

UDK: 656.1:614.862

## PRIMENA ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA (DEA) ZA OCENU RIZIKA U BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

### APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) TO EVALUATE RISK IN ROAD SAFETY

Miroslav Rosić<sup>1</sup>, Dragoslav Kukić<sup>2</sup> i Milan Božović<sup>3</sup>

**Rezime:** Proces upravljanja bezbednošću saobraćaja iziskuje potrebu za poznavanjem trenutnog stanja bezbednosti saobraćaja. Odgovarajuća ocena stanja bezbednosti saobraćaja pored sagledavanja trenutnog stanja, omogućava i poređenje (komparaciju) kako bi se prepoznala najbolja praksa i definisali ciljevi. Kako apsolutne vrednosti pokazatelja bezbednosti saobraćaja nisu direktno poredive, u domenu tradicionalnog pristupa upravljanju bezbednošću saobraćaja usvojen je i razvijen koncept rizika u bezbednosti saobraćaja, kod kojih su određeni apsolutni direktni pokazatelji stavljeni u odnos sa nekim drugim pokazateljem (najčešće brojem stanovnika ili brojem registrovanih vozila). Imajući u vidu da u bezbednosti saobraćaja ne postoji jedinstvena mera za ocenu nivoa bezbednosti saobraćaja, kao i da različiti pojedinačni pokazatelji mogu ukazivati na različit rang poređanih veličina, promovisu se različite izvedene vrednosti i načini njihovog utvrđivanja za merenje nivoa bezbednosti saobraćaja. Integrisana ocena koja objedinjuje više različitih pokazatelja predstavlja pouzdaniji parametar od sagledavanja mnogobrojnih različitih pokazatelja zasebno. U radu je predstavljen algoritam analize obavljanja podataka (DEA metoda) na primeru policijskih uprava u Republici Srbiji. Pored računanja rizika primenom analize obavljanja podataka, utvrđen je i poređen rang dobijenih vrednosti rizika primenom analize obavljanja podataka i tradicionalnim metodama i utvrđene su korelativne veze.

**Ključne reči:** DEA, rizik, ocena, bezbednost saobraćaja, upravljanje, poređenje

**Abstract:** Process of road safety management requires knowledge of current state of road safety. Adequate road safety composite index allows not only understanding of current road safety state, but also comparison in order to recognize best practice and define goals. As absolute road safety measures are not directly comparable, concept of risks is being developed in domain of traditional road safety evaluation approach, which actually represent and absolute direct measure divided with another exposure measure (usually population or number of registered vehicles). Having in mind that there is no unique measure for road safety and fact that different measures can bring up different rank of compared units, different composite indexes are being developed and also methods for their calculation. Composite index in road safety, which combines several different measures represent more reliable indicator instead of monitoring different indicators separately. Algorithm of Data Envelopment Analysis (DEA) is presented at the example of police departments in Republic in Serbia. Beside risk calculation using DEA, ranks of police departments are determined and correlation between traditional risk values and risk gained through DEA is analysed.

**Keywords:** DEA, risk, mark, road safety, management, comparison

## 1. UVOD

Bezbednost saobraćaja je globalno prepoznat problem. Prema podacima WHO (2013), oko 1,24 miliona ljudi je smrtno stradalo u svetu u saobraćajnim nezgodama, dok je oko 31.000 ljudi smrtno stradalo u 27 država Evropske unije (EU) (ETSC, 2011). Na teritoriji Republike Srbije, 536 lica je poginulo i saobraćajnim nezgodama tokom 2014. godine, a 19.995 je povređeno (lako ili teško), prema podacima ABS (2015). Razlike u performansama bezbednosti saobraćaja su i dalje prisutne između različitih teritorijalnih jedinica na svim

---

<sup>1</sup> Rosić Miroslav, mast. inž. saobraćaja, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Bulevar Mihajla Pupina 2, Beograd, [miroslav.rosic@abs.gov.rs](mailto:miroslav.rosic@abs.gov.rs)

<sup>2</sup> dr Kukić Dragoslav, dipl. inž. saobraćaja, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Bulevar Mihajla Pupina 2, Beograd, [dragoslav.kukic@abs.gov.rs](mailto:dragoslav.kukic@abs.gov.rs)

<sup>3</sup> Božović Milan, mast. inž. saobraćaja, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Bulevar Mihajla Pupina 2, Beograd, [milan.bozovic@abs.gov.rs](mailto:milan.bozovic@abs.gov.rs)

posmatranim nivoima. Prema podacima IRTAD (2015) Švedska je država sa najboljim stanjem bezbednosti saobraćaja kada se poredi broj poginulih lica na 100.000 stanovnika (javni rizik), 10.000 vozila (saobraćajni rizik) i na milijardu kilometara (dinamički rizik). Danska je peta najbolje rangirana država posmatrano prema javnom riziku, ali treća posmatrano po dinamičkom (IRTAD, 2015). Isti zaključak se može preneti i za teritoriju Srbije. Policijska uprava Užice je 24 po redu najbezbednija policijska uprava posmatrano po javnom riziku 2014. godine, a 22 po saobraćajnom riziku 2014. godine. Upotreba sigurnosnog pojasa na prednjim sedištim varira od 53,7% do 90,6% (ABS, 2015).

Zbog očiglednih razlika, postoji stalna potreba za adekvatnim poređenjem sa ciljem pouzdanog prepoznavanja bezbednih i nebezbednih bez obzira na razlike koje postoje u različitim pokazateljima. Evans (2004) ističe da svaki pokazatelj daje neku novu-različitu informaciju koja vodi do neke nove mere izloženosti. Shen i dr. (2012) ističu da države mogu da imaju različitu poziciju – rang prilikom poređenja u zavisnosti od korišćene mere izloženosti, a što otežava donosiocima odluke ocenu njihovih realnih performansi stanja. Cilj svakog poređenja je rezultat kome se može verovati.

Kvalitetna metoda treba u osnovi da omogući više-kriterijumsko vrednovanje i ocenu najbolje jedinice odlučivanja, posebno imajući u vidu da se stalno razvijaju novi pokazatelji, najčešće indikatori koji bi bolje mogli opisati stanje bezbednosti saobraćaja. Jedan od poznatih matematičkih alata koji u obzir može uzeti više različitih pokazatelja je DEA (Data Envelopment Analysis) – Analiza obavljanja podataka. DEA omogućava kombinaciju više različitih ulaznih i izlaznih parametara za izračunavanje tzv. relativne efikasnosti svake jedinice odlučivanja unutar seta predefinisanih jedinica odlučivanja. DEA je prepoznata kao važan alat i u dokumentu „*Developing a Road Safety Index*“, koji predstavlja *Deliverable 4.9* Evropske Komisije i deo projekta DaCoTA (Bax et al., 2012).

U radu je izvršen literarni pregled različitih načina za merenje nivoa bezbednosti saobraćaja, detaljno je opisan koncept DEA metode i matematička formulacija zajedno sa primerom jednostavne grafičke analize. Opisana su sva eventualna ograničenja i karakteristike DEA analize. Na kraju je DEA analiza primenjena na teritoriju policijskih uprava u Republici Srbiji sa podacima koji se odnose na 2014. godinu.

## 2. MERENJE NIVOA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Apsolutni pokazatelji bezbednosti nisu direktno poredivi, a što je uticalo na razvoj različitih pokazatelja izloženosti u oblasti bezbednosti saobraćaja – rizika. Rizici su direktni relativni pokazatelji bezbednosti saobraćaja (Lipovac, 2008) i predstavljaju odnos određene apsolutne vrednosti (najčešće broja poginulih lica) i mere izloženosti (npr. broj stanovnika). Najpoznatiji direktni relativni pokazatelji bezbednosti saobraćaja su:

- **Javni rizik** (broj poginulih lica u odnosu na broj stanovnika - obično 100.000 stanovnika za period od godinu dana);
- **Saobraćajni rizik** (broj poginulih lica u odnosu na broj registrovanih vozila – najčešće 10.000 registrovanih vozila za period od godinu dana);
- **Dinamički rizik** (broj poginulih stanovnika u odnosu na broj pređenih kilometara – najčešće 1.000.000 pređenih kilometara za period od godinu dana).

Broj poginulih lica za računanje rizika, iako najčešće korišćen za poređenje država, nije uvek pogodan za poređenje manjih teritorijalnih jedinica posebno u slučajevima kada se vrši analiza posebnih kategorija učesnika u saobraćaju (postoje lokalne samouprave u kojima nema poginulih lica). Umesto broja poginulih u analizi se najčešće koristi broj nastradalih ili ponderisani broj nastradalih lica. Kukić (2014) u doktorskoj disertaciji zaključuje da se sa promenama veličine teritorije menja izbor rizika koji je potrebno koristiti za poređenja i izdvaja relevantne rizike stradanja u saobraćaju u zavisnosti od koeficijenta korelacije i veličine posmatrane teritorije. Za teritoriju država, Kukić (2013) prepoznaje javni rizik računat na osnovu broja poginulih kao najreprezentativniji, odnosno javni ponderisani rizik kao reprezentativni rizik drugog prioriteta. Za teritoriju policijskih uprava i opština u Srbiji javni ponderisani rizik stradanja je prepoznat kao reprezentativni rizik prvog prioriteta, a kao reprezentativni drugog reda javni rizik računat na osnovu broja poginulih i povređenih lica kao rizik za teritoriju opština i javni rizik računat na osnovu broja nastradalih za teritoriju policijskih (Kukić, 2013).

Koncept upravljanja bezbednošću saobraćaja pomoću direktnih izlaza, bez obzira da li se posmatraju kao apsolutne ili relativne vrednosti, se često naziva tradicionalnim pristupom upravljanju bezbednosti saobraćaja (Kukić, 2013). Naime, tradicionalni pristup ocenu vrši tek nakon što nastanu štetne posledice u sistemu bezbednosti saobraćaja. S tim u vezi, u sve većoj meri je prisutan i razvijan koncept indikatora bezbednosti saobraćaja, kao deo savremenog pristupa upravljanju bezbednošću saobraćaja. ETSC (2011) definiše indikatore kao bilo koju meru koja je uzročno vezana za nastanak saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica, koja se koristi kao dodatak broju saobraćajnih nezgoda ili nastradalih lica sa ciljem da ukaže na performanse bezbednosti saobraćaja ili na proces koji vodi do nastanka saobraćajnih nezgoda.

Različite ocene bezbednosti saobraćaja i metode njihovog računanja se danas razvijaju u velikoj meri i predstavljaju popularnu temu u oblasti bezbednosti saobraćaja. Pešić (2012) je izvršio sistematizaciju poznatih metodologija za računanje ocene bezbednosti saobraćaja i predstavio model koji obuhvata šest pokazatelja bezbednosti saobraćaja: javni rizik, saobraćajni rizik, dinamički rizik, procenat upotrebe sigurnosnih pojaseva, procenat prekoračenja ograničenja brzine u naselju u procenat vozača pod uticajem alkohola. Pešić (2012) vrši normalizaciju ulaznih parametara i dodeljivanje težinskih faktora dobijenih primenom ekspertске metode, a zatim agregaciju pokazatelja po principu:

$$ONBS = \sum_{i=1}^n w_i \cdot NVP_i$$

Gde je  $NVP_i$  normalizovana vrednost  $i$ -tog pokazatelja, a  $w_i$  težinski faktor dodeljen  $i$ -tom pokazatelju.

U domenu opštepoznatih matematičkih modela, u literaturi koja tretira ocenu bezbednosti saobraćaja značajno mesto zauzima Analiza obavijanja podataka (Data Envelopment Analysis - DEA), kao i TOPSIS metoda (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Obe metode su zastupljene u najskorijim publikacijama koje tretiraju problem ocene bezbednosti saobraćaja (2015 godina). Originalne metode su u različitim radovima često unapređivane odabirom različitih pokazatelja, definisanjem dodatnih ograničenja u metodama i slično. Shen i dr. (2012) detaljno objašnjava specifičnosti DEA metode u bezbednosti saobraćaja i koristi tabele ukrštene-efikasnosti kako bi izračunao konačnu efikasnost za države EU. Bastos i dr. (2015) koristi DEA analizu za države u Brazilu uz korišćenje dodatnih ograničenja u težinskim faktorima. Kvalitetna metoda za ocenu rizika u osnovi treba da omogući matematički aparat za objedinjavanje više različitih pokazatelja bezbednosti saobraćaja, da omogući dodeljivanje različitih nivoa značajnosti kroz težinske faktore i ima rezultat koji ima prihvatljivu korelativnu vezu sa tradicionalno korišćenim pokazateljima.

Bastos i dr. (2015) ističu da DEA poseduje karakteristike koje je čine veoma atraktivnom metodom u domenu ocene stanja bezbednosti saobraćaja i ističe da određivanje ranga nije jedina svrha DEA analize. Naime, DEA se može posmatrati kao alat za benčmarking jer se ocenjivanje konkretne jedinice ocenjuje u odnosu na one koje imaju najbolje performanse (Bastos i dr., 2015). Često se za ovakvu ocenu efikasnosti kaže da je relativna efikasnost, odnosno promena u strukturi ocenjivanih alternativa (jedinica odlučivanja) bi uticala i na konačne rezultate analize (Hermans i dr., 2009). DEA takođe ima mogućnost (Bastos i dr., 2015) uzimanja u obzir samo individualnih karakteristika određene ocenjivane alternative, kao i mogućnost predstavljanja problema (strukture pokazatelja) na hijerarhijski način. Iako kao izlaz DEA daje optimalnu efikasnost (OE) koja je računata tako da bude maksimizirana imajući u vidu samo konkretnu ocenjivanu alternativu, postoje metode da se uvrste i efikasnosti drugih alternativa istovremeno u razmatranje kroz računanje ukrštene efikasnosti (UE). Drugim rečima, kaže se da rezultati dobijeni DEA analizom uključuju različite perspektive za ukupnu ocenu performansi (Bastos i dr., 2015). Alper i dr. (2015) ističu da DEA nije statistički alat, ali ga prepoznaju kao idealan alat za određivanje performansi u jednom sistemu.

Klasični DEA zadatak se može prevesti u formu zadatka linearnog programiranja, a zadatak linearnog programiranja u formu dualnog zadatka linearnog programiranja, što Shen i dr. (2012) vide kao posebnu prednost modela u smislu da se DEA metodom mogu definisati ciljevi, koji su često sastavni deo planskih dokumenata u oblasti bezbednosti saobraćaja.

Poseban značaj DEA metode postoji i u činjenici da postoji mnogobrojna literatura koja se bavi DEA metodom, a što je značajno u primeni jednog alata. Metod koji je široko upotrebljavan je najčešće sagledan iz ugla različitih potreba, prilagođen posebnim zahtevima i uočeni su eventualni nedostaci i ograničenja. Prema podacima Gattoufi i dr. (2002) broj literarnih jedinica koje tretiraju DEA analizu eksponencijalno raste, tako da u Avgustu 2001. godine ima 1809 objavljenih radova u 490 različitih časopisa širom sveta.

Takođe je istaknuto da je DEA sve više citirana u radovima i časopisima izvan domena operacionih istraživanja, između ostalih, i u oblasti саобраћаја (Gattoufi i dr., 2002).

### 3. ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA (DEA)

DEA je neparameterska matematička optimizaciona tehnika razvijena od strane Charnes i dr. (1978), a kasnije proširena od strane Banker i dr. (1984). U osnovi, DEA je dizajnirana da prihvati više različitih ulaznih i izlaznih parametara sa ciljem određivanja efikasnosti različitih jedinica odlučivanja (DMUs – Decision Making Units). Dobijena efikasnost je relativna jer se računa u okviru predefinisane skupa jedinica odlučivanja i uključivanje nove jedinice odlučivanja ili isključivanje u odnosu na postojeći set može uticati na promenu rezultata. Opšti DEA model (npr. u oblasti ekonomije) se može opisati kao težnja za maksimiziranjem izlaza (npr. količine određenog proizvoda), a minimiziranjem ulaza (npr. sirovine). Međutim, u oblasti bezbednosti саобраћаја izlazi su najčešće nešto što je nepoželjno i što treba minimizirati (rizici, саобраћајне незгоде i настрадала лица), pa se prema opisu Hermans i dr. (2009) zaključuje da su саобраћајне незгоде i настрадала лица излаз, dok su indikatori performansi безбедности саобраћаја улаз u sistemu безбедности саобраћаја, kao i da je u tom slučaju održana logična relacija između ulaza koji se maksimiziraju i izlaza koji se minimiziraju. Tu treba posebno voditi računa da ne moraju svi indikatori безбедности саобраћаја biti orijentisani tako da njihova veća vrednost bude bolja posmatrano sa aspekta безбедности саобраћаја. Shen i dr. (2012) opisuje DEA u безбедности саобраћаја kao model u kome izlaze treba minimizirati uz poštovanje vrednosti ulaznih parametara.

#### 3.1. Matematički model

Posmatrajmo sistem od  $n$  jedinica odlučivanja (DMUs), u sistemu sa  $m$  ulaza i  $s$  različitih izlaza. Efikasnost u DEA metodi se u opštem slučaju računa kao odnos otežane sume izlaza i otežane suma ulaznih parametara, koji treba maksimizirati, prema obrascu:

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \leq 1, k = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m$$

gde je  $y_{rj}$  i  $x_{ij}$  predstavljaju  $r$ -ti izlaz, odnosno  $i$ -ti ulaz, i to za  $j$ -tu jedinicu odlučivanja, dok je  $u_r$ , odnosno  $v_i$ , težinski faktor dodeljen  $r$ -tom izlazu, odnosno  $i$ -tom ulazu. Efikasnost se računa za svaku jedinicu odlučivanja zasebno uz poštovanje navedenih ograničenja u smislu da je efikasnost uvek manja ili jednaka od 1, a težinski faktori su nenegativne vrednosti. Predstavljena formulacija se može predstaviti u formi zadatka linearnog programiranja (Charnes i dr., 1978), ili dualnog zadatka linearnog programiranja. U osnovi modifikacija u zadatak linearnog programiranja podrazumeva da se maksimizira težinska vrednost izlaza (brojilac u razlomku za računanje efikasnosti) za konkretnu jedinicu odlučivanja dok se težinska vrednost sume ulaza postavlja na vrednost 1 (imenilac u razlomku za računanje efikasnosti), a razlika otežane suma izlaza i ulaza mora biti manja ili jednaka od 1. Kod problema evaluacije u безбедности саобраћаја, u zadatku linearnog programiranja je potrebno maksimizirati otežanu sumu ulaza (umesto izlaza) uz postavljanje otežane sume izlaza na vrednost jedan prema postavci:

$$\max E_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m$$

Shen i dr. (2012) napominje da se zadatkom linearnog programiranja u oblasti bezbednosti saobraćaja može i minimizirati otežana suma izlaza, a što je intuitivnije sa aspekta bezbednosti saobraćaja, ali bi tada vrednosti efikasnosti bile veće ili jednake jedinici. Zadatak linearnog programiranja se izvršava  $n$  puta (koliko ima jedinica odlučivanja) u potrazi za onim kombinacijom težinskih faktora sa kojima se ostvaruje ostvarenje funkcije cilja. Najefikasnija je ona jedinica odlučivanja koja ima efikasnost 1.

Osnovna karakteristika DEA metodologije jeste nepostojanje bilo kakvih ograničenja u osnovnoj metodologiji u odabiru težinskih faktora. Prilikom težnje ka maksimalnoj efikasnosti postoji mogućnost da neke promenljive u potpunosti budu isključene iz analize, odnosno dobiju vrednost težinskog faktora veoma blisku nuli. Dodavanje ograničenja u smislu težinskih faktora često može da dovede do situacije da nema rešenja postavke sistema (Lins i dr., 2007). Različita rešenja definisanja ograničenja su sistematizovana od strane Lins i dr. (2007). Efikasan način da se predupredi problem sa različitim težinskim faktorima za svaku jedinicu odlučivanja se može rešiti matricom ukrštenih efikasnosti (Syxton i dr., 1986). Matrica ukrštenih efikasnosti sadrži sve vrednosti efikasnosti koje određena jedinica odlučivanja dobija, i to ne samo sa sopstvenim težinskim faktorima, nego i sa težinskim faktorima prilikom evaluacije efikasnosti svih ostalih jedinica odlučivanja. Konačna vrednost je prosek svih efikasnosti koje je određena jedinica odlučivanja dobila (uključujući njenu sopstvenu i efikasnost koju je dobila uz težinske faktore ostalih jedinica odlučivanja).

Tabela 1. Primer matrice ukrštenih efikasnosti

Ocenjujuća DMU	Ocenjivana DMU				
	1	2	3	...	n
1	$E_{11}$	$E_{12}$	$E_{13}$	...	$E_{1n}$
2	$E_{21}$	$E_{22}$	$E_{23}$	...	$E_{2n}$
...	...	...	...	...	...
n	$E_{n1}$	$E_{n2}$	$E_{n3}$	...	$E_{nn}$
Srednja vrednost	$E_1$	$E_2$	$E_3$	...	$E_n$

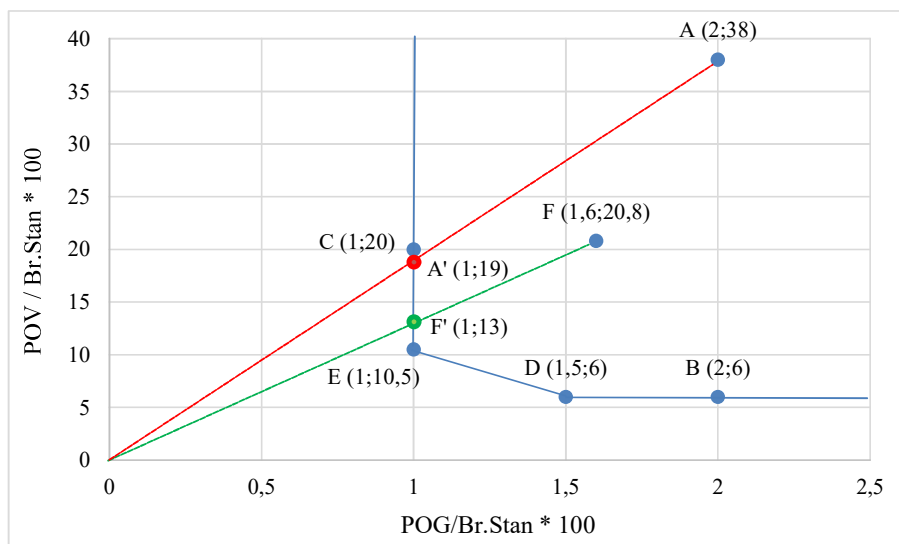
Za rešavanje zadataka linearnog programiranja mogu se koristiti softverski alati, kao što je dodatak *Excel LP Solver*, dodatak unutar programa *Microsoft Excel*.

### 3.2. Primer jednostavne DEA analize

Za potrebe primera (jednostavnosti analize) odabran je model sa dva izlazna parametra (broj poginulih i broj povređenih lica), i jedan ulazni parametar (broj stanovnika). Model je testiran na primeru 6 jedinica odlučivanja (u realnosti, opštine, policijske uprave ili sl.). Vrednosti ulaznih i izlaznih parametara korišćenih za primer DEA analize prikazani su u Tabeli 2. Predstavljeni model može da se reši grafičkim putem u ravni, kao na primeru sa Slike 1. Radi jednostavnijeg grafičkog prikaza relativni odnosi svakog izlaznog pokazatelja sa ulaznim su pomnožene sa 100. Veća efikasnost je povoljnija sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Osnovnom DEA analizom maksimalnu efikasnost (koja iznosi 1) će imati sve tačke koje se nalaze na granici maksimalne efikasnosti (C, E, D, B). Drugim, rečima, dovoljno je da tačka makar po jednom kriterijumu ostvaruje najbolji rezultat i njena efikasnost će biti maksimalna. Sve tačke koje nisu na granici efikasnosti imaju efikasnost manju od 1 (A i F). Grafički se efikasnost tačke A može odrediti kao odnos  $\frac{OA'}{OA} = 0,5$ , a efikasnost tačke F kao  $\frac{OF'}{OF} = 0,625$ . U generalnoj analizi (npr. u oblasti ekonomije), tačka A bi imala najveću efikasnost, a obavljanje podataka bi bilo drugačije okrenuto.

Tabela 2. Ulazni i izlazni parametri za primer DEA analize

	Br. Stan	POG	POV
A	100	2	38
B	200	4	12
C	300	3	60
D	200	3	12
E	400	4	42
F	250	4	52



Slika 2. Grafički primer rešavanja DEA analize

Tabela 3. Ukrštena efikasnost na primeru DEA analize

	A	B	C	D	E	F
A	0,5	0,5	1	0,67	1	0,63
B	0,16	1	0,3	1	0,57	0,29
C	0,5	0,5	1	0,67	1	0,63
D	0,35	0,82	0,67	1	1	0,55
E	0,5	0,5	1	0,67	1	0,63
F	0,5	0,5	1	0,67	1	0,63
PROSEK	0,42	0,65	0,83	0,78	0,93	0,56
Bez međusobne efikasnosti	0,5	1	1	1	1	0,63

Analizom sa Slike 2 uočljivo je da iako tačke D i B imaju iste vrednosti POV/Br. Stanovnika, tačka D ima manji odnos POG/Br. Stanovnika u odnosu na tačku B, zbog čega jeste delimično efikasnija. Isti zaključak se može doneti i u slučaju tačaka C i E. Računanje međusobne efikasnosti omogućava da se efikasnost svake jedinice odlučivanja izračuna kao prosečna vrednost efikasnosti koju je jedinica odlučivanja dobila prilikom sopstvenog ocenjivanja, ali i prilikom ocenjivanja drugih DMU (iz druge perspektive). Primer računanja međusobne efikasnosti prikazan je u Tabeli 3. U svakom redu upisane su izračunate efikasnost prilikom ocenjivanja svake jedinice odlučivanja zasebno. Računanjem proseka, najbolju efikasnost ima tačka E, a najmanju, kao što je i očekivano, tačka A. Očigledno je takođe iz Tabele 3 da tačka B ima manju „ukrštenu efikasnost“ od tačke D, kao i da tačka C ima manju efikasnost od tačke E.

### 3.3. Pretpostavke DEA analize

Jedna od najčešćih dilema u DEA analizi se tiče odabira ulaznih i izlaznih promenljivih. Koncept koji originalno predlažu Hermans i dr. (2009) podrazumeva da su saobraćajne nezgode i njihove posledice izlaz, a indikatori bezbednosti saobraćaja ulaz, i može na početku delovati nelogično, s obzirom da je neuobičajeno tražiti odnos npr. broja poginulih lica i stepena upotrebe sigurnosnih pojaseva. Međutim, osnovni koncept DEA modela nije narušen s obzirom da se teži da se minimiziraju izlazi, a maksimiziraju ulazi (ako su svi ulazni indikatori maksimizacionog tipa). Postoje primeri da se indikatori koriste kao izlazne vrednosti. Alper i dr. (2008) za izlaze koriste indikatore različite orijentacije kao što je broj vozača uključen u saobraćajne nezgode sa povređenim licima čija je manja vrednost bolja sa aspekta bezbednosti saobraćaja, kao i prosečnu starost putničkih automobila čija je manja vrednost prepoznata kao bolja sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Međutim, Alper i dr. (2015) sve vrednosti svode na istu prirodu računanjem recipročne vrednosti indikatora (1/x). Cook i dr. (2014) ističu da u situacijama kada se DEA koristi kao opšti alat za benčmarking, onda se ulazi jednostavno biraju tako da je manja vrednost bolja, a izlazi tako da je veća bolja, odnosno obrnuto u slučaju bezbednosti saobraćaja.

Pored prirode samih pokazatelja, značajno je uzeti u obzir i tipove pokazatelja. U osnovi, parametri koji se koriste u analizi bezbednosti saobraćaja mogu biti apsolutne vrednosti (npr. broj poginulih, broj

саобраћајних незгода), процентуалне вредности, ризичи као релативне вредности, као и различите мере изложености које не указују директно на ниво безбедности, али се могу користити за израчунавање других показатеља. DEA може користити све наведене параметре у анализи. Charnes и др. (1978) истају као основу предност DEA анализе могућност коришћења широког спектра улазних и излазних параметара, као и могућност да се прихвате променљиве у различитим јединicama. Одређени аутори сматрају да у анализи не би требало мешати „sirove“ апсолутне вредности и релативне показатеље, а што може утицати на коначан резултат (Cooper и др., 2007). Међутим, Shen и др. (2011) комбинују четири релативна показатеља као излаз (svi су у односу на милион становника) и индикаторе перформанси безбедности саобраћаја. Поступак DEA анализе не зависи од процеса нормализације и DEA може да прихвати било које вредности у изворном облику. Hermans и др. (2008) истају ипак да у ситуацији када се не изврши нормализација података, suma тежинских фактора неће бити један, а што понекад отежава могућност компарације.

#### **4. PRIMENA ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA U BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA**

Hermans и др. (2008) користе DEA методу како би одредили тежинске факторе сваком од индикатора безбедности саобраћаја, а што препознају као корак од суштине важности у процесу дефинисања сваке композитне оцено. Тежински фактори добијени DEA методом су оценојени као најпогоднији приступ који највише корелира са бројем погинулих лица на милион становника (Hermans и др., 2008). Специфичност рада који су представили Hermans и др. (2008) се огледа у примени DEA модела који има само излазе из система, док улазни параметри нису узети у обзир (фиксне вредности).

Hermans и др. (2009) су вршили поређење 21 државе ЕУ коришћењем DEA анализе са шест улазних параметара (индикатори који се односе на вођњу под утицајем, бригу у повређенима, берзину, заштитне системе, инфраструктуру и возила) и два излазна параметра (број саобраћајних незгода и погинулих лица). У раду су такође дефинисана додатна ограничења односно минимални и максимални удео сваког појединачног индикатора у коначној оцено ефикасности, а који су добијени експертском методом прикупљањем података од 11 експерата који су учествовали у пројекту SafetyNet (Hermans и др., 2009). Shen и др. (2011) врше оцено нивоа безбедности саобраћаја за 19 држава ЕУ, коришћењем вишеслојне DEA анализе (MLDEA – Multiple Layer DEA) како би израчунали тежинске факторе на сваком хијерархијском нивоу, а коју касније користе и Bastos и др. (2015).

Intuitivan и једноставан set улазних и излазних параметара коришћен је у раду који су представили Shen и др. (2012). Број становника, број регистрованих моторних возила и број пређених километара су коришћени као улаз, а број погинулих лица као излаз (Shen и др., 2012), при чему су сви улазни и излазни параметри апсолутни бројеви. Shen и др. (2012) су вршили поређење 27 држава ЕУ, уз поступак дефинисања циљева које треба достићи за сваку од држава које нису са најбољим перформансима, користећи у раду и кластер анализу као и матрицу међусобне ефикасности. Shen и др. (2013) називају представљени модел DEA-RS (DEA – Road Safety). Bastos и др. (2015) врше оцено нивоа безбедности саобраћаја за 26 федералних дистрикта у Бразилу коришћењем јавног, саобраћајног и динамичког ризика као излазних променљивих. Раd који су представили Bastos и др. (2015) се одликује у процесу калибрације (прилагођавања) додатних ограничења у моделу у односу на резултате у ЕУ.

Alper и др. (2015) користи DEA за оцено стања безбедности саобраћаја у општинама у Израелу и користи два улазна параметра: годишњи буџет за безбедност саобраћаја расподелjen свакој општини и укупан број сати наставника у 11-том разреду посвећених безбедности саобраћаја, док се као излазни параметри користи 14 различитих показатеља. Неки од излазних показатеља које су одабрали Alper и др. (2015) су апсолутни (Број возача који су учествовали у саобраћајним незгодима са повређеним лицима, број казни за саобраћајне прекршаје у веzi некоришћењем сигурносних појасева у току године), неки су процентуалне вредности (проценат нових аутомобила), а неки су просечне вредности (просечан број приватних аутомобила).

#### **5. PRIMENA DEA METODE NA TERITORIJI SRBIJE**

##### **5.1. Metodologija**

DEA модел са два улазна параметра и три излазна параметра коришћен је за оцено ефикасности 27 полицијских управа на територији Србије. За улазне параметре у анализи коришћен је број становника и број регистрованих моторних возила, док је за излазне коришћен је број погинулих лица (POG), број тежко повређених лица (TTP) и број

lako povređenih lica (LTP). Efikasnost policijskih uprava dobijena DEA metodom, poređena je sa pokazateljima javnog i saobraćajnog rizika računatih na osnovu broja poginulih lica (JR i SR), broja teško povređenih lica (TR\_LTP i SR\_TTP). i broja lako povređenih lica (JR\_LTP i SR\_LTP). Za sve vrednosti efikasnosti dobijene DEA metodom (DEA), računata je i efikasnost koja se dobija kroz matricu međusobne efikasnosti (DEA\_M) i te vrednosti su međusobno poređene. Vrednosti ulaznih i izlaznih parametara prikazani su u Tabeli 4. Za potrebe modela nisu uvođena dodatna ograničenja u odabiru težinskih faktora, već je korišćen osnovni DEA model. Vrednosti efikasnosti po DEA metodi su računate primenom softverskog dodatka *Excel LP Solver*. Podaci o apsolutnim saobraćajnim pokazateljima u analizi se odnose na 2014. godinu (ABS, 2015), dok se broj stanovnika i broj registrovanih vozila odnose na 2013. godinu prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (RZS, 2015)

Tabela 4. Vrednosti ulaznih i izlaznih pokazatelja za DEA analizu

	Broj stanovnika	Broj registrovanih vozila	POG	TTP	LTP
Beograd	1669552	580594	104	712	4752
Kragujevac	290541	88760	18	144	495
Jagodina	210795	67890	19	112	383
Niš	372220	99812	26	128	623
Pirot	90216	22053	4	27	122
Prokuplje	89574	21943	8	41	150
Leskovac	211890	53171	10	78	253
Vranje	201157	45787	13	66	222
Zaječar	116665	35089	14	35	146
Bor	121909	42736	11	66	159
Smederevo	196285	52170	17	104	400
Požarevac	179451	67299	12	99	267
Valjevo	171466	52945	18	99	336
Šabac	293598	86800	37	168	521
Kraljevo	175063	52167	25	99	354
Kruševac	237492	68373	13	106	362
Čačak	209365	65504	17	98	450
Novi Pazar	159582	34134	12	69	199
Užice	176331	55496	20	90	328
Prijepolje	78885	17597	8	23	98
Novi Sad	616111	189610	48	306	1661
Zrenjanin	184311	49224	14	87	357
Kikinda	144672	37679	11	75	208
Pančevo	289766	78498	19	124	550
Sombor	183967	47455	4	106	398
Subotica	184756	54488	13	70	350
Sremska Mitrovica	308512	87514	21	143	576

## 5.2. Rezultati istraživanja

Osnovna ograničenja klasičnog DEA modela mogu se prepoznati na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 6 u kojoj su policijske uprave sortirane od najveće do najmanje ukrštene efikasnosti. Naime, postoji devet policijskih uprava koje su ostvarile maksimalnu efikasnost. Ovakva pojava se najčešće može očekivati i u situacijama kada postoji više različitih ulaznih i izlaznih parametara. Prema ukrštenoj efikasnosti najbolji rezultat je ostvarila policijska uprava Pirot. Karakteristično je da je standardno odstupanje vrednosti ranga po različitim pokazateljima za policijsku upravu Pirot najmanje posle policijske uprave Leskovac, pa se može reći da je rezultat dobijenim sa visokim stepenom sigurnosti i u velikoj meri u saglasnosti sa ostalim pokazateljima. Najmanju efikasnost je ostvarila policijska uprava Kraljevo, a koja ujedno ima najmanju efikasnost i kod osnovnog DEA modela bez računanja ukrštene efikasnosti. Koliko različiti pokazatelji mogu da ukažu na različiti rang jedinica odlučivanja, ukazuje primer policijske uprave Zaječar kod koje je zabeleženo jedno od najvećih odstupanja u rang u i to između javnog rizika po kome Zaječar ima rang 25, i



ukrštene DEA efikasnosti po kojoj je Zaječar po rangu treća policijska uprava. Rang policijske uprave po ukrštenoj efikasnosti može da bude bolji ili lošiji u odnosu na rang po nekom drugom pokazatelju. Tako je Sombor lošije rangiran u odnosu na rang po saobraćajnom i javnom riziku na osnovu broja poginulih lica, a bolje na osnovu javnog i saobraćajnog rizika na osnovu broj teško telesno povređenih i lako telesno povređenih lica. Određene policijske uprave su po ostvarile po ukrštenoj DEA efikasnosti manji ili jednak rang u odnosu na rang prema svim analiziranim standardnim pokazateljima (npr. Leskovac).

Tabela 5. Korelacija između DEA efikasnosti i standardnih pokazatelja rizika.

	DEA	DEA_M	JR	SR	JR_TTP	SR_TTP	JR_LTP	SR_LTP
DEA		0,865 0	-0,535 0,004	-0,527 0,005	-0,513 0,006	-0,644 0	-0,532 0,004	-0,542 0,004
DEA_C	0,865 0		-0,545 0,003	-0,553 0,003	-0,615 0,001	-0,803 0	-0,595 0,001	-0,661 0

\* Korelacija je značajna na nivou 0,01.

Korelacija između DEA efikasnosti i DEA\_M efikasnosti (Tabela 5) sa analiziranim relativnim pokazateljima je prikazana izračunavanjem Spirmanovog koeficijenta korelacije. Koeficijent korelacije između DEA efikasnosti i standardnih pokazatelja rizika je negativna, što je očekivano, s obzirom da je veća DEA efikasnost bolja sa aspekta bezbednosti saobraćaja, dok je manji rizik povoljniji sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Najveća korelacija je ostvarena između DEA\_M efikasnosti i javnog rizika računatog na osnovu teških telesnih povreda. Vrednosti svih navedenih korelacija ukazuju da se radi o srednje jakoj korelaciji različitih pokazatelja, odnosno o jakoj korelaciji u slučaju ukrštene DEA efikasnosti i saobraćajnog rizika na osnovu teških telesnih povreda (prema tumačenju Nikolić, 2008). Karakteristično je da su sve korelacije između ukrštene DEA\_M efikasnosti i standardnih pokazatelja rizika veće nego korelacije između klasične DEA efikasnosti i analiziranih pokazatelja rizika, a što dodatno ukazuje na potrebu evaluacije efikasnosti iz perspektive svake jedinice odlučivanja, a ne samo posmatranjem pojedinačnih jedinica odlučivanja korišćenjem postupka međusobne efikasnosti.

Tabela 6. Rezultati primene DEA analize na teritoriji policijskih uprava u Republici Srbiji

PU	DEA		DEA_M		JR		SR		JR_TTP		SR_TTP		JR_LTP		SR_LTP		Stand. Odstupanje Ranga
	Efik.	Rang	Efik.	Rang	Rizik	Rang	Rizik	Rang	Rizik	Rang	Rizik	Rang	Rizik	Rang	Rizik	Rang	
Piot	1,00	1	0,98	1	4,43	2	1,81	4	29,93	2	12,24	2	135,23	7	55,32	8	2,7
Leskovac	1,00	1	0,93	2	4,72	3	1,88	5	36,81	6	14,67	8	119,40	2	47,58	4	2,4
Zaječar	1,00	1	0,92	3	12,00	25	3,99	24	30,00	3	9,97	1	125,14	5	41,61	3	10,2
Požarevac	1,00	1	0,91	4	6,69	9	1,78	2	55,17	23	14,71	9	148,79	9	39,67	2	7,2
Vranje	1,00	1	0,88	5	6,46	7	2,84	16	32,81	4	14,41	7	110,36	1	48,49	5	4,7
Bor	1,00	1	0,85	6	9,02	21	2,57	12	54,14	22	15,44	11	130,43	6	37,21	1	8,1
Kruševac	0,92	2	0,85	7	5,47	4	1,90	6	44,63	11	15,50	12	152,43	10	52,94	6	3,5
Niš	0,91	4	0,83	8	6,99	11	2,60	14	34,39	5	12,82	4	167,37	11	62,42	15	4,4
Subotica	0,92	3	0,82	9	7,04	12	2,39	8	37,89	7	12,85	5	189,44	18	64,23	17	5,4
Kragujevac	0,86	6	0,80	10	6,20	5	2,03	7	49,56	16	16,22	16	170,37	13	55,77	10	4,3
Beograd	1,00	1	0,79	11	6,23	6	1,79	3	42,65	8	12,26	3	284,63	27	81,85	25	10,1
Prijepolje	1,00	1	0,78	12	10,14	22	4,55	26	29,16	1	13,07	6	124,23	3	55,69	9	9,5
Pančevo	0,78	11	0,74	13	6,56	8	2,42	10	42,79	9	15,80	13	189,81	19	70,07	22	4,9
Sremska Mitrovica	0,78	10	0,74	14	6,81	10	2,40	9	46,35	13	16,34	17	186,70	17	65,82	18	3,6
Čačak	0,80	8	0,73	15	8,12	17	2,60	13	46,81	14	14,96	10	214,94	24	68,70	21	5,3
Jagodina	0,79	9	0,73	16	9,01	20	2,80	15	53,13	21	16,50	18	181,69	15	56,41	11	4,1
Kikinda	0,82	7	0,70	17	7,60	15	2,92	18	51,84	19	19,90	24	143,77	8	55,20	7	6,4
Sombor	1,00	1	0,69	18	2,17	1	0,84	1	57,62	26	22,34	27	216,34	25	83,87	26	12,4
Novi Pazar	0,89	5	0,69	19	7,52	13	3,52	21	43,24	10	20,21	26	124,70	4	58,30	12	7,7
Užice	0,75	13	0,68	20	11,34	24	3,60	22	51,04	18	16,22	15	186,01	16	59,10	13	4,1

Zrenjanin	0,71	15	0,68	21	7,60	14	2,84	17	47,20	15	17,67	19	193,69	20	72,53	23	3,3
Novi Sad	0,75	12	0,65	22	7,79	16	2,53	11	49,67	17	16,14	14	269,59	26	87,60	27	6,2
Prokuplje	0,71	14	0,65	23	8,93	19	3,65	23	45,77	12	18,68	20	167,46	12	68,36	20	4,6
Valjevo	0,69	17	0,64	24	10,50	23	3,40	20	57,74	27	18,70	21	195,96	21	63,46	16	3,6
Šabac	0,69	16	0,61	25	12,60	26	4,26	25	57,22	25	19,35	23	177,45	14	60,02	14	5,3
Smederevo	0,65	18	0,61	26	8,66	18	3,26	19	52,98	20	19,93	25	203,79	23	76,67	24	3,2
Kraljevo	0,63	19	0,58	27	14,28	27	4,79	27	56,55	24	18,98	22	202,21	22	67,86	19	3,4

## 6. ZAKLJUČAK

Donosilac odluke često može biti naveden na pogrešan zaključak prilikom analize i komparacije u oblasti bezbednosti saobraćaja, s obzirom da različiti posmatrani pokazatelj može dovesti do oprečnih zaključaka. Mnogobrojnost različitih pokazatelja, otežava donosiocu odluke da odabere jedan koji najbolje oslikava stanje bezbednosti saobraćaja. Koliko različiti pokazatelji mogu da utiču na različit rang jedinice odlučivanja, najviše se vidi na primeru policijske uprave Zaječar u 2014. godini, najbolja po javnom i saobraćajnom riziku, ali u lošijoj polovini policijskih uprava prema javnom i saobraćajnom riziku koji se računaju na osnovu broja lako ili teško povređenih lica. Analiza obavljanja podataka (DEA) je jedan od modela koji može da obuhvati više različitih ulaznih i izlaznih parametara u analizi sa ciljem računanja efikasnosti. U osnovi, DEA računa relativnu efikasnost u skupu definisanih jedinica odlučivanja, i promena u strukturi jedinica odlučivanja može uticati na konačnu efikasnost. Bez obzira na osnovna ograničenja modela, efikasnost dobijena DEA analizom se može značajno unaprediti računanjem i ukrštene efikasnosti.

Prema rezultatima istraživanja na teritoriji 27 policijskih uprava zaključeno je da najveću efikasnost 2014. godini ima policijska uprava Pirot, a najmanju policijska uprava Kraljevo. Između standardnih pokazatelja rizika i DEA efikasnosti postoji najčešće srednje jaka korelativna veza.

DEA predstavlja jednostavan model koji uspešno može tretirati više različitih pokazatelja bezbednosti saobraćaja sa ciljem dobijanja jedinstvene ocene (efikasnosti), koja donosiocu odluka jasnije i pouzdanije može ukazati na razlike između jedinica odlučivanja. Posebna odlika DEA ogleda se i u mogućnosti da se na osnovu takve analize definišu i ciljevi u odnosu na one jedinice odlučivanja koje imaju najbolje performanse. Poseban značaj u podsticanju primene DEA alata mogu imati i specijalizovani softverski alati za računanje DEA efikasnosti u bezbednosti saobraćaja, koji bi korisnika lišili učenja matematičkog aparata, i davali gotove rezultate na osnovu unetih ulaznih i izlaznih parametara u modelu.

Dalja istraživanja treba da razmotre drugačiji set ulaznih i izlaznih parametara, mogućnost definisanja ciljeva na osnovu DEA analize, primenu klaster analize za prepoznavanje međusobni sličnih poređenih jedinica odlučivanja, kao i mogućnost definisanja dodatnih ograničenja u osnovnom modelu. Poseban aspekt treba posvetiti analizi rangova u kojoj određene jedinice odlučivanja u značajnoj meri menjaju svoj rang u zavisnosti od primenjenog pokazatelja.

## 7. LITERATURA

- [1]. Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije (ABS), (2015). Podaci integrisane baze podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja [Statistika]. Internet adresa: serbia.gdi.net/azbs. Posećeno: 23.07.2015.
- [2]. Alper, D., Sinuany-Stern, Z., & Shinar, D. (2015). Evaluating the efficiency of local municipalities in providing traffic safety using the Data Envelopment Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 78, 39-50.
- [3]. Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manage. Sci.* 30, 92–178.
- [4]. 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.
- [5]. Bax, C., Wesemann, P., Gitelman, V., Shen, Y., Goldenbeld, C., Hermans, E., Doveh, E., Hakkert, S., Wegman, F., Aarts, L. (2012). Developing a Road Safety Index. Deliverable 4.9 of the EC FP7 project DaCoTA.
- [6]. Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2, 429–444.
- [7]. Cook, W. D., & Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA)—Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1-17.

- [8]. Cooper WW, Seiford LM, Tone K., (2007). Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software, second edition; p19.
- [9]. European Transport Safety Council (ETSC), (2011). 2010 Road Safety Target Outcome: 100,000 fewer deaths since 2001, 5th Road Safety PIN Report. ETSC, Brussels.
- [10]. Evans, L., 2004. Traffic Safety. Science Serving Society.
- [11]. Gattoufi, S., Oral, M., & Reisman, A. (2004). A taxonomy for data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 38(2), 141-158.
- [12]. 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.
- [13]. Hermans, E., Van den Bossche, F., & Wets, G. (2008). Combining road safety information in a performance index. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1337-1344.
- [14]. International Transport Forum (IRTAD), (2015). Road Safety Annual Report 2015. Internet adresa: [http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15IRTAD\\_Summary.pdf](http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15IRTAD_Summary.pdf). Posećeno: 23.07.2015.
- [15]. Kukić, D., (2014). Model kvantifikacije rizika stradanja u saobraćaju [Doktorska disertacija]. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [16]. Lins, M. E., da Silva, A. M., & Lovell, C. K. (2007). Avoiding infeasibility in DEA models with weight restrictions. *European Journal of Operational Research*, 181(2), 956-966.
- [17]. Lipovac, K., 2008. Bezbednost saobraćaja [Udžbenik]. Službeni glasnik, Beograd.
- [18]. Nikolić, A. (2008). Korelacija i regresija. Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Sarajevo, BiH.
- [19]. Pešić, D., (2012). Razvoj i unapređenje metoda za merenje nivoa bezbednosti saobraćaja [Doktorska disertacija]. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [20]. Republički zavod za statistiku, (2014). Opštine i regioni u Republici Srbiji. Internet adresa: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Ops/OPS2014.pdf>. Posećeno: 23.7.2015.
- [21]. Sexton, T. R., Silkman, R. H., & Hogan, A. J. (1986). Data envelopment analysis: Critique and extensions. *New Directions for Program Evaluation*, 1986(32), 73-105.
- [22]. 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.
- [23]. Shen, Y., Hermans, E., Ruan, D., Wets, G., Brijs, T., & Vanhoof, K. (2011). A generalized multiple layer data envelopment analysis model for hierarchical structure assessment: A case study in road safety performance evaluation. *Expert systems with applications*, 38(12), 15262-15272.
- [24]. World Health Organization (WHO), (2013). WHO Global status report on road safety. Internet adresa: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/en/index.html](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/en/index.html). Posećeno: 23.07.2015.