

ALEKSANDAR BLAGOJEVIĆ<sup>1</sup>, SLAVKO VESKOVIĆ<sup>2</sup>, GORDAN STOJIC<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 konkurentske sposobnosti istih i da se predloži model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera u funkciji povećanja konkurentske 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 konkurentske 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 Aleksandar Blagojević, Regulatorni odbor Željeznica BiH, aleksandar.blagojevic@mkt.gov.ba

2 Prof. dr Slavko Veskočić, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, veskos@sf.bg.ac.rs

3 Prof. dr Gordan Stojčić, dipl. inž. saob, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, gordan.stojcic@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 predstavljanim scenarijom, željeznica mora biti multi-funkcionalna 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 mult-aktivnih 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 činioce 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 vrše 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:

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

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:

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

gdje je:  $N_j$  – broj putničkih vozova na posmatranoj relaciji „ $j$ ”, dužine „ $l_j$ ” kilometara, na pruzi, 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 sprovedi 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 iskanje vozova iz šina koji rezultira smrću najmanje jedne osobe ili ozbiljnim povredama pet ili više osoba ili veliko oštećenje vozničkih 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, iskanje iz šina, nesreće na pružnim prelazima, nesreće prema osobama prouzrokovane od strane vozničkih sredstava 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

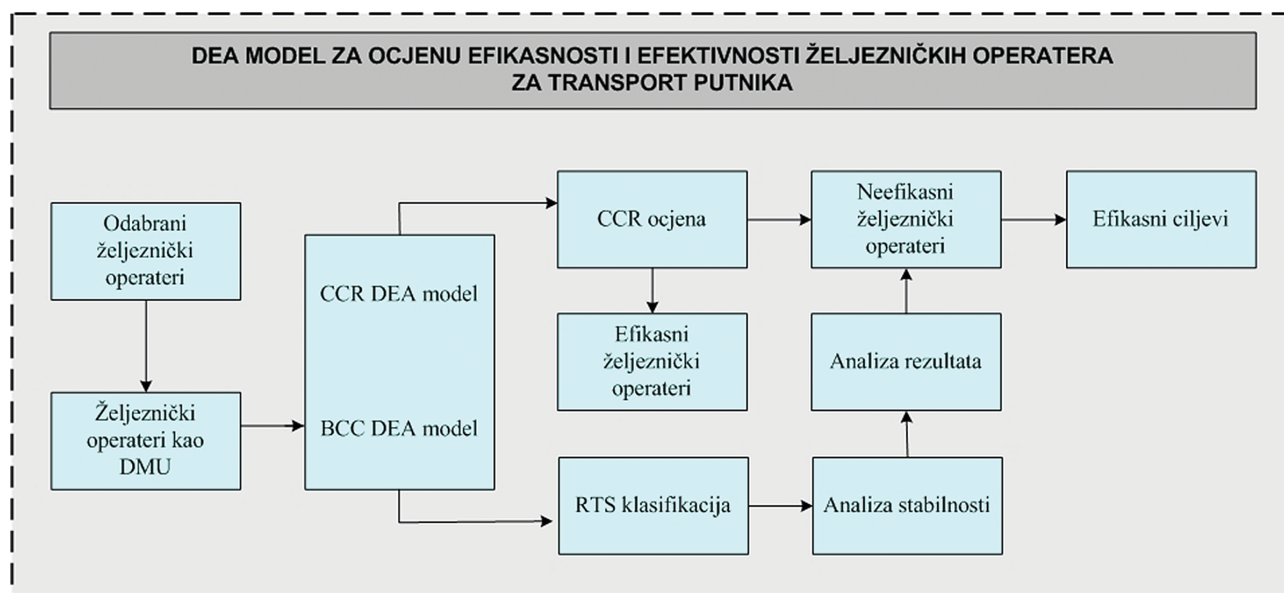
Grupa	Kriterijumi	W'	W
Kriterijumi resursa (kapaciteta)	Dužina mreže	0.094	0.064
	Raspoloživi broj voznih sredstava	1	<b>0.683</b>
	Broj zaposlenih	0.370	0.253
Operativni kriterijumi	Komercijalna brzina vozova za prevoz putnika	0.739	0.168
	Broj prevezenih putnika	1	<b>0.228</b>
	Putnički kilometri	0.881	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.

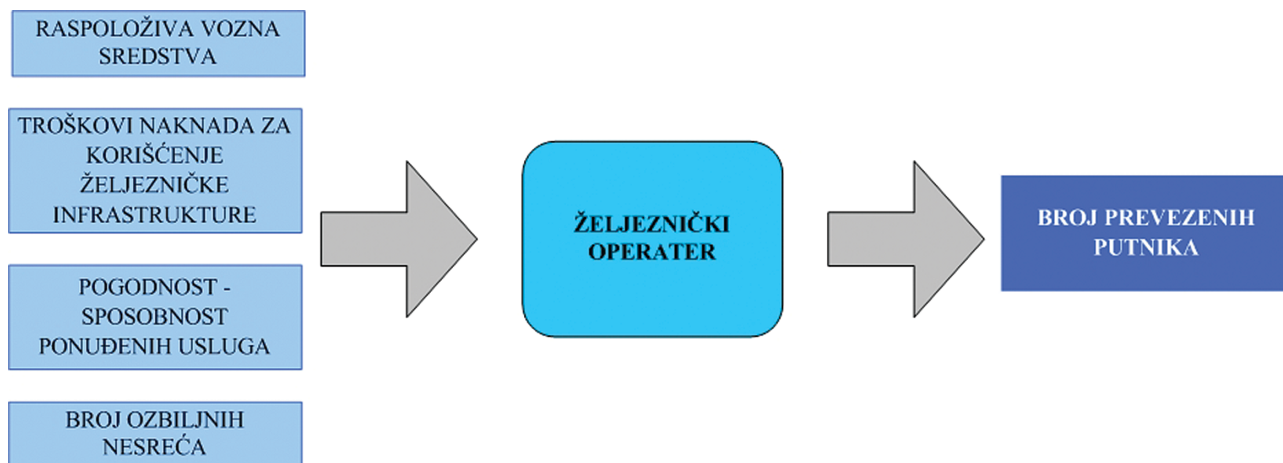
Željeznički operater za transport putnika kao DMU određen je sa četiri ulaza i jednim izlazom (slika



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

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



Slika 2. Željeznički operater kao DMU za ocjenu efikasnosti

Prvi ulaz predstavlja raspoloživi broj voznih 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-orientisani model (M5.1). Druga formulacija CCR modela ima za cilj da maksimizira izlaze bez povećavanja vrijednosti nekog od posmatranih ulaza, tj. CCR izlazno-orientisani 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 orientisani 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

$$\theta^* = \min \theta$$

Uz uslove:

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

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

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

M5.1' model

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

Uz uslove:

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

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

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

### 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

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

Uz uslove

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

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

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

M5.2' model

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

Uz uslove

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

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

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

### 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

$$\max \sum_{i \in I} s_i^- = \sum_{r \in R} s_r^+$$

Uz uslove

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

M5.3' model

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

Uz uslove

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n;$$

$$v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0$$

$u_0$  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.