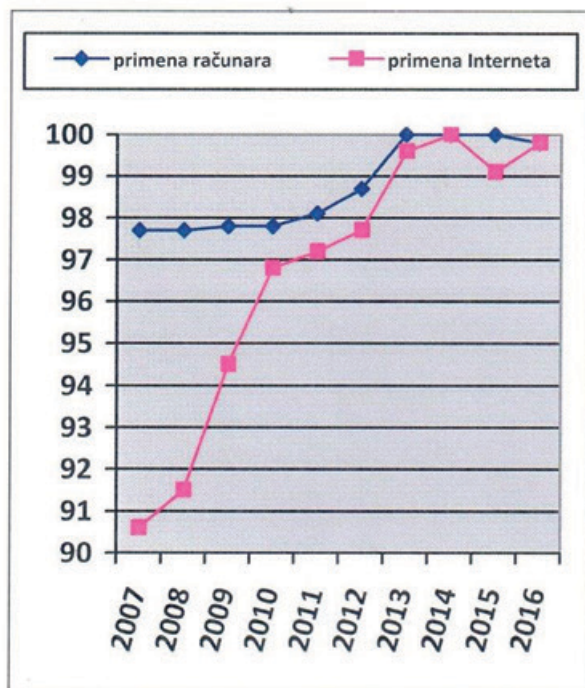
Improving the operations of the new transport organization of a joint stock company for rail transport of passengers Serbia (hereinafter referred to as SV) requires changes in the information and communication infrastructure. Implementation of advanced solutions based on technology to users of services enables faster access to necessary information. The necessary information includes all notifications which companies provide in different ways and under different conditions to the users. The goal of introducing IoT technologies is to prevent the technical and technological lag of this type of traffic and to create conditions for increasing the participation of the railway on the market through a better quality offer. The reconstruction of the existing computer network, apart from the implementation of new applications, leads to the automation of various business processes. In that sense, particular solutions take place based on the application of a network of various sensory devices that are interconnected through wired or wireless Internet links. A new model based on IoT technologies will be presented. The model has the primary task of registering users of services while transporting in an electric motor kit. The subject of this research is the development of a new model for registering the number of users of a certain service, based on which data is obtained such as the utilization of rolling stock in passenger traffic. The ability to store and analyze data can also be used to design a new order. **Keywords:** Information technology, Internet intelligent devices, sensors, the customers, the transport capacity.

1 Zoran Pavlović, mast. inž. org., „Srbija Voz“ Nemanjina 6, Beograd, zoran.g.pavlovic@gmail.com

2 Aleksandra Vukmirović, mast. inž. org., Beogradska poslovna škola – Visoka škola strukovnih studija, Beograd, Kraljice Marije 73, Beograd, aleksandra.vukmirovic@bbs.edu.rs

## 1. UVOD

Razvojem Interneta dolazi do primene novih tehnologija u poslovanju organizacija. Poslovne organizacije među kojima je i SV već koriste računare i računarske mreže. Zavod za statistiku je prikazao upotrebu računara u organizacijama u periodu od 2007. do 2016. godine [1]. Godine 2007. primena računara u organizacijama bila je zastupljena oko 97.7%. Od 2013. do 2015. godine korišćenje računara dostiže svoj vrhunac i iznosi 100%. U današnjem vremenu računari su zastupljeni u svim organizacijama u Republici Srbiji.



Slika 1. Grafički prikaz korišćenja računara i Interneta u organizacijama

Slika 1. predstavlja porast primene Interneta i računara u organizacijama. Najveći rast primene Interneta je od 2007. godine kada je bio 90,6% do 2010. godine kada je dostigao upotrebu od 96,8%. Godine 2014. primena računara i Interneta se izjednačila na 100%.

SV mora da definiše i primeni strategije kako bi uz pomoć Interneta i naprednih tehnologija zadovoljila zahteve korisnika usluga i naravno svoje potrebe za ostvarivanje bolje finansijske dobiti [2].

Razvoj sveprisutnog računarstva u današnje vreme omogućava nove modele koji mogu da unaprede poslovanje u transportnoj organizaciji [3]. Uz malu investiciju u komunikacionu tehnologiju i poboljšanje performansi postojećih informaciono-komunikacionih tehnologija nova transportna organizacija identifikuje kritične faze u svom poslovanju. Iskorišćenost prevoznih kapaciteta putničkog saobraćaja može da bude jedan

od osnovnih parametara za pozitivno poslovanje transportne organizacije.

U interakciji koja se ostvaruje putem pametnih uređaja i korisnika usluge dobijaju se potrebne informacije koje služe za dalje analize i kreiranja budućih poslovnih strategija. Za razliku od prošlih vremena kada je trebalo dosta radnih sati, brojnog ljudstva i dugotrajnih procesa kako bi se dobila informacija, postoji mogućnost da je podatak u trenutku dobijanja beskoristan. Ostale transportne organizacije blagovremeno su reagovala i primenile nove poslovne mogućnosti za povećanje svog udela u transportu korisnika usluga.

Za svoje lične zahteve korisnici usluge koriste Internet usluge kako bi zadovoljili svoje potrebe. Internet usluge mogu da koriste putem mobilnih aparata, tableta i desktop računara. Za složenije zadatke moraju da imaju povezan štampač sa računarom i otvoren tekući račun u banci kako bi posedovali i platnu karticu. Platna kartica korisnika usluge predstavlja digitalni novac koji se koristi prilikom elektronske trgovine. Putem Interneta korisnici usluge mogu preko računara da vide razne informacije na sajtu organizacije i mogu ako poseduju štampač i validnu platnu karticu da naruče, plate i dobiju odštampanu potvrdu o voznoj ispravi [4]. Navedeni proces ne može biti ostvarljiv ako se ne koristi Internet i pametni uređaji u komunikaciji.

## 2. PRIMENA KONCEPTA IoT TEHNOLOGIJA

Primena naprednih tehnologija kao što je Internet inteligentnih uređaja (IoT, eng. *Internet of Things*), u različitim sferama društvenog života ima za cilj da preduzećima olakša, a u nekim slučajevima i pomogne u pronalaženju novih modela poslovanja. Inovacije u informacionim tehnologijama IoT kao napredna tehnologija podrazumeva povezivanje uređaja na Internet. Najčešće se povezuju senzori i aktuatori. IoT se može posmatrati kao mreža uređaja koji su povezani preko Interneta koji u sebi imaju ugrađenu tehnologiju koja omogućava interakciju sa samim uređajem ili sa spoljnim uticajem[5].

Ostvarena interakcija obezbeđuje informacije koje mogu da imaju određeni zadatak i prikupljanja podataka za dalju analizu kod donošenja odluka. Oslanjanjem na senzorske mreže u pametnim okruženjima može se doći do podataka koji se koriste za praćenje fizičkih uslova kao što su vibracija, pritisak, zvuk i u našem slučaju pokret. Ovakve senzorske mreže komuniciraju međusobno u određenom prostoru.

Jedan od osnovnih elemenata za realizaciju IoT je komunikacija između pametnih uređaja (M2M, eng. *Machine to Machine*). M2M omogućava uređajima da

dvosmerno razmenjuju informacije sa aplikacijama putem komunikacione mreže. Inteligentni transportni sistemi omogućavaju korisnicima bolju uslugu i informisanost o stanju na putevima, sigurnije korišćenje transportne mreže, a u našem slučaju iskorišćenost prevoznih kapaciteta kojima raspolaže SV.

Primena novog modela, koji će biti upotrebljen za registrovanje broja korisnika usluge u SV, može se analizirati prilikom projektovanja novog reda vožnje i praćenja iskorišćenosti prevoznih kapaciteta. U putničkim garniturama gde je manja frekvencija korisnika usluge biće, takođe, manje raspoloživih mesta. U suprotnom gde postoji potreba, u određenim vozovima i na određenim relacijama biće, veći broj raspoloživih mesta.

Strategija poslovanja SV do sada je donošena na osnovu statističkih podataka o broju putnika i drugih informacija koje su povezane sa njima. Prikupljanje ovih podataka trenutno je regulisano Pravilnikom SV, u kojem su za sprovođenje popisa zaduženi zaposleni iz redova vozopratnog osoblja. Ovi zaposleni obavezni su da vode evidenciju odnosno da urade popis korisnika usluge (putnika) sa precizno unetom informacijom o stanici na kojoj su ušli i stanici dokle su putovali. Popis putnika se obavlja dva puta godišnje, u sezoni i van sezone kada se očekuje manji broj korisnika usluge. Putnici se popisuju u kosim tabelama, gde su predviđene sve stanice po redu vožnje gde voz ima bavljenje. Pored stanica, tabela sadrži broj voza i datum, broj kola u vozu i ukupan broj raspoloživih mesta. U tabeli je prikazan i ukupan broj putnika. Na osnovu obrađenih informacija dolazilo se do podataka o iskorišćenosti prevoznih kapaciteta (putničkih kola, elektromotornih vozova) za određenu relaciju, za određeni voz, za određeni dan u nedelji ili za određeni vremenski period u toku dana.

Međutim, praksa je pokazala da postoji problem relevantnosti podataka koji proizilazi iz ovako prikupljenih informacija. U momentu kada popisuju putnike vozopratno osoblje ima obavezu i da istovremeno obavlja druge poslove, odnosno da postupa u skladu sa propisima iz saobraćajne i komercijalne oblasti, što utiče na tačnost podataka koji zaposleni unose u tabele.

Na tačnost unetih podataka u tabeli između ostalog utiče i:

1. smanjen broj zaposlenih (jedan zaposleni ne može da prebroji putnike koji su u isto vreme ušli ili izašli iz jednih kola, više putničkih kola u međunarodnim vozovima),
2. obavljanje komercijalnih poslova (prilikom pisanja i naplate vozne karte zaposleni može da zakasni da evidentira broj putnika),
3. obavljanje pojedinih saobraćajnih poslova

(vanredni događaji, utrčavanje ili istrčavanje putnika i slično),

4. prihvatanje starijih lica, pomoć majkama sa decom, prihvatanje prtljaga prilikom ulaza ili izlaza korisnika usluge itd.

Pored navedenih situacija, na tačnost podataka koji su uneti mogu da utiču i vremenske neprilike (kiša, sneg). Netačni podaci koji se dobijaju analizom ovako prikupljenih informacija nisu pružali realnu sliku o iskorišćenosti prevoznih kapaciteta (putničkih kola, elektromotornih vozova) za određenu relaciju, za određeni voz, za određeni dan ili za određeni vremenski period u toku dana. Da bi se rešio problem SV je angažovao zaposlene iz drugih organizacija što je stvaralo dodatne troškove i opterećivalo poslovanje same organizacije. Praksa je pokazala da i u jednom i u drugom slučaju postoji mogućnost da uneti podaci u popisnim listama nisu tačni.

Da bi se dobili relevantni podaci predlažemo da se izvrši rekonstrukcija informaciono-komunikacione infrastrukture, što se pre svega odnosi na računarsku mrežu i da se primeni novi model zasnovan na IoT tehnologijama. IoT tehnologije imaju za cilj da poboljšaju poslovanje SV. To podrazumeva primenu mobilnih terminala za izdavanje vozničkih isprava putem Interneta, ali i multimedijalnih servisa na sajtu Akcionarskog društva za železnički prevoz putnika „Srbija Voz“. U daljem radu biće analizirana raspoloživa literatura koja se odnosi na primenu IoT u železničkom saobraćaju i prikazan novi model registrovanja korisnika usluga u elektromotornim vozovima zasnovan na pametnim uređajima.

### 3. PREGLED LITERATURE IZ OBLASTI UPOTREBE IoT TEHNOLOGIJA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU

Što više složenijih procesa u transportu, stvara se potreba za informacijama u realnom vremenu. Stalno poboljšanje IoT tehnologija tokom poslednjih godina obezbeđuje da ovaj transparentni proces bude sve zastupljeniji u budućem poslovanju. Iako IoT tehnologije omogućavaju prikupljanje podataka u realnom vremenu, potencijal naprednih tehnologija nije u potpunosti u upotrebi. Početnici prilikom korišćenja IoT tehnologija imaju poteškoća kada učestvuju u procesima razvoja i samim tim sprečavaju i mogućnost relevantnih usluga. Primena senzora i pametnih uređaja doprinosi razvoju naprednih tehnologija [6].

IoT napredna tehnologija predviđa novi metod sveprisutne veze. Pruža novi način distribuiranog sistema, gde uređaji mogu da komuniciraju jedni sa drugima, a naravno i sa ljudima.

Podaci koji se dobijaju od velike mreže mogu se obraditi i na taj način da pruže poboljšanje usluge u celom društvu i da se reše problemi koji su se do sada smatrali nerešivim [7].

Sistem kontrole u železničkom saobraćaju je bitan deo infrastrukture i direktno utiče na nivo bezbednosti, kako zaposlenih, tako i korisnika usluge. Sistem za kontrolu zasnovan na IoT tehnologijama omogućava nadzor nad različitim železničkim uređajima. Sistem omogućava da razni železnički uređaji budu povezani kako bi mogli da dele informacije i/ili da izvršavaju određene radnje. Ovaj način upotrebe naprednih tehnologija omogućava prilagođavanje uređaja za kontrolu, koji može da kontroliše bezbednost železničkog sistema primenom različitih poslovnih pravila, koja mogu biti prilagođena različitim zahtevima. Na ovaj način, kontrolno sredstvo prikuplja sve informacije iz svih povezanih železničkih uređaja pomoću različitih senzora, koji šalju povratnu informaciju do istih uređaja koju operaciju treba obaviti [8].

Železnički saobraćaj igra važnu ulogu u ekonomskom i društvenom razvoju. Zahtevi za povećanje broja korisnika usluga železničkog saobraćaja poslednjih decenija su u porastu. U cilju zadovoljenja potreba pojavljuje se novi sistem kontrole. Novi sistem kontrole sastoji se od sakupljanja, prenosa, analize i rasporeda modula. Takav sistem prenosa informacija napravljen je da poveže vozove i centre za upravljanje. Međutim, infrastruktura železničkog sistema ne može da obezbedi potreban propusni opseg za veliku količinu podataka. Zastarela tehnologija ne može da obezbedi dobar kvalitet usluge kao u zemljama u okruženju. Zemlje u okruženju, pored drumskog saobraćaja, veliku pažnju posvećuju razvoju železničke infrastrukture i robnom saobraćaju, gde se povezuju privredni centri koji utiču na ukupnu razmenu. Ista postrojenja pružaju i prevoz zaposlenih bez kojih veliki privredni centri ne mogu da funkcionišu. U tom slučaju treba pristupiti poboljšanju performansi sistema, gde mogu da se prate tokovi korisnika usluge i zadovolje osnovni kriterijumi [9].

U svakoj zemlji putne mreže predstavljaju velike investicije. Velike novčane investicije moraju da obezbede i sigurnost učesnika u saobraćaju. Jedno od rešenja je automatizacija sistema uz upotrebu IoT tehnologija. Autor u radu [10] uz upotrebu senzora prikazuje model gde se mere mase vozila.

U brdovitim predelima tuneli predstavljaju jedino moguće tehničko rešenje za bezbedno odvijanje saobraćaja. Na tunele mogu ga utiču razne prirodne sile. U takvim slučajevima IoT tehnologija može da poveća bezbednost svih učesnika u saobraćaju. Tuneli u saobraćaju su osetljivi na spoljne sile gde senzori

mere silu i dodir. Ako dođe do obrušavanja, senzori registruju veću silu nego koja je predviđena i automatski mogu da vidno ili zvučno signališu opasnost, kako bi učesnici u saobraćaju smanjili brzinu i izbegli moguće saobraćajne nezgode. Detekcijom spoljnih sila putem senzora direktno se utiče na bezbednost svih učesnika u tunelima.

Sledeći model ima zadatak da putem IoT i senzora sa infracrvenim zracima izmere dužinu i brzinu vozila u trenutku kada prolaze. Prikupljeni podaci automatski signaliziraju vozačima potencijalnu opasnost putem novih signalnih znakova. Analizom dobijenih rezultata pomoću infracrvenih zraka, postignuta je tačnost podataka od 80% [12].

Realizacijom IoT rešenja može se povećati bezbednost i prikupiti dosta korisnih informacija. Da bi se realizovao ovaj poduhvat, železnica mora da uvede nove standarde bežične mreže kako bi se razmena podataka odvijala nesmetano. U nekim zemljama u železničkim stanicama i stajalištima omogućen je WiFi koji mogu potpuno besplatno da koriste i korisnici usluge [13].

#### 4. RAZVOJ MODELA ZA REGISTROVANJE KORISNIKA USLUGA ZASNOVAN NA IoT KONCEPTU

##### 4.1. Osnovni standardi koji se upotrebljavaju u modelima

Za razvoj modela, pored Interneta kao osnovnog sredstva, potrebno je sledeće: RFID (Radio Frequency IDentification, eng), bežične senzorske mreže WSN (*wireless sensor networks*, eng.), *midlvear* (*middleware*, eng.), računarstvo u oblaku, (*cloud computing*, eng.) i IoT softver [14].

RFID tehnologija već ima primenu u železničkom saobraćaju. Ova tehnologija ima mogućnost da registruje podatke od vozova koji su u pokretu. Svaka merna stanica ima čitače gde je omogućeno brzo očitavanje informacija o osovinskom opterećenju i lociranju kola [15].

RFID tehnologija omogućuje automatsku identifikaciju pokreta [14]. WSN se sastoji od prostorno raspoređenih senzora koji mere aktivnosti u određenom prostoru. *Midlver* je softverski sloj u aplikaciji koji olakšava razvoj softvera. *Cloud* računarstvo je model pristupa zajedničkim resursima koji se nalaze u računarima, mrežama, serverima, memorijama, aplikacijama, servisima i dr.

U tabeli 1. prikazani su standardi koji se upotrebljavaju za funkcionisanje modela.

Tabela 1. Standardi koji se upotrebljavaju u modelima

Protokol	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.3	IEEE 802.15.4	PWT
Frekvencija (MHz)	1402–2480	2400	928–2483,5	1910–1930
Kanal pristupa	FHSS	CSMA–CA	CSMA–CA	TDMA–FDM
Broj kanala	79	4	10-16	16
Koriscn. po kanalu	7	250	255	12
Modulacija	GFSK	QAM–TCM	QPSK	$\pi/4$ DQPSK
Brzina prenosa podataka	1Mbps	55Mbps	40kbps/250kbps	1.152 Mbps
Tx Snaga (mW)	<100	<125	<1000	<2,90, 200, 500
Domet	10-100m	10m	10m	N/A

#### 4.2. Metodologija razvoja IoT modela u železničkom saobraćaju

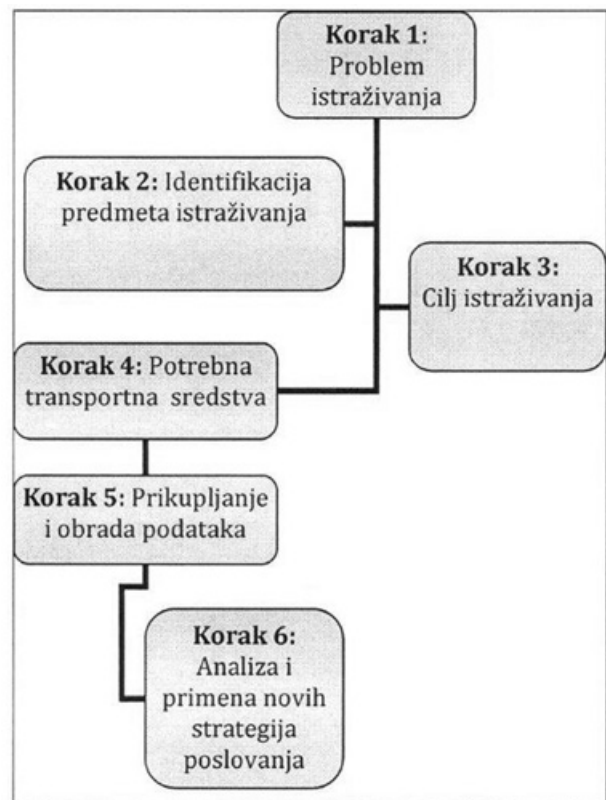
U modelu su obuhvaćeni osnovni elementi istraživačkog rada koji obuhvataju sledeće: KO?, GDE?, KADA?, KAKO? I ZAŠTO?.

Osnovna svrha modela je prikupljanje podataka o broju prevezenih korisnika usluge u transportnoj organizaciji SV. Model se sastoji od nekoliko koraka koji će biti prikazani na sledećoj slici.

Na slici 2. prikazani su koraci koji su bitni za razvoj modela. Korak 1 predstavlja problem istraživanja. U našem slučaju to je model za utvrđivanje broja korisnika usluge. Iz ovog koraka pristupa se utvrđivanju predmeta i osnovnog cilja istraživanja. Korak 2 predstavlja identifikaciju predmeta istraživanja koji obuhvata u ovom slučaju broj korisnika usluge koji se prevoze elektromotornim vozom. Korak 3 predstavlja potrebna transportna sredstva u kojima će se primeniti model. Infrastruktura u IKT je prikazana u koraku 4. Prikupljanje i obrada podataka, značajni za analizu gde se konačno dolazi do strategije koja će biti primenjena u budućem poslovanju transportne organizacije, prikazani su u koracima 5 i 6.

#### 4.3. Opis IoT modela železnice

U analiziranoj literaturi nije bilo modela koji se koriste za registraciju korisnika usluge uz pomoć senzora.



Slika 2. Prikaz koraka za razvoj modela

Uglavnom, IoT tehnologije korišćenje su za bezbednost saobraćaja, gde se preko senzora prikupljaju informacije o stanju na putevima, u tunelima i dr.

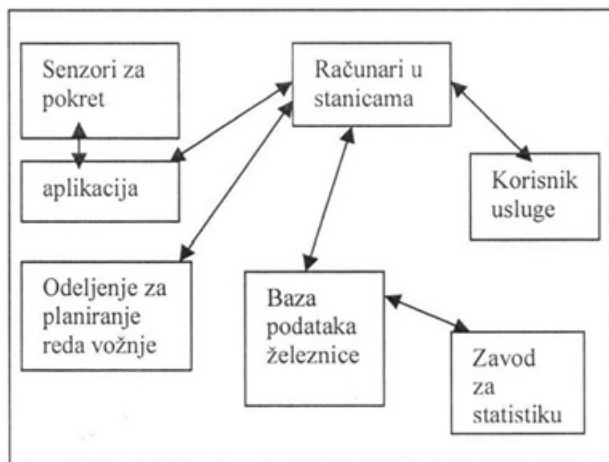
Model koji pruža IoT tehnologija može pozitivno da utiče na poslovanje SV. Kada se definiše problem treba da se odrede komponente. U ovom modelu komponente su sledeće: Internet, senzori, uređaji i elektromotorna garnitura. Osnovna namena modela je dobijanje tačnih podataka o broju prevezenih korisnika usluga u elektromotornom vozu. Model koji predlažemo zasniva se na primeni IoT uređaja, odnosno senzora koje treba ugraditi u elektromotornu garnituru 413/417.

Da bi se realizovao ovaj model polazi se od sledećih informacija:

1. elektromotorna garnitura namenjena je za primenu u regionalnom i prigradskom putničkom saobraćaju,
2. maksimalna brzina je 160 km/h,
3. elektromotorna garnitura se sastoji iz 4 dela (dve upravljačnice i dve prikolice)
4. vozilo može da saobraća u sprezi, do 3 kompozicije u sastavu i
5. elektromotorna garnitura je opremljena klima uređajem, vakum toaletnim sistemom, informacionim sistemima za putnike, video nadzorom.

Kapacitet elektromotorne garniture je 465 mesta od čega:

1. mesta za sedenje 224;
2. preklopnih sedišta 11 i
3. mesta za stajanje (4 osobe/m<sup>2</sup>) 230.



Slika 3. Model za registrovanje korisnika usluga zasnovan na IoT tehnologiji

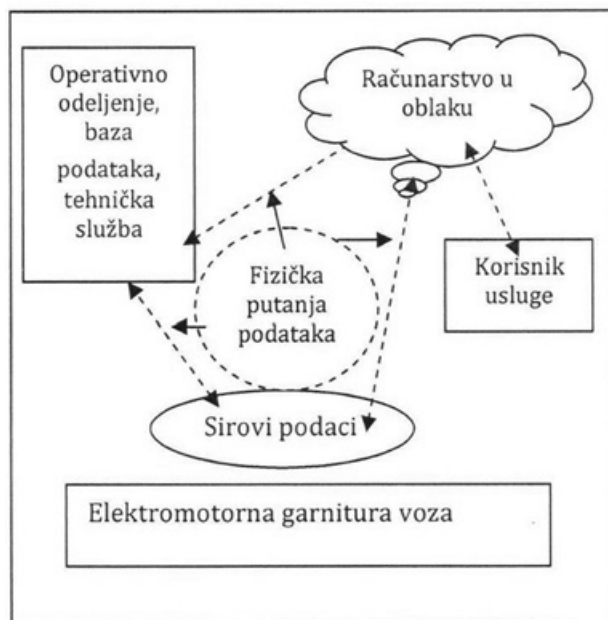
U stručnoj literaturi mogu se videti razni modeli koji imaju sličnu namenu [16]. Model treba da bude baziran na komunikaciji između senzora koji su ugrađeni u vratima elektromotorne garniture, aplikacije koja se nalazi u upravljačnici, računara u stanicama, odeljenja za planiranje i realizaciju reda vožnje i centralne baze podataka gde se obrađuju i arhiviraju za druga istraživanja, koja mogu da poboljšaju kvalitet prevozne usluge. Iz baze podataka informacije se mogu proslediti Zavodu za statistiku kako bi oni imali podatke o broju prevezenih korisnika usluge na dnevnom, nedeljnom, mesečnom ili godišnjem nivou (slika 3).

Prikupljanje podataka obavlja se preko senzorske mreže (senzora koji su ugrađeni u bočnom delu vrata). Prenos podataka može se izvršiti putem sledećih komunikacionih tehnologija: Bluetooth, GPRS, WiFi i Zigbee. U ovom modelu koristiće se WiFi komunikaciona tehnologija. Primitljeni podaci u računarima u stanici prosleđuju se odeljenju za planiranje reda vožnje i centralnoj bazi podataka železnice. Kao što je već navedeno, u stanicama koje imaju WiFi komunikacionu tehnologiju, korisnici usluge pomoću odgovarajuće aplikacije preko mobilnog telefona mogu da dobiju informaciju o popunjenosti elektromotorne garniture. To je jedan od mogućih načina interakcije između prevoznika i korisnika usluge, gde se vidi obostrana zainteresovanost.

Radi dobijanja preciznih podataka predlažemo primenu inteligentnih uređaja u elektromotornoj garnituri kao na slici 4.

Na slici 4. prikazana je garnitura voza gde se vidi kako se prosleđuju prikupljeni podaci. Senzori se aktiviraju samo kada se vrata otvaraju sa centralnog mesta iz upravljačnice voza. U ovom modelu mogu se koristiti PIR (Passive Infrared) senzori koji su mali, jeftini, male potrošnje i jednostavni za montiranje. PIR senzori mogu da detektuju različite nivoe infra crvenog zračenja. Ovakav skup senzora predstavlja senzorsku mrežu.

Registrovani podaci koje je sensor primio prosleđuju se do rutera, koji se nalazi u samoj garnituri elektromotorne voza. Ruter ima zadatak da prosledi informaciju do odredišta [17].



Slika 4. Prikaz toka podataka

Ruter može da izvrši sledeće akcije:

1. da skladišti podatke u fajl sistemu,
2. da skladišti podatke u lokalnoj bazi podataka,
3. da skladišti podatke u eksternoj bazi podataka (Intranet i Internet)
4. slanje podataka na Internet.

Od navedenih akcija primenjivaće se akcija „slanja podataka na Internet“. Model je zasnovan na prikupljanju podataka pomoću senzora za pokret. Model funkcioniše na osnovu aplikacije koja ima zadatak da registruje prevezene korisnike usluga.

Arhitektura aplikacije mora da sadrži 3 sloja i oni su sledeći:

1. prezentacioni sloj koji je zadužen za uređivanje i izgled ekrana kako bi mašinovođa lakše upravljao i pratio odvijanje procesa,
2. sloj poslovne logike gde se definišu klase entiteta, koji je format poruke, određeni objekti koji se čuvaju ili prosleđuju prezentacionom sloju i
3. sloj podataka gde se upravlja podacima u memoriji.

Aplikacija se nalazi u računaru upravljačnice elektromotornog voza. Na zahtev nadležnih službi mašinovođa uz pomoć računara zadaje komandu preko aplikacije. Aplikacija ima primarni zadatak da registruje broj korisnika usluga. Pored navedenog omogućava i sledeće:

1. podatak na kojoj relaciji su prikupljeni podaci ili dela relacije na kojoj saobraća elektromotorni voz,
2. datum i vreme,
3. eventualne i neplanirane aktivnosti koje se odnose na neispravnost pojedinih elemenata u lancu prikupljanja podataka.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Realizacija sistema zasnovanog na uređajima i tehnologijama IoT, pored dobijanja informacija o broju korisnika usluge, ima doprinos u razvoju i automatizaciji procesa poslovanja u SV. Postojeću informacionu-komunikacionu tehnologiju treba unaprediti novim rešenjima koje nude IoT sistemi. Model koji je predstavljen u ovom radu može unaprediti poslovanje SV, planiranjem pojačanog saobraćaja na relacijama gde se ustanovi veliki broj putnika koji koriste voz kao prevozno sredstvo. U mnogim zemljama gde je razvijen saobraćaj veliki značaj posvećuju tehnologijama IoT.

Dobijeni podaci, koji se skladište u računarima, mogu da se koriste pri projektovanju novog reda vožnje, gde je potrebno analizirati sumirane podatke o broju prevezenih korisnika usluga u određenim danima ili mesecima. Dobijeni podaci mogu se putem Interneta odmah proslediti u internu mrežu tako da dispečeri i operatori u informativnom odeljenju mogu da vide i prate broj iskorišćenih mesta u vozu, da bi blagovremeno omogućili kupovinu rezervacije mesta u stanicama gde gravitira i gde se očekuje veći broj korisnika usluge. Kada je voz maksimalno iskorišćen, potrebno je ograničiti prodaju i obavestiti korisnike usluge o vanrednom polasku voza, ako ima raspoloživih prevoznih kapaciteta ili uputiti na sledeći voz po redu vožnje.

Ključni doprinosi rada su sledeći:

1. formalni opis modela zasnovanog na IoT i
2. opis metodološkog postupka integracije IoT u železničkom saobraćaju.

Stručni doprinos rada je:

1. analiza mogućnosti veće primene IoT u železničkom saobraćaju i
2. analiza uvođenja novih modela u železničkom saobraćaju.

Društveni doprinosi rada su:

1. unapređenje poslovanja kroz IoT u železničkom saobraćaju,
2. unapređenje primene pametnih IoT modela u železničkom saobraćaju,
3. prilagođavanje poslovnih procesa korisnicima

4. doprinos razvoju celokupnog saobraćaja i privrede.

Cilj rada je da pokaže mogućnosti primene IoT tehnologija i pametnih uređaja na konkretnom problemu. Praćenje broja korisnika usluga je ulazna informacija za dimenzionisanje prevoznih kapaciteta. Razvojem obrazovanja, koje se odnosi na informacione tehnologije i osposobljavanje zaposlenih kroz razne seminare, daje se mogućnost za novim ostvarljivim idejama. Model koji je prikazan u ovom radu može se primeniti i na drugim prevoznim sredstvima.

## LITERATURA

- [1] Republički zavod za statistiku, *Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji*, Republički zavod za statistiku, Beograd 2017.  
<http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2016/pdf/G20166004.pdf>, pristupano 2017.
- [2] Pavlović, Z., Vuksanović, J., & Gavrić, Ž. (2016, July 15). *Definisanje multimedijalne strategije za povećanje broja korisnika usluga železnice*. (Z. Čekerevac, Ed.) FBIM Transactions, 4(2), 111-119. doi:10.12709/fbim.04.04.02.11, Beograd 2016.
- [3] Pavlović, Z.: *Implementation of new model for registration customer-based technologies Internet intelligent device*, XVII International Scientific-expert Conference on Railway RAILCON'16 October 13-14, 2016, Niš, Serbia, pp 229-232, ISBN 978-86-6055-086-8  
<http://www.railcon.rs/zbornik/Railcon%202016%20Proceedings.pdf>
- [4] Pavlović Z, Vukmirović A; *Special offer for railwaysticket issue reserved and bought over Internet*, YUINFO 2016 XXII naučna i biznis konferencija 28. februar-02. mart 2016, Kopaonik, Srbija, p.p. 226-231, ISBN978-86-85525-17-9, dostupno na:  
<http://www.yuinfo.org/zbornici/2016/YUINFO2016.pdf> pristupano 2016.
- [5] Bozidar Radenkovic et all, e-business, FON Belgrad, 2015. dostupno na:  
<http://www.elab.rs/udzbenik-elektronsko-poslovanje/>, pristupano 2016.
- [6] Matthias K,Jannicke B,Klaus T.; *Logistics IoT Services Development With A Sensor ToolkitIn An Experiential Training Environment*, Published In: Engineering, Technology And Innovation (Ice) & Ieee International Technology Management Conference,International Conference On 2013.

- <http://ieeexplore.ieee.org/document/7352666/>  
pristupano 2016
- [7] Sushanta R, Michael H, Subharthi B, Hamid S; Towards; *A Modular IoT Network Model: Low Power Radio Domain Use-Case In Linear-Topology Wireless Sensor Network*, Published in: Selected Topics in Mobile & Wireless Networking (MoWNeT), International Conference on 2016, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7496627/>  
pristupano 2016
- [8] Osama O, Mostafa A; *"Railway as a Thing": New railway control system in Egypt using IoT*, Published in: Science and Information Conference (SAI), 2015. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7237136/>  
pristupano 2016
- [9] Yangxin L, Ping W, Jiniong L, Meng M, Ling L, Lin M; *Class-based delta-encoding for high-speed train data stream*, Published in: Computing and Communications Conference (IPCCC), IEEE 34th International Performance, 2015. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7410271/>  
pristupano 2016
- [10] Janusz G, Ryszard S, Marek S, Tadeusz Z, Piort P, Zbigniew M; *Design and accuracy assessment of the multi-sensor weigh-in-motion system*, Published in: Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), IEEE International, 2015. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7151413/>  
pristupano 2016
- [11] Baoguo H, Siqi D, Yang Y, Xun Y, Sufen D, Jinoing O; *Design and Implementation of a Multiple Traffic Parameter Detection Sensor Developed With Quantum Tunneling Composites*, Published in: IEEE Sensors Journal ( Volume: 15, Issue: 9, Sept. 2015), <http://ieeexplore.ieee.org/document/7101795/>  
pristupano 2016
- [12] Van N, Duy D, Van L, Van N; *Length and speed detection using microwave motion sensor*, Published in: *Advanced Technologies for Communications (ATC)*, International Conference on, 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7043414/>  
pristupano 2016
- [13] Vuletić P, Bojović Ž: *Inteligentni uređaji i mobilne komunikacije u poslovanju železnice*, SYM-OP-IS 2015: XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima, 2015, pp28-31 ,
- [14] Sanja Bauk, *IoT primena i njihov uticaj na digitalnu podelu*, IT 2016 XXI međunarodni naučno-stručni skup, Žabljak 2016.godine, p.p. 42-45,
- [15] Snežana Mladenović, Ana Uzelac, Slađana Janković, Slavko Vesković, *„IoT u železničkom saobraćaju - realnost i izazovi“*, Zbornik radova XXXIV Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PostTel 2016, str. 315-324, 29-30. novembar 2016, Beograd, Srbija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, ISBN: 978-86-7395-363-2, <http://postel.sf.bg.ac.rs/simpozijumi/POSTEL2016/RADOVI20PDF/Telekomunikacioni%20saobracaj%20i%20servisi/7.%20Mladenovic-Uzelac-Jankovic-Veskovic.pdf>
- [16] Branka T, Aleksandra L, Zorica B, *Model mobilnog zdravstva zasnovan na tehnologijama wearable computinga*, Info M 57/2016. godine p.p. 48-54, 2016.
- [17] Kurose, J. F., Ross, K. W. *Computer Networking: A Top-Down Approach (6th Ed.)*. Manhattan: Addison-Wesley, 2012.

CIP - Каталогизacija u publikaciji  
Nародна библиотека Србије, Београд

656.2(497.11)

**ŽELEZNICE** : naučno-stručni časopis Železnica Srbije / glavni urednik Milan Marković ; odgovorni urednik Vesna Gojić Vučićević. - god. 5, br. 7 (1949)- god. 61, br. 5/6 (maj/jun 2005) ; god. 62, br. 1 (2017)- . - Beograd : Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije (DIŽS), 1949-2005; 2017- (Beograd : Copy link studio). - 29 cm

Tromesečno.

- Je nastavak: Saobraćaj (Beograd. 1945) = ISSN 2560-3566  
ISSN 0350-5138 = Железнице  
COBISS.SR-ID 959492