



ANALIZA BEZBEDNOSTI PRUŽNIH PRELAZA U SRBIJI PRIMENOM DEA METODE **SAFETY ASSESSMENT OF RAILWAY CROSSINGS IN SERBIA USING DEA METHOD**

SAŠKA GRUJIĆ¹, MILENA POPOVIĆ², GORDANA SAVIĆ³, DRAGAN PAMUČAR⁴

^{1,2,3} Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, grujic.saska.grujic@gmail.com; milenap@fon.bg.ac.rs; goca@fon.bg.ac.rs

⁴ Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, dpamucar@gmail.com

Rezime: Analiza bezbednosti saobraćaja i sagledavanje trenutnog stanja ocene bezbednosti pružnih prelaza omogućava i sagledavanje vrednosti svih pokazatelja bezbednosti saobraćaja, prepoznavanje najbolje prakse i definisanje ciljeva. Imajući u vidu da parametri najčešće nisu direktno uporedivi, ocena bezbednost pružnih prelaza se vrši na osnovu uslova koji se mogu zateći na istim. U ovom radu korišćena je DEA metoda za komparativnu analizu bezbednosti ukrstanja putnih prelaza sa pružnim u Srbiji gde su se dogodile saobraćajne nesreće u periodu od 2005. do 2014. godine. Na osnovu rezultata, identifikovane su relativno efikasne i neefikasne operativne jedinice; otkriveni su uzroci neefikasnosti za sve neefikasne; izvršeno je rangiranje. S obzirom na sve veći broj saobraćajnih nezgoda, odnosno broj povređenih i poginulih osoba u budućnosti, ukazivanjem na izvore slabosti, očekuje se veći stepen odgovornosti kako učesnika u saobraćaju tako i nadležnih za osiguravanje bezbednosti kritičnih deonica.

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka, bezbednost pružnih prelaza, bezbednost saobraćaja, empirijska studija.

Abstract: The analysis of road safety and the perception of the current state of the safety of railway crossings allows: evaluation of the values of all traffic safety indicators, identification of best practices and provide a more comprehensive definition of goal setting. Bearing in mind that the parameters are not directly comparable, the assessment of the safety of railway crossings is considered on the basis of the available data. In this paper, we used DEA method for the comparative analysis of the crossing railway traffic in Serbia, where traffic accidents occurred in the period from 2005 to 2014. Based on the results, relatively efficient and inefficient operating units were identified; common causes of inefficiency; ranking was done. The increasing number of traffic accidents, the number of injured and dead persons in the future, by pointing to sources of weakness, a higher degree of responsibility is expected for both road users and those responsible for ensuring the safety of critical road parts.

Keywords: Data Envelopment Analysis, safety of railway crossings, road safety, empirical study.

1. UVOD

Sve brži razvoj nauke i tehnologije donosi velike promene u život čoveka. Život je brži, zahtevi sve veći i kompleksniji, a vremena je sve manje. Razvoj saobraćaja je karika u razvoju civilizacije koja je omogućila prevoz ljudi i dobara skraćujući vreme putovanja i čineći prostor zanemarljivim. Pored značajnih prednosti saobraćaj je doneo i niz problema čovečanstvu. Po stepenu ugroženosti posebno su izražene saobraćajne nezgode, a one opterećuju savremeno čovečanstvo ogromnim gubicima u pogledu ljudskih i materijalnih resursa. Pojedine lokacije na putevima su po svojoj prirodi posebno opasne i kao takve izazivaju povećan rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda. U te lokacije spadaju mesta na kojima se put, kao deo drumske infrastrukture, ukršta u nivou sa prugom kao delom železničke infrastrukture. Ovaj deo saobraćajne površine zapravo, istovremeno služi i drumskom i železničkom saobraćaju. U periodu i nakon modernizacije drumskog i železničkog saobraćaja prelazi su postali znatno opasniji. Brzina vozila koja su se kretala „stariom“ kolovozom bila je mala pa su vozači imali više vremena da se uvere da li mogu bezbedno da prođu taj deo puta. Rekonstrukcija puta, savremeni kolovozni zastor (asfalt), praćeni su povećanjem brzina i broja vozila na putu. Mnogi vozači nerado smanjuju brzine i menjaju stepen prenosa tako da sa većom brzinom, a

to znači i manjom pažnjom, prelaze preko prelaza (Jovanović & Opsenica, 2000). Modernizacija je takođe, dovela do bržih vozova koji imaju, samim tim, duži period kočenja, a pri znatno većim brzinama teže je uočiti prepreke na šinama. Sve ovo rezultovalo je, nažalost velikim brojem povredenih i usmrćenih lica na pružnim prelazima, ali i velikim novčanim štetama (WHO, 2013).

Razlike u performansama bezbednosti saobraćaja su i dalje prisutne između različitih teritorijalnih jedinica na svim posmatrаниm nivoima. Evans (Evans, 2004) ističe da svaki pokazatelj daje neku novu različitu informaciju koja vodi do neke nove mere izloženosti. Stoga je izbor metode koja će omogućiti višekriterijumsku analizu, ocenu efikasnosti kroz sve indikatore od presudnog značaja za analizu bezbednosti saobraćaja. Jedan od najpoznatijih tehnika matematičkog programiranja za merenje efikasnosti kompleksih entiteta sa raznorodnim ulazima/izlazima je Analiza obavijanja podataka (*Data Envelopment Analysis – DEA*). Ona omogućuje da se utvrdi da li je jedinica o kojoj se odlučuje (*Decision Making Unit - DMU*) efikasna ili nije, relativno prema drugim DMU uključenim u analizu. Pored toga, može se zaključiti koliko je potrebno da se smanji određeni ulaz i/ili poveća određeni izlaz da bi ove jedinice postale efikasne (Charnes i koautori, 1978). Glavna prednost DEA metode u odnosu na druge metode koje određuju efikasnost je da težina ulaza i izlaza ne treba da bude poznata a priori.

U ovom radu DEA metoda će biti korišćena za analizu efikasnost 12 operativnih jedinica koje predstavljaju najbliže gradove u kojima su desile nesreće na ukrštanju putnog i pružnog prelaza u Srbiji periodu od 2005. pa sve do 2014. godine. Pod pretpostavkom da se ulazi, odnosno zatećeno stanje na mestu nesreće, ne može dodatno poboljšavati, a teži se smanjenju broja nesreća, biće korišćen izlazno orijentisan model koji za cilj ima maksimizaciju izlaza pri zadatom nivou ulaza, a neefikasna jedinica postaje efikasna kroz povećanje svojih izlaza.

Rad je organizovan na sledeći način: u drugom poglavlju opisani su osnovni nedostaci uočeni na pružnim prelazima u Srbiji. Sledi poglavlje u kome je detaljno opisana teorijska osnova DEA i CCR model. U četvrtom poglavlju prikazana je emirijska studija, u kojoj je prvo definisan cilj i parametri, a potom je dat prikaz rezultata. U poslednjem poglavlju izložene su diskusija i zaključna razmatranja.

2. BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA NA PRUŽNIM PRELAZIMA - NEDOSTACI

Analizom bezbednosti saobraćaja u zonama najugroženijih prelaza puta preko pruge, utvrđeni su opšti nedostaci koji utiču na bezbedno odvijanje saobraćaja na svim prelazima. Ovi nedostaci odnose se na:

1. **Upravljanje brzinama.** Osnovni nedostatak bezbednog odvijanja saobraćaja predstavlja postojeće ograničenje brzine kretanja koje je izvršeno u skladu sa opštim ograničenjem u zavisnosti od lokacije prelaza, umesto da se uvede dodatno ograničenje maksimalno dozvoljene brzine kretanja u zonama prelaza, zato što oni predstavljaju potencijalno opasna mesta na putu gde je značajno ugroženo bezbedno odvijanje saobraćaja.
2. **Saobraćajni znakovi** koji se standardno koriste za najavu prelaza puta preko pruge, čak i kada su zadovoljavajućeg kvaliteta i kada su usklađeni sa važećim pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji, nisu dovoljno uočljivi i ne daju potreban efekat kojim će se ostvariti potrebna „naglašenost zone prelaza puta preko pruge“.
3. **Oznake na kolovozu.** Na najvećem broju analiziranih najugroženijih pružnih prelaza, odnosno na njihovim prilazima je najčešće obeležena neisprediana razdelna linija, dok ivične linije nisu obeležene. Na svim najugroženijim prelazima oznake na kolovozu su izvedene bojenjem kolovoza bez primene debeloslojnih plastičnih ili aplikativnih materijala sa retroreflektujućim svojstvima. Osnovni nedostatak bojenja kolovoza proizilazi iz trajnosti i nedovoljne vidljivosti ovako izvedenih oznaka, kao i potrebe za učestalom redovnim održavanjem koje se veoma često ne vrši u skladu sa propisima, a usled čega oznake na kolovozu nisu dovoljno uočljive i ne daju potreban efekat kojim će se ostvariti potrebna „naglašenost zone prelaza puta preko pruge“.
4. **Preglednost na prilazima prelazu.** Na najvećem broju analiziranih najugroženijih prelaza, odnosno na njihovim prilazima, preglednost je ugrožena zbog visokog i srednjeg rastinja pored pruge i puta, usled izgrađenih objekata koji se nalaze na prilazima pružnim prelazima, kao i usled objekata koji se koriste za upravljanje sistemima za osiguranje prelaza.
5. **Javno osvetljenje.** Osnovni nedostatak neosvetljenih ili nedovoljno osvetljenih prelaza puta preko pruge bez obzira da li su poleženi u naseljenom mestu ili van naseljenog mesta, javlja se u noćnim uslovima i u uslovima slabije vidljivosti (magla, kiša i sl.) kada ne postoji potrebna „osvetljenost i naglašenost zone prelaza puta preko pruge“.

Osim navedenih, jedan od najznačajnijih nedostataka sistema za osiguranje bezbednog saobraćaja na prelazima puta preko pruge koji se vrši automatskim polubranicima sa svetlosnim saobraćajnim znacima i saobraćajnim znacima na putu, predstavlja mogućnost prolaza, odnosno „provlačanja“ drumskih vozila

između spuštenih polubranika. Veliki broj neodgovornih vozača odlučuje se za ovakav korak, ne procenivši situaciju na vreme i kako treba. Nedostatak predmetnog sistema za osiguranje bezbednog saobraćaja na prelazima pute preko pruge, takođe, predstavlja prolaz drumskih vozila preko pruge u periodu od uključenja semafora do početka spuštanja polubranika. Veliki broj vozača tako ostane „zarobljen“ između dve rampe (polubranika) gde zbog panike, ovakva situacija najčešće rezultuje smrtnim ishodom.

3. ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA - DEA

DEA se može smatrati specijalno dizajniranom neparametarskom tehnikom za merenje efikasnosti kompleksnih entiteta sa raznorodnim ulazima i izlazima (Charnes i koautori, 1978). Na osnovu rezultata ovakve analize može se odrediti koliko su pojedine jedinice o kojima se odlučuje - DMU neefikasne u odnosu na jedinice koje su efikasne, odnosno da li se nalaze na granici efikasnosti. Pretpostavimo da imamo populaciju od n DMU. Svaka od ovih jedinica generiše količinu od s izlaza trošeći količinu od m ulaza. Suština DEA modela u određivanju efikasnosti jedinice k -te DMU leži u maksimizaciji njenog stepena efikasnosti. Međutim, stepen efikasnosti bilo koje jedinice populacije ne sme biti veći od 1, i težinski koeficijenti ulaza i izlaza moraju biti veće od nule (Vincová, 2005).

Poznate vrednosti parametra su

- x_{ij} – iznos ulaza i -te vrste, za j -tu DMU;
- y_{rj} – iznos izlaza r -te vrste, za j -tu DMU.

Nepoznati parametri:

- h_k – relativna efikasnost k -te DMU;
- u_r – težinski koeficijent za izlaz r ;
- v_i – težinski koeficijent za i -ti ulaz.

Osnovni CCR model za određivanje efikasnosti jedinice se može definisati na sledeći način (1):

$$\begin{aligned} \min h_k &= \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \\ st \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} &= 1 \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ v_i &\geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ u_r &\geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \end{aligned} \tag{1}$$

Korišćenjem DEA modela za analizu efikasnosti se ne koristi samo za ocenjivanje efikasnosti jedinica o kojima se odlučuje. Pomoću ove metode, moguće je utvrditi koliko je potrebno da se smanji određeni ulaz i/ili poveća određeni izlaz da bi ove jedinice postale efikasne. Ciljane vrednosti ulaza i izlaza računaju se korišćenjem formula (2):

$$\begin{aligned} X_k^* &= Z_k^* X_k - s^{-*}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ Y_k^* &= Y_k + s^{+*}, \quad r = 1, 2, \dots, s \end{aligned} \tag{2}$$

gde su X_k^* i Y_k^* vektori ciljanih vrednosti ulaza i izlaza sa kojima bi k -ta DMU postala efikasna (Savić, 2012).

DEA zauzima značajno mesto u domenu opšte poznatih tehnika za ocenu bezbednosti saobraćaja. Poređenje zemalja u pogledu performansi bezbednosti na putevima je široko zastupljeno u studijama radi boljeg razumijevanja sopstvene bezbednosne situacije i učenja od onih najuspešnijih zemalja ukazujući na praktične ciljeve i formulisanje akcionih programa. U vezi sa tim podaci kao što su broj smrtnih slučajeva na putevima, uglavnom se posmatraju kao jedan od važnih parametara. Shen i koautori (2012) su u svojoj studiji koristili tabele ukrštene efikasnosti (model DEA-RS) kako bi izračunali efikasnost 27 država EU u bezbednosti saobraćaja i kako bi pružili sveobuhvatnu sliku bezbednosti na putu.

Hermans i koautori (2008) su koristili DEA da bi odredili težinske faktore svakom indikatoru bezbednosti saobraćaja. Sprovedena studija imala je za cilj rangiranje zemalja EU na osnovu broja smrtnih slučajeva na milion stanovnika. Naredne godine Hermans i koautori (2009) sprovode novu studiju gde opet porede 21 državu EU sa šest ulaznih parametara (vožnja „pod uticajem“, briga o povređenima, brzina, zaštita sistema, infrastruktura i broj vozila). Oni identifikuju dobre i loše aspekte bezbednosti na putevima za svaku zemlju.

Intenzivni ekonomski rast u južnoj Americi u poslednjih nekoliko decenija i njegov posledični proces eksplozivne motorizacije dokazali rastući i neprekidan trend u broju saobraćajnih neseća. U cilju doprinosa

dijagnozi sigurnosti na nacionalnom nivou, Bastos i koautori (2015) su radili ocenu efikasnosti saobraćaja u Brazilu. Autori su zaključili da korišćenjem indikatora smrtnosti može se dobiti pouzdano rangiranje, što je važno za planiranje sigurnosti na nivou cele zemlje.

4. EMPIRJSKA STUDIJA

Analiza bezbednosti pružnih prelaza u Srbiji zahtevala je analizu i sistematizaciju podataka o 2132 pružna prelaza u periodu od 2005. pa sve do 2014. godine. Ukupan broj nesreća koje su se u tom periodu dogodile je 117. Ukupno je usmrćeno 101 lice, od čega 13 pešaka, 5 biciklista i motociklista, čak 55 vozača i 28 putnika. Povređenih je bilo 255, od čega 7 pešaka, 6 biciklista, 159 vozača, 79 putnika i 4 železnička radnika. U nesrećama je učestvovalo 11 bicikala i motocikala, 171 putnički automobil, 16 kamiona, 3 autobusa i 28 traktora. Sve navedene nesreće prouzrokovale su novčanu štetu od čak 15.202.960 dinara.

Analiza je urađena za 12 operativnih jedinica (DMU), koje predstavljaju najbliže gradove u kojima su prijavljivane nesreće koje su se u posmatranih devet godina desile (Tabela 2). Za ocenu efikasnosti korišćen je klasičan izlazno orijentisan CCR model, a parametri su:

Ulazi:

1. Prosečan broj koloseka – U1
2. Ocena kategorije kolovoza – U2
3. Prosečan trougao vidljivosti – U3

Izlazi:

4. Ukupna novčana šteta – I1
5. Ukupan broj poginulih i povređenih – I2

Trougao vidljivosti predstavlja preglednost i uočljivost pružnog prelaza na odgovarajućoj razdaljini, što je veoma bitna stavka koja definiše bezbednost jednog pružnog prelaza. Za svaku DMU jedinicu urađen je prosek vrednosti trougla vidljivosti koje se kreće od 0 do 2. Razlikujemo šest vrsta kolovoza koje prelaze preko pruge – asfalt, armirane betonske ploče, kaldrma, gumeni paneli, drveni pragovi i lomljeni kamen i svi oni su ocenjeni u zavisnosti od njihove (ne)bezbednosti, pri čemu je asfaltni kolovoz dobio najgoru ocenu. Razlikujemo i kategorije puta koje prelaze preko pruge, pri čemu postoji poljoprivredni, nekategorisan, lokalni, magistralni, ulica, regionalni i nedefinisan i oni su takođe ocenjeni po bezbednosti. Što se tiče broja koloseka, on se nalazi u rasponu od jednog (koji se nalazi u najvećem broju slučajeva) pa sve do 6 (koje možemo pronaći u Sremskoj Mitrovici i Subotici) (Službeni glasnik RS, 2013).

Kriterijumi „Vrsta kolovoza“ i „Kategorija puta“ svedeni su u jedan kriterijum pod nazivom „Ocena kategorije kolovoza“ i to uz pomoć metode jednostavnih aditivnih težina, pri čemu je vrsti kolovoza dodeljena vrednost težinskog koeficijenta 0,4, a kategoriji puta težina 0,6. Razlog za to je činjenica da je u slučaju ukrštanja pružnog prelaza sa prometnom ulicom znatno veća šansa za eventualnu nesreću nego negde gde je ukrštanje sa poljoprivrednim ili nekategorisanim putem.

Softver DEA-Solver LV8.0. ne poznaje izlazno orijentisan model u kome su izlazi ekstremizacije tipa minimizacija, stoga je potrebno invertovati podatke čime ćemo zapravo tražiti maksimalan izlaz. Rezultati deskriptivne statistike i vrednosti analize korelacije između parametara dati su u Tabeli 1.

Tabela 1: Deskriptivna statistika parametara

	Prosečan broj koloseka	Ocena kategorije kolovoza	Prosečan trougao vidljivosti	Ukupna novčana šteta	Ukupan broj poginulih i povređenih
Max	1,53	3,707	2	13879	4
Min	1	1,4	0,744	6886138,5	70
Prosek	1,185	2,681	1,631	133810,95	16,91
St.Dev.	0,18514	0,653	0,386	50938,695	14,976
<i>Spearman's rho</i> korelacija					
Prosečan broj koloseka	1				
Ocena kategorije kolovoza	-0,0031	1			
Prosečan trougao vidljivosti	-0,1242	-0,3928	1		
Ukupna novčana šteta	0,00418	-0,2732	0,13203	1	
Ukupan broj poginulih i povređenih	0,28281	-0,4351	0,2852	0,91211	1

Na osnovu dobijenih rezultata koeficijenta korelacije može se zaključiti da kriterijumi između sebe nisu korelisani, što znači da su dobro definisani. Najbliže jakoj pozitivnoj linearnej zavisnosti su izlazni kriterijumi, što je bilo i očekivano jer svaki put kada se desi nesreća nastane i, uglavnom srazmerna, novčana šteta. Negativna vrednost koeficijenta korelacija između kriterijuma Prosečan broj koloseka i Prosečan trpugao vidljivosti, predstavlja pokazatelj da što je veći broj koloseka da će trougao vidljivosti biti manji i obrnuto.

Dobijena efikasnost za svaku DMU kao i rang koji joj je dodeljen na osnovu indeksa efikasnosti dati su u Tabeli 2.

Tabela2: Ocena efikasnosti operativnih jedinica

RB	DMU	Indeks efikasnosti	Rang
1	Zrenjanin	1	1
2	Užice	0,92	2
3	Paraćin	0,27	3
4	Beograd	0,25	4
5	Zaječar	0,20	5
6	Subotica	0,19	6
7	Pančevo	0,18	7
8	Valjevo	0,12	8
9	Novi Sad	0,10	9
10	Sremska Mitrovica	0,08	10
11	Kraljevo	0,08	11
12	Niš	0,078	12

Kao što se iz Tabele 2 može videti, samo jedna operativna jedinica (DMU Zrenjanin) je efikasna. Odmah iza je Užice sa 0,92 indeksom efikasnosti. Sve ostale DMU jedinice su daleko ispod željenog stanja (čak 10 od 12 DMU ima indeks efikasnosti manji od 0,3). Ovakav rezultat posledica je izuzetno velike razlike između broja poginulih i povređenih lica u Zrenjaninu u odnosu na ostale DMU. Samim tim, postoje značajne razlike između ukupnih troškova štete koji su nastali prilikom nesreća koje su se desile.

U daljoj analizi date su željene vrednosti izlaznih parametara odnosno koliko svaka DMU treba da smanji broj poginulih i povređenih lica, kao i novčane štete kako bi postala efikasna (Tabela 3).

Tabela 3: Potrebne promene izlaznih parametara za svaku DMU

DMU	Za koliko treba smanjiti troškove [RSD]	Za koliko treba smanjiti troškove [%]	Za koliko treba smanjiti broj poginulih i povređenih lica	Za koliko treba smanjiti broj poginulih i povređenih lica [%]
Zrenjanin	/	/	/	/
Užice	82.476,37	78,55%	1	7,27%
Paraćin	1.220.002	98,92%	10	72,55%
Beograd	2.492.788	98,7%	28	74,50%
Zaječar	467.673,1	96,16%	20	79,32%
Subotica	2.808.093	99,47%	18	80,46%
Pančevo	372.537,5	94,61%	27	81,47%
Valjevo	6.611.919	99,76%	32	87,22%
Novi Sad	6.416.192	99,76%	37	89,12%
Sremska Mitrovica	1.500.615	98,89%	50	91,20%
Kraljevo	1.181.377	98,79%	47	91,80%
Niš	6.866.989	99,72%	65	92,12%

Analizom potrebne promene parametara može se zaključiti da su neophodne velike oscilacije vrednosti izlaza kako bi DMU postale efikasne. Tako operativna jedinica u Nišu, kao poslednje rangirana, mora za 99,72% da smanji novčane štete kako bi postala efikasna, odnosno da štete smanji za skoro sedam miliona dinara, a broj poginulih i povređenih lica mora biti manji za 92,12%. Iako je Zrenjanin operativna jedinica koja je u datom uzorku efikasna, ne znači da one ne mora da smanji vrednosti svojih ulaza. Idealan scenario bi značio potpuno eliminisati nesreće koje se dešavaju u saobraćaju, konkretno na pružnim prelazima, ali kako je to nemoguće, svaka operativna jedinica treba da teži što je moguće više minimizaciji istih.

5. ZAKLJUČAK

Veoma je teško precizno definisati od čega zavisi bezbednost pružnog prelaza zbog velikog broja uzroka saobraćajnih nesreća. DEA omogućava korišćenje većeg broja parametara u oceni bezbednosti saobraćaja i daje jednostavnu interpretaciju dobijenih rezultata. U ovom radu se na osnovu raspoloživih podataka o saobraćajnim nezgodama, koje su se desile na ukrštanju pružnog i putnog prelaza u periodu od devet godina u Srbiji, došlo do zaključka da je samo operativna jedinica Zrenjanin bila efikasna. Čak 10 od 12 operativnih jedinica ima indeks efikasnosti manji od 0,3. Najmanje efikasna jedinica je Niš. U cilju povećanja efikasnosti, odnosno bezbednosti saobraćaja, posmatrane jedinice trebaju prvenstveno da teže minimizaciji novčane štete i broja pogunilih i povređenih u nesrećama.

Ono što se može zaključiti na osnovu sprovedene analize, je to da nije ista bezbednost pružnih prelaza sa manjim i sa većim brojem koloseka, o kojoj vrsti kolovoza se radi i kakav je trougao vidljivosti. Poboljšanje preglednosti i uočljivosti pružnog prelaza na odgovarajućoj razdaljini postavljanjem trougla vidljivosti od izuzetne je važnosti za predupređenje nesreće koja se može desiti. Pored toga, važno je ispitati i frekvenciju broja stanovnika koja je svakodnevno prinuđena da se susreće sa ovim prelazima, i regulisti problem u skladu sa definisanim standardima. Ova studija može biti o velikog značaja za poboljšanje bezbednosti pružnih prelaza u Srbiji, a budući pravci istraživanja treba da razmotre drugačiji skup ulaznih i izlaznih parametra, primenu klaster analize i definisanje dodatnih ograničenja.

LITERATURA

- [1] Bastos, J. T., Shen, Y., Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., & Ferraz, A. C. P. (2015). Traffic fatality indicators in Brazil: State diagnosis based on data envelopment analysis research. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 61-73.
- [2] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E., (1978). Measuring Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- [3] Evans, L., (2004). Traffic Safety. Science Serving Society.
- [4] Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., & Vanhoof, K. (2009). Benchmarking road safety: lessons to learn from a data envelopment analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 174-182.
- [5] Hermans, E., Van den Bossche, F., & Wets, G. (2008). Combining road safety information in a performance index. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1337-1344.
- [6] Jovanović, D., & Opsenica, M. (2000). Putni prelazi preko železničke pruge kao uska grla. *Vojnotehnički glasnik*, 48.6.
- [7] Savić, G. (2012). Komparativna analiza efikasnosti u finansijskom sektoru, Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu.
- [8] Shen, Y., Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., & Vanhoof, K. (2012). Road safety risk evaluation and target setting using data envelopment analysis and its extensions. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 430-441.
- [9] Uredba o kategorizaciji železničkih pruga (2013). Službeni glasnik RS, br. 115/13.
- [10] Vincová, K. (2005). Using DEA models to measure efficiency. *Biatec*, 13(8), 24-28.
- [11] World Health Organization (WHO), (2013). WHO Global status report on road safety. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/en/index.html poslednji put pristupano: 24.06.2018.