

---

## ROAD SAFETY ASSESSMENT OF SOME CITIES IN THE REPUBLIC OF SERBIA

**Aleksandar Gošić**

Academy of Technical and Educational Vocational Studies Niš Section Vranje, Serbia,  
gotic.aleksandar@gmail.com

**Slobodan Stefanović**

Academy of Technical and Educational Vocational Studies Niš Section Vranje, Serbia,  
slobodan.stefanovic@akademijan.is.edu.rs

**Stefan Mladenović**

Academy of Technical and Educational Vocational Studies Niš Section Vranje, Serbia,  
stefan.mladenovic@akademijan.is.edu.rs

**Abstract:** Road safety management requires continual monitoring and knowledge of road safety current state. It means that management requires assessment of current road safety state, presented by previously defined parameters, based on which future activities and goals, wanted to be achieved, are determined. State assessment could be conducted by different types of methods and techniques. The purpose of the research is road safety assessment of some cities in The Republic of Serbia using Data Envelopment Analysis – DEA method. DEA is mathematical technique which could be successful used for efficiency quantifying. By application of input and output parameters' assessment, some conclusions could be reached, therefore actions could be directed in order to improve road safety state. In this research input parameters are number of vehicles and number of drivers, and on the other side output parameters are number of traffic accidents and number of casualties. Assessment is conducted for seven cities in the Republic of Serbia. There are discussion of results and some of conclusions after presentation of results.

**Keywords:** assessment, road safety, DEA.

## OCENA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U POJEDINIM GRADOVIMA REPUBLIKE SRBIJE

**Aleksandar Gošić**

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš Odsek Vranje, Srbija,  
gotic.aleksandar@gmail.com

**Slobodan Stefanović**

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš Odsek Vranje, Srbija,  
slobodan.stefanovic@akademijan.is.edu.rs

**Stefan Mladenović**

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš Odsek Vranje, Srbija,  
stefan.mladenovic@akademijan.is.edu.rs

**Rezime:** Upravljanje bezbednošću saobraćaja zahteva redovno praćenje i poznavanje trenutnog stanja bezbednosti saobraćaja. Upravljanje podrazumeva i ocenu stanja bezbednosti saobraćaja, prikazane pomoću unapred definisanih parametara, na osnovu koje se određuju buduće aktivnosti i ciljevi koji se žele dostići. Ocena stanja može se vršiti različitim metodama i tehnikama. Cilj istraživanja je ocena bezbednosti saobraćaja u pojedinim gradovima Republike Srbije primenom metode DEA – Data Envelopment Analysis. DEA je matematička tehnika, koja se uspešno može koristiti za kvantifikovanje efikasnosti. Primenom procene ulaznih i izlaznih parametara može se doći do određenih zaključaka, a samim tim i izvršiti usmeravanje akcija radi unapredjenja stanja bezbednosti saobraćaja. U istraživanju su za ulazne parametre uzeti broj vozila i broj vozača, a za izlazne parametre broj saobraćajnih nezgoda i broj nastradalih lica. Ocena je izvršena za sedam gradova u Republici Srbiji. Nakon prikaza rezultata data je diskusija rezultata i određeni zaključci.

**Ključne reči:** ocena, bezbednost saobraćaja, DEA.

### 1. UVOD

Bezbednost saobraćaja se posmatra kao sistem koji se svakodnevno prati po svim nivoima upravljanja. Stanje se analizira i ocenjuje periodično, čime se stvaraju uslovi za definisanje preventivnih mera za naredni period. S druge

strane, stanje bezbednosti može se posmatrati kao mera efikasnosti pojedinih nivoa, jer se njenim poboljšanjem čuvaju ljudski životi, smanjuju troškovi, štiti životna sredina itd.

U Republici Srbiji periodično se prate pokazatelji bezbednosti, kako apsolutni, tako i relativni. Praćenje pokazatelja vrše nadležne institucije (Ministarstvo unutrašnjih poslova i Agencija za bezbednost saobraćaja). Veoma bitna činjenica je da se praćenje vrši i na lokalnim nivoima upravljanja, čime se stvara uslov za međusobno poređenje podataka, ali i razmenu iskustava u primeni mera za poboljšanje bezbednosti saobraćaja.

Postoji veliki broj metoda kojima se vrši ocena efikasnosti sistema. Jedna od njih je i metoda analize obavijanja podataka (DEA – Data Envelopment Analysis). Posebno se ističe u problematici merenja efikasnosti entiteta, koji za kreiranje raznorodnih izlaza koriste raznorodne ulaze.

U radu je izvršena ocena pokazatelja bezbednosti saobraćaja i rangiranje pojedinih gradova u Republici Srbiji na osnovu zabeleženih pokazatelja bezbednosti saobraćaja primenom metode analize obavijanja podataka i metode ukrštene efikasnosti.

## 2. MATERIJALI I METODE

Analiza obavijanja podataka (DEA) je neparametarska matematička optimizaciona tehnika razvijena od strane Charnes i dr. (1978), a kasnije proširena od strane Banker i dr. (1984). DEA omogućava analizu efikasnosti posmatranih entiteta uzimajući u obzir kombinacije različitih ulaznih i izlaznih promenljivih.

U DEA metodi, ocenjivane jedinice definišu se kao jedinice odlučivanja (Decision Making Unit – DMU). Analiza obavijanja podataka je metoda koja pri komparativnoj analizi efikasnosti uzima u obzir sve relevantne ulaze i izlaze iz sistema, bez obzira na tehnologiju pretvaranja ulaza u izlaze. Za analizu obavijanja podataka bitno je da svaka DMU koristi iste vrste ulaza i transformiše ih u iste vrste izlaza. Nije neophodno da ulazi i izlazi budu istorodni, ali je neophodno da sve jedinice koje posmatramo imaju iste vrste ulaza i izlaza.

Osnovna formula za efikasnost ima sledeći oblik (Jeremić, 2012):

$$\text{Efikasnost} = \frac{\text{Težinska Suma Izlaza}}{\text{Težinska Suma Ulaza}} \quad (1)$$

Autori DEA metode navode da se jedna DMU može okarakterisati kao efikasna samo ako nisu ispunjena sledeća dva uslova (Jeremić, 2012):

- moguće je povećati joj bilo koji izlaz bez povećanja bilo kog od ulaza i bez smanjenja bilo kog drugog izlaza;
- i
- moguće je smanjiti joj bilo koji ulaz bez smanjenja bilo kog od izlaza i bez povećanja bilo kog drugog ulaza.

Posebno treba istaći sledeće osobine DEA metode (Jeremić, 2012):

- određuje se pojedinačna sumarna mera za svaku DMU na osnovu vrednosti ulaznih faktora pri proizvodnji željenih izlaza;
- fokus je na pojedinačnim opservacijama nasuprot populacionim usrednjavanjima;
- potpuno jednaki kriterijumi se primenjuju u ocenjivanju svake DMU; i
- ukazuje se na potrebne promene ulaza i/ili izlaza da bi DMU ispod granice efikasnosti bio projektovan na granicu efikasnosti.

Opšti DEA model (npr. u oblasti ekonomije) može se opisati kao težnja za maksimiziranjem izlaza (npr. količine određenog proizvoda), a minimiziranjem ulaza (npr. sirovine). Međutim, u oblasti bezbednosti saobraćaja izlazi su najčešće nešto što je nepoželjno i što treba minimizirati (rizici, saobraćajne nezgode ili nastradala lica), pa se prema opisu Hermans i dr. (2009) zaključuje da su saobraćajne nezgode i nastradala lica izlaz, dok su indikatori performansi bezbednosti saobraćaja ulaz u sistemu bezbednosti saobraćaja, kao i da je u tom slučaju održana logična relacija između ulaza koji se maksimiziraju i izlaza koji se minimiziraju (Rosić, 2015).

Charnes, Cooper i Rhodes razvili su DEA modele koji su tokom godina modifikovani i prošireni. Pri selekciji DMU treba voditi računa o sledećim pretpostavkama (Jeremić, 2012):

- U principu, teži se smanjenju ulaza i povećanju izlaza; skor efikasnosti treba da odražava ovaj princip;
- Podaci o ulazima i izlazima raspoloživi su za svaki ulaz i izlaz i imaju pozitivne vrednosti za svaku DMU;
- Merne jedinice ulaza i izlaza mogu biti izražene u različitim jedinicama. One mogu uključivati broj zaposlenih, portfolio hartija od vrednosti, novac, itd.

DEA model sa konstantnim prinosom na obim CCR (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978) glasi (Antić, 2020):

$$(\max)h_k = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n \quad \mu_r, v_i \geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (2)$$

gde su:  $h_k$  – relativna efikasnost k-te DMU,  $n$  – broj DMU koje treba porediti,  $m$  – broj ulaza,  $s$  – broj izlaza,  $\mu_r$  – težinski koeficijent za izlaz  $r$ ,  $v_i$  – težinski koeficijent za ulaz  $i$ .

U modelu se teži maksimizaciji vrednosti  $h_k$ ; ovo se ostvaruje kroz subjektivno dodeljivanje pondera upravljačkim varijablama  $\mu_r$  i  $v_i$ .

Kako bi se dobila realnija ocena posmatranih jedinica DMU, koristi se metoda ukrštene efikasnosti. U DEA modelima optimalni težinski koeficijenti ulaza i izlaza izračunavaju se za svaku jedinicu posebno na osnovu sopstvene procene, ignorišući međusobnu procenu sa ostalim jedinicama. Međutim, u tom slučaju tačnost dobijene ocene može se dovesti u sumnju. Iz tog razloga, za potpuniju ocenu jedinica DMU, koristi se metoda ukrštene efikasnosti prema sledećem (Ganji et al, 2019):

$$e_{jl} = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad j, l = 1, \dots, n; j \neq l \quad (2)$$

gde:  $e_{jl}$  označava međusobnu efikasnost l-te DMU i j-te DMU koristeći optimalne težinske koeficijente.

Za potrebe ovog istraživanja korišćeni su zvanični podaci Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije i Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije. Radi ocene stanja bezbednosti saobraćaja u pojedinim gradovima, u obzir su uzeti podaci iz baze podataka za sedam većih gradova u Republici Srbiji i to: Beograd, Novi Sad, Kragujevac, Zaječar, Niš, Novi Pazar i Vranje.

Prva faza istraživanja u oceni stanja bezbednosti saobraćaja jeste formiranje jedinica odlučivanja (DMU), koje u ovom istraživanju predstavljaju gradovi.

Druga faza podrazumeva izbor ulaznih i izlaznih parametara, koji će se koristiti za ocenu stanja bezbednosti saobraćaja. Kao ulazni podaci uzeti su: broj registrovanih vozila i broj registrovanih vozača kojima je izdata vozačka dozvola. Za izlazne podatke uzeti su: broj saobraćajnih nezgoda i broj nastradalih lica. Postoji veliki broj pokazatelja (apsolutnih i relativnih) koji se mogu koristiti za ocenu stanja. Relativni pokazatelji bezbednosti saobraćaja koji su korišćeni za potrebe ovog istraživanja su: broj saobraćajnih nezgoda na 1.000 registrovanih vozila, broj nastradalih lica na 1.000 registrovanih vozila, broj saobraćajnih nezgoda na 1.000 registrovanih vozača i broj nastradalih lica na 1.000 registrovanih vozača. Pored ovih pokazatelja, mnogi autori preporučuju indikatore performansi bezbednosti saobraćaja kao ulazne parametre, radi dobijanja realnije slike stanja.

Vrednosti ulaznih i izlaznih parametara date su u tabeli 1.

**Tabela 1. Vrednosti ulaznih i izlaznih parametara korišćenih u DEA analizi**

	DMU	ulazni podaci		izlazni podaci	
		broj vozila	broj vozača	broj SbN	broj nastradalih
Beograd	DMU1	472.288	549.968	12.294	4.160
Novi Sad	DMU2	114.608	147.719	2.045	1.380
Niš	DMU3	71.790	88.210	800	499
Kragujevac	DMU4	52.761	61.835	574	372
Zaječar	DMU5	14.607	20.640	132	91
Novi Pazar	DMU6	22.178	30.637	293	316
Vranje	DMU7	20.061	26.190	247	116
	<b>Ukupno</b>	768.293	925.199	16.385	6.934

Treća faza podrazumeva sprovođenje DEA analize putem unapred određenog modela. Za potrebe ovog istraživanja izabran je DEA ekvivalentan linearni model sa konstantnim prinosom na obim CCR sa ulaznom orijentacijom, odnosno sa principom promene ulaznih parametara, dok su izlazni parametri konstantni. DEA analiza sprovedena je primenom Microsoft Excel LP Solver. Imajući u vidu da se u oblasti bezbednosti saobraćaja izlazni parametri (broj saobraćajnih nezgoda, posledice nezgoda i sl.) trebaju minimizirati, vrši se modifikacija DEA modela koji će se primeniti, na način da se maksimizira težinska suma ulaza, dok se težinska suma izlaza postavlja na vrednost jedan. Za sve jedinice DMU vrši se proračun efikasnosti primenom DEA metode i metode ukrštene efikasnosti.

Četvrta faza je rangiranje jedinica DMU prema dobijenim podacima o efikasnosti.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Pre sprovođenja DEA metode, sprovedena je statistička analiza ulaznih i izlaznih parametara i ispitivanje njihove povezanosti. Deskriptivna statistika data je u tabeli 2.

**Tabela 2. Deskriptivna statistika ulaznih i izlaznih parametara korišćenih u DEA analizi**

	ulazni podaci		izlazni podaci	
	broj vozila	broj vozača	broj SbN	broj nastradalih
Mean	109.756,1429	132.171,2857	2.340,7143	990,5714
Standard Error	61.896,8557	71.656,6026	1.676,9134	553,1373
Standard Deviation	163.763,6872	189.585,5503	4.436,6958	1.463,4637
Minimum	14.607	20.640	132	91
Maximum	472.288	549.968	12.294	4.160
Sum	768.293	925.199	16.385	6.934
Count	7	7	7	7

Korelacija ulaznih i izlaznih parametara prikazana je u tabeli 3. Korelacija je dobijena izračunavanjem Pirsonovog koeficijenta korelacije na nivou značajnosti 0,05. Na osnovu podataka iz tabele uočava se visok nivo korelacije između ulaznih i izlaznih podataka.

**Tabela 3. Korelacija ulaznih i izlaznih parametara korišćenih u DEA analizi**

	broj vozila	broj vozača	broj SbN	broj nastradalih
broj vozila	1			
broj vozača	0,999703922	1		
broj SbN	0,996331587	0,995085269	1	
broj nastradalih	0,993024652	0,995285051	0,987754615	1

Rangiranjem relativnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja, dobijeni su podaci dati u tabeli 4.

**Tabela 4. Rang relativnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja**

	DMU	brSbN/1000voz	Rang	posledice/1000voz	Rang	brSbN/1000vozac	Rang	posledice/1000vozac	Rang
Beograd	DMU1	26,030727014	7	8,808184836	5	22,354027871	7	7,564076455	5
Novi Sad	DMU2	17,843431523	6	12,041044255	6	13,843852179	6	9,342061617	6
Niš	DMU3	11,143613317	3	6,950828806	3	9,069266523	2	5,656954994	3
Kragujevac	DMU4	10,879247929	2	7,050662421	4	9,282768659	3	6,016010350	4
Zaječar	DMU5	9,036763196	1	6,229889779	2	6,395348837	1	4,408914729	1
Novi Pazar	DMU6	13,211290468	5	14,248354225	7	9,563599569	5	10,314325815	7
Vranje	DMU7	12,312447037	4	5,782363790	1	9,431080565	4	4,429171439	2

Primenom DEA metode, dobijene su vrednosti date u tabeli 5.

**Tabela 5. Rezultati dobijeni primenom DEA metode**

	DMU	DEA Klasik	R
Beograd	DMU1	0,656476209	6
Novi Sad	DMU2	0,515545840	7
Niš	DMU3	0,880945907	3
Kragujevac	DMU4	0,874370967	4
Zaječar	DMU5	1,000000000	1
Novi Pazar	DMU6	0,684018205	5
Vranje	DMU7	1,000000000	2

Primenom metode ukrštene efikasnosti dobijeni su rezultati dati u tabeli 6.

**Tabela 6. Rezultati dobijeni primenom metode ukrštene efikasnosti**

		DMU ocenjujuća							EFIKASNOST- prosečna	EFIKASNOST- maksimalna	R	
		Beograd	Novi Sad	Niš	Kragujevac	Zaječar	Novi Pazar	Vranje				
		DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7				
DMU ocenjujivana	Beograd	DMU1	0,656476209	0,603703061	0,603703061	0,603703061	0,286093803	0,347157542	0,603703061	<b>0,529219971</b>	0,656476209	<b>5</b>
	Novi Sad	DMU2	0,480221123	0,515545840	0,515545840	0,515545840	0,461963098	0,506447607	0,515545840	<b>0,501545027</b>	0,515545840	<b>7</b>
	Niš	DMU3	0,831895584	0,880945907	0,880945907	0,880945907	0,705167151	0,810936537	0,880945907	<b>0,838826129</b>	0,880945907	<b>3</b>
	Kragujevac	DMU4	0,820116387	0,874370967	0,874370967	0,874370967	0,688948424	0,830642270	0,874370967	<b>0,833884421</b>	0,874370967	<b>4</b>
	Zaječar	DMU5	0,928164702	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	<b>0,989737815</b>	1,000000000	<b>1</b>
	Novi Pazar	DMU6	0,405826785	0,464982474	0,464982474	0,464982474	0,668717755	0,684018205	0,464982474	<b>0,516927520</b>	0,684018205	<b>6</b>
	Vranje	DMU7	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	0,678114114	0,733953467	1,000000000	<b>0,916009654</b>	1,000000000	<b>2</b>

Na osnovu podataka iz tabele 6. Uočene su drugačije vrednosti i njihov rang u odnosu na vrednosti dobijene primenom klasične DEA metode i rang relativnih pokazatelja.

Na kraju, izvršeno je poređenje rangova dobijenih na osnovu podataka relativnih pokazatelja, dobijenih primenom DEA metode i metode ukrštene efikasnosti (DEA MUE). U tabeli 7. dat je uporedni prikaz dobijenih vrednosti.

**Tabela 7. Rangovi dobijeni na osnovu podataka relativnih pokazatelja, dobijenih primenom DEA metode i metode ukrštene efikasnosti (DEA MUE)**

		broj Sbn/ 1000 vozila	Rang	posledice/ 1000 vozila	Rang	broj Sbn/ 1000 vozača	Rang	posledice/ 1000 vozača	Rang	DEA Klasik	Rang	DEA MUE	Rang	Standardno odstupanje
Beograd	DMU1	26,03072701	<b>7</b>	8,808184836	<b>5</b>	22,35402787	<b>7</b>	7,564076455	<b>5</b>	0,656476209	<b>6</b>	0,529219971	<b>5</b>	0,983192080
Novi Sad	DMU2	17,84343152	<b>6</b>	12,04104426	<b>6</b>	13,84385218	<b>6</b>	9,342061617	<b>6</b>	0,515545840	<b>7</b>	0,501545027	<b>7</b>	0,516397779
Niš	DMU3	11,14361332	<b>3</b>	6,950828806	<b>3</b>	9,069266523	<b>2</b>	5,656954994	<b>3</b>	0,880945907	<b>3</b>	0,838826129	<b>3</b>	0,408248290
Kragujevac	DMU4	10,87924793	<b>2</b>	7,050662421	<b>4</b>	9,282768659	<b>3</b>	6,016010350	<b>4</b>	0,874370967	<b>4</b>	0,833884421	<b>4</b>	0,836660027
Zaječar	DMU5	9,036763196	<b>1</b>	6,229889779	<b>2</b>	6,395348837	<b>1</b>	4,408914729	<b>1</b>	1,000000000	<b>1</b>	0,989737815	<b>1</b>	0,408248290
Novi Pazar	DMU6	13,21129047	<b>5</b>	14,24835422	<b>7</b>	9,563599569	<b>5</b>	10,314325815	<b>7</b>	0,684018205	<b>5</b>	0,516927520	<b>6</b>	0,983192080
Vranje	DMU7	12,31244704	<b>4</b>	5,78236379	<b>1</b>	9,431080565	<b>4</b>	4,429171439	<b>2</b>	1,000000000	<b>2</b>	0,916009654	<b>2</b>	1,224744871

Korelacija vrednosti efikasnosti dobijenih primenom DEA metode i efikasnosti dobijenih metodom ukrštene efikasnosti (MUE) prikazana je u tabeli 7. Korelacija je dobijena izračunavanjem Pirsonovog koeficijenta korelacije na nivou značajnosti 0,01. Podaci koji su rangirani, međusobno su poređeni primenom Studentovog t-testa na nivou značajnosti 0,01. Rezultati sprovedenog testa dati su takođe u tabeli 8.

**Tabela 8. Korelacija vrednosti efikasnosti dobijenih primenom DEA metode, efikasnosti dobijenih matricom međusobne efikasnosti i relativnih pokazatelja**

		DEA	brSbn/ 1000 vozila	posledice/ 1000 vozila	brSbn/ 1000 vozača	posledice/ 1000 vozača
DEA	Person	1	-0,695325672	-0,821541199	-0,643229653	-0,901444195
	t	-	-6,003889400	-6,210304187	-5,187579405	-6,363913075
	p	-	p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,001
DEA MUE	Person	0,961495263	-0,732475074	-0,868436705	-0,678169042	-0,939579962
	t	3,081568841	-6,010177862	-6,211303189	-5,199658552	-6,363894777
	p	p<0,05	p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,001

Na osnovu podataka iz tabele uočen je visok nivo korelacije između vrednosti efikasnosti dobijenih primenom DEA metode i metode ukrštene efikasnosti. Takođe, mogao se uočiti visok nivo korelacije vrednosti efikasnosti i relativnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja. Vrednosti negativne korelacije između efikasnosti i relativnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja ukazivale su na činjenicu da se veća efikasnost postiže smanjenjem relativnih pokazatelja.

Primenom DEA metode, dobijene su vrednosti efikasnosti za svaku jedinicu odlučivanja, a na osnovu ovih rezultata dve od ukupno sedam jedinica ostvarile su maksimalnu efikasnost. Iz tog razloga bilo je otežano upoređivanje vrednosti i zaključivanje o izboru najbolje rangirane jedinice. Primenom metoda matrice ukrštenih efikasnosti dobijene su drugačije vrednosti efikasnosti, na osnovu kojih je bilo moguće upoređivanje vrednosti i zaključivanje o izboru najbolje rangirane jedinice.

Poređenjem vrednosti, odnosno rangova jedinica, po vrednostima relativnih pokazatelja i vrednostima dobijenih primenom DEA metoda, mogla se uočiti razlika u rangovima jedinica. Za jedinicu DMU7 koja je po matrici ukrštenih efikasnosti na 2. mestu, po vrednosti relativnih pokazatelja u vezi sa brojem saobraćajnih nezgoda je na 4. mestu. S druge strane, jedinica DMU1, koja je po matrici ukrštenih efikasnosti na 5. mestu, po relativnim pokazateljima bezbednosti saobraćaja u vezi sa brojem saobraćajnih nezgoda ostvarila je 7. mesto. Zbog toga je izvršeno sagledavanje standardnog odstupanja rangova i na osnovu dobijenih vrednosti moglo se zaključiti da su za



DMU3 i DMU5 ostvarena najniža standardna odstupanja rangova (po 0,41). Dobile vrednosti standardnih odstupanja rangova su, izuzev za DMU 7, manje od jedan, što ukazuje na činjenicu da se sa visokim nivoom sigurnosti mogao prihvatiti dobijen rang navedenih jedinica.

Na osnovu dobijenih podataka ispitivanja korelacije, moglo se zaključiti da postoji visok nivo korelacije između podataka o efikasnosti dobijenih primenom DEA metoda. Takođe, dobijen je visok nivo korelacije između vrednosti dobijenih primenom DEA metoda i relativnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja, koja je negativna, jer veća efikasnost podrazumeva i niže vrednosti ovih relativnih pokazatelja.

Najbolje rangirana jedinica bila je DMU5, za koju su zabeležene najmanje vrednosti relativnih pokazatelja, izuzev posledica (broja nastradalih) na 1.000 vozila. Najlošije rangirana jedinica bila je DMU2, za koju nisu zabeležene ekstremne vrednosti relativnih pokazatelja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Bezbednost saobraćaja potrebno je periodično ceniti i vrednovati, kako bi se utvrdilo realno stanje i vršilo poređenje sa prethodnim stanjem. Time se stvaraju uslovi za pravilnije zaključivanje nadležnih organa u oblasti bezbednosti saobraćaja. Postoji veliki broj metoda i tehnika pomoću kojih se vrši ocena i vrednovanje bezbednosti saobraćaja. Jedna od njih je i analiza obavljanja podataka – DEA metoda, koja je našla primenu u ovoj oblasti jer se stanje bezbednosti može posmatrati kao efikasnost sistema, odnosno jedinice odlučivanja.

Postoje različiti modeli ove metode. Za potrebe ocene bezbednosti saobraćaju pojedinih gradova izabran je DEA ekvivalentan linearni model sa konstantnim prinosom na obim CCR sa ulaznom orijentacijom, odnosno sa principom promene ulaznih parametara, dok su izlazni parametri konstantni. Imajući u vidu da se u oblasti bezbednosti saobraćaja izlazni parametri (broj saobraćajnih nezgoda, posledice nezgoda i sl.) trebaju minimizirati, izvršena je modifikacija DEA modela koji će se primeniti, na način da se maksimizira težinska suma ulaza, dok se otežana suma izlaza postavlja na vrednost jedan.

Međutim, primena ove metode zahteva najpre definisanje ulaznih i izlaznih parametara. Pojedini autori ističu činjenicu da je tom prilikom potrebno uzeti indikatore bezbednosti saobraćaja radi dobijanja realnijih rezultata ocene stanja. Za potrebe ovog rada uzeti su apsolutni pokazatelji o pređenom putu i broju vozila, kao i podaci o broju saobraćajnih nezgoda i posledicama.

Za sve jedinice izvršen je proračun efikasnosti primenom DEA metode i efikasnosti dobijenih primenom matrice međusobne efikasnosti. Takođe, prilikom rangiranja jedinica izvršeno je poređenje sa relativnim pokazateljima koji se odnose na broj saobraćajnih nezgoda i posledice.

DEA metoda je jednostavna metoda koja se može primeniti u različitim uslovima, a omogućava donosiocima odluka da na lak način izvrše ocenu i poređenje jedinica odlučivanja i definišu mere i aktivnosti za unapređenje stanja bezbednosti saobraćaja.

#### LITERATURA

- Antić, B., Grdinić, M., Pešić, D. & Pajković, V. (2020). Benchmarking of the road safety performance among the regions by using DEA. *Elsevier: Transportation Research Procedia, Volume 45*, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.065>.
- Ganji, S.R.S., Rassafi, A. & Xu, D. (2019). A double frontier DEA cross efficiency method aggregated by evidential reasoning approach for measuring road safety performance. *Elsevier: Measurement, Volume 136*, 668-688. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.12.098>.
- Ganji, S. S. & Rassafi A. A. (2019). DEA Malmquist productivity index based on a double-frontier slacks-based model: Iranian road safety assessment. *European Transport Research Review, Volume 11(1)*, 1-32. <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0339-z>.
- Gladović, P. et al. (2012). Quantification of airlines business efficiency using data envelopment analysis (DEA). *African Journal of Business Management, Volume 6 (25)*, 7423-7430. DOI:10.5897/AJBM11.1713.
- Jeremić, V. (2012). Statistički model efikasnosti zasnovan na Ivanovićevom odstojanju, doktorska disertacija. Beograd, Srbija: Fakultet organizacionih nauka. 14-22.
- Nikolaou P., Folla K., Dimitriou L. & Yannis G. (2021). European Countries' Road Safety Evaluation by Taking Into Account Multiple Classes of Fatalities. *Elsevier: Transportation Research Procedia, Volume 52*, 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.033>.
- Rahimi, H. et al. (2017). The relative efficiency of Iranian's rural traffic police: a three-stage DEA model. *BMC Public Health*, 1-9. DOI 10.1186/s12889-017-4780-z.
- Rosić, M. et al. (2017). Method for selection of optimal road safety composite index with examples from DEA and TOPSIS method. *Elsevier: Accident Analysis & Prevention, Volume 98*, 277-286. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.10.007>.

- Rosić, M., Kukić D. & Božović M. (2015). Primena analize obavijanja podataka (DEA) za ocenu rizika u bezbednosti saobraćaja. IV Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“. Banja Luka. 231-241.
- Sueyoshi T., Shang J. & Chiang W. (2009). A decision support framework for internal audit prioritization in a rental car company: A combined use between DEA and AHP. *Elsevier: European Journal of Operational Research, Volume 199(1)*, 219–231. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2008.11.010>.