Železni ke stanice kao jedinice odlu ivanja o efikasnosti – ulazni i izlazni DEA model

DUBRAVKA R. VUKOVI , "Srbija kargo" AD, Beograd

Prethodno saopštenje

UDC: 656.21:519.711

DOI: 10.5937/tehnika1603441V

Iz literature je poznato da je efikasnost relativna jer važi samo za analizirane podatke, a da je identična samo kod primene dva suprotna modela. U radu smo osvestili dva suštinski različita na čijima se za različite podatke dobija ista efikasnost: ulazni i izlazni model dobijeni metodom DEA (Data Envelopment Analysis). Informacija o efikasnosti je tako potrebna, ali ne i dovoljna, jer se otvara novi problem izbora najpovoljnijih vrednosti podataka ili dilema ulazni vs. izlazni DEA model. Rešenje ove jednostavne teorije u praksi je složeno, te je potrebno sagledati realizaciju (težinu i mogućnost) ciljnih ulaza (ulazni model) i ciljnih izlaza (izlazni model).

Na veoma jednostavnom primeru železnih stanica Sekcije za prevoz putnika Beograd pokazano je da od neefikasnog do efikasnog modela vodi: (I) smanjenje broja blagajnika i broja vozova, kod ulaznog modela i (II) povećanje broja putnika i smanjenje broja vozova, kod izlaznog modela. Tako su mere za poboljšanje efikasnosti u domenu stanica i operatora, s jedne strane i tržišta, s druge strane. Otuda je za železni ke stanice preporuka, ne samo da su one same fleksibilne, u smislu ulaznog modela, već i da prate okruženje, te ispunjavaju uslove tržišta kroz efektivniju uslugu, što je smisao izlaznog modela.

Ključne reči: efikasnost, DEA, ulazni/izlazni model, železni ke stanice

1. UVOD

Današnja preduzeća svoje usluge realizuju na tržištu koje je slobodno i otvoreno, te uspeh preduzeća nije samo opstanak, već je viši – olakšavanje obezbeđenja opstanka. [1] U tom smislu, kao pokazatelj uspešnosti poslovanja, postavljamo efikasnost koja se izražava opšte poznatim odnosom izlaza (rezultata) i ulaza (ulaganja), u jednostavnijem slučaju, ili kao odnos težinske sume izlaza i težinske sume ulaza, u složenijem slučaju. [2]

Preduzeća u oblasti saobraćaja ostvaruju svoje ciljeve ne samo kroz transport putnika i robe, već kroz celokupan proces prevoza koji uključuje i aktivnosti koje prethode i slede procesa transporta. Ove aktivnosti odvijaju se u infrastrukturnim objektima koji se uopšteno zovu stanice. Specifično za železni ke stanice je njihov veliki udeo u infrastrukturnim kapacitetima. Otuda je važno da posluju uspešno, što u ovom radu znači i efikasno, te ih tretiramo kao jedinice odlu ivanja o efikasnosti. Merenje efikasnosti je važan

zadatak menadžmenta da se bolje razume prošli rad jedinice i planira njen budući razvoj. [3]

Informacija o efikasnosti je relativna, u odnosu na analizirane podatke. Znači, drugačiji podaci daju drugačiju efikasnost što, međutim, važi samo kod primene jednog istog modela. S jedne strane, podaci dobijeni iz prakse (empirijski podaci) su zaista promenljivi (poznate su dnevna, mesečna, godišnja neravnomernost) i na njih se može uticati (slučajno ili planski). S druge strane, iz matematike je poznato da dva suprotna modela daju isti rezultat, i to: manji ulaz i isti izlaz (ulazni model) ili isti ulaz i veći izlaz (izlazni model).

injenica da različiti modeli (po vrednostima ulaznih i izlaznih promenljivih) rezultiraju istim ciljem (sve jedinice efikasne) upravo nas i dovodi u dilemu – ulazni vs. izlazni DEA model?

Sadržaj rada čini pet poglavlja. Nakon ovog prvog, uvodnog, poglavlja, sledi drugo poglavlje, gde su dati primeri radova sa primenom DEA metode za rešavanje problema u oblasti transporta.

U trećem poglavlju objašnjena je DEA metoda primenom ulaznog i izlaznog CCR modela. U četvrtom poglavlju urađena je Studija slučaja u kojoj je na primeru Sekcije za prevoz putnika Beograd primenjena DEA metoda za merenje efikasnosti železnih stanica

Adresa autora: Dubravka Vuković, "Srbija kargo" ad, Beograd, Nemanjina 6

Rad primljen: 22.12.2014.

Rad prihvaćen: 18.04.2016.

stanica. U tom primeru, DEA model sa injavaju: osam jedinica odlu ivanja (stanice), dve ulazne promenljive (broj putni kih blagajnika i broj otpremljenih vozova) i jedna izlazna promenljiva (broj otpremljenih putnika). U petom poglavlju dat je zaklju ak o prime-njenoj metodi i modelima za merenje efikasnosti.

2. PRIMERI PRIMENE DEA METODE ZA REŠAVANJE PROBLEMA U OBLASTI TRANSPORTA

Primena DEA metode je u raznim oblastima prirodnih i društvenih nauka, za rešavanje problema izra unavanja i postizanja efikasnosti, što je ekonomski problem, jer je efikasnost ekonomski pojam.

U duhu ovog rada, gde su predmet istraživanja železni ke stanice, gde je problem istraživanja postizanje efikasnosti, a podproblem izbor ulaznog ili izlaznog DEA modela, referentna literatura su dva tipa radova iz oblasti transporta: sa ulazno - i izlazno - orijentisanim DEA modelom.

Primeri primene ulazno-orijentisanog DEA modela su: Lan-bing Li i ostali su u [4] ocenili proizvodnu efikasnost 14 kineskih železni kih uprava u periodu 1999-2008 koriš enjem 5 ulaza i 1 izlaza. Lan LW i ostali su u [5] ocenili tehni ku efikasnost odabranih 76 železnica u svetu u periodu 1999-2001 koriš enjem 4 ulaza i 1 izlaza

Primeri primene izlazno-orijentisanog DEA modela su: Noroozadeh i ostali su u [6] ocenili efikasnost 25 evropskih železnica primenom izlazno-orijentisanog DEA modela, gde se minimiziraju nepoželjni izlazi (broj saobra ajnih nezgoda i broj žrtava). Fernandes i ostali su u [7] ocenili efikasnost 35 brazilskih doma ih aerodroma koriš enjem šest ulaza i jednog izlaza, gde se maksimizira poželjni izlaz (broj putnika).

Mokhtar i ostali su u [8] ocenili efikasnost 6 ko-nejnerskih terminala na Malezijskom poluostrvu koriš enjem 7 ulaza i 1 izlaza primenom izlazno-orijentisanih DEA modela. Barnum i ostali su u [9] ocenili efikasnost 16 Park and Ride parkirališta koriš enjem 2 ulaza i 2 izlaza.

U oblasti transporta, jedinice odlu ivanja koje se porede mogu biti [10]: autobuske linije, železni ke linije, Park and Ride parkirališta, železni ke stanice, garaže i paratranzitne operacije.

3. DEA METODA – ULAZNI I IZLAZNI CCR MODEL

Prethodnica DEA metode je ideja Farrell-a iz 1957. [11] koju su Charnes, Cooper i Rhodes 1978. [2] nadogradili metodom linearnog programiranja (LP) i tako osmislili novu metodu za izra unavanje efika-snosti pod nazivom Analiza obavljanja podataka, eng.

Data Envelopment Analysis (DEA). U osnovi prih-vatanja i usavršavanja ove metode od strane brojnih autora jesu njena široka primenljivost, u raznim obla-stima istraživanja, jednostavnost i razumljivost, pogo-dnost u slu aju raznorodnih ulaza/izlaza i, na kraju, brza realizacija korisni kim softverima.

Matemati ki, DEA metoda se može opisati mode-lima koje sa injavaju funkcija cilja i dva tipa ogra-njenja. To su slede i modeli, tabela 1:

- Model 1: Opšti matemati ki DEA model je u neli-nearnom obliku i predstavlja formulu za izra u-navanje efikasnosti koja, u slu aju m raznorodnih ulaza i s raznorodnih izlaza, glasi [10]:

$$Efikasnost = \frac{Težinalizlaza\ 1 \times Izlaz\ 1 + \dots + Težinalizlaza\ s \times Izlaz\ s}{TežinaUlaza\ 1 \times Ulaz\ 1 + \dots + TežinaUlaza\ m \times Ulaz\ m} \quad (1)$$

- Model 2: Ulazno-orijentisani primalni CCR model [2], dobija se konvertovanjem nelinearnog u li-nearni zadatak, koji se zatim lako rešava metodom linearnog programiranja (LP). Time se dobija op-timalno rešenje, gde je kriterijum optimizacije mi-nimizacija vrednosti funkcije cilja (linearna fun-kcija promenljivih, u ovom modelu je neefika-snost), pri datim ograni enjima (sistem linearnih nejedna ina). [12] Ovime se minimiziraju ulazi, pri istim izlazima.
- Model 3: Izlazno-orijentisani primalni CCR model [2], gde je kriterijum optimizacije maksimizacija vrednosti funkcije cilja, što je u ovom modelu efikasnost. Ovime se maksimiziraju izlazi, pri is-tim ulazima.

Iako Modeli 2 i 3 imaju razli ite kriterijume opti-mizacije, problem je jedinstven, jer po Teoremi [12] važi:

$$F X^0 = \max_{x \in D} F X \Leftrightarrow F X^0 = \min_{x \in D} [-F(X)],$$

gde je D oblast dopustivi rešenja (2)

Veli ine u pomenutoj tabeli imaju slede e zna-enje: h_k – relativna efikasnost k -te DMU, q – relativna neefikasnost, n – broj DMU koje se porede, m – broj ulaza, s – broj izlaza, μ_r – težinski koeficijent za izlaz r , μ_i – težinski koeficijent za ulaz i . Ograni enja I kod Modela 2 i 3 se dobijaju konvertovanjem nelinearnog u linearni model, kada se stavlja da je imenilac jednak jedinici i kada se sve promenljive stavljaju na jednu stranu nejedna ine. Ograni enja II su uslovi koji se postavljaju kako bi se izbeglo da neka jedinica odlu ivanja bude isklju ena iz analize.

Tekstualno, matemati ki postavljen zadatak može se opisati na slede i na in: Odrediti vrednosti težina (nezavisno promenljivih) ulaza i izlaza tako da

odnosna jedinica odlu ivanja (DMU) ima najve u relativnu efikasnost (zavisno promenljiva) kod izlazne orijentacije ili neefikasnost kod ulazne orijentacije, a da je težinski zbir ulaza odnosne DMU jednak jedinici

i ostalih DMU ve i ili jednak nuli. Problem komplikuje nepoznavanje analiti kog oblika funkcije pomo u koje se dobija vrednost zavisno promenljive za date vrednosti nezavisno promenljivih.

Tabela 1. Osnovni DEA modeli – opšti oblik

Osnovni CCR DEA modeli	Model 1 Formula za efikasnost NLP	Model 2 Ulazni model CCR LP Primal	Model 3 Izlazni model CCR LP Primal
<i>Funkcija cilja</i>	$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s \tilde{y}_{rk}}{\sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ik}}$ $k=1, \dots, n$	$(\min)_{\epsilon} q = \sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ij}$	$\max h_k = \sum_{r=1}^s \tilde{y}_{rk}$
<i>Ograni enja I</i>	$\frac{\sum_{r=1}^s \tilde{y}_{rj}}{\sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ij}} = 1$ $j=1, \dots, n$	$\sum_{r=1}^s \tilde{y}_{rj} = 1$ $\epsilon_i x_{ij} - \tilde{y}_{rj} \geq 0$ $j = 1, \dots, n$	$\sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^s \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ij} = 0$ $j = 1, \dots, n$
<i>Ograni enja II</i>	$\mu_r = 0, r = 1, \dots, s$ $\epsilon_i = 0, i = 1, \dots, m$	$\tilde{y}_r \geq v, r = 1, \dots, s$ $\epsilon_i \geq v, i = 1, \dots, m$	$\mu_r = 0, r = 1, \dots, s$ $\epsilon_i = 0, i = 1, \dots, m$

Da bi pore enje imalo smisla potrebno je da su ispunjeni slede i uslovi:

- Predmet CCR DEA ocenjivanja je više jedinica opsluživanja (objekti ili scenarija) za koje postoje podaci o njihovim ulazima i izlazima, što je pristup tzv. "crne kutije". [3]
- Jedinice opsluživanja, kada su precizno definisane, uvek su istoimene (železni ke stanice, autobuske stanice, morske luke, re ne luke, državni univerziteti, srednje škole ili pak scenarija rada jedne iste luke).
- Sli ni uslovi poslovanja jedinica odlu ivanja, a polazni podaci za razli ite jedinice bitno razli iti (sli ni uslovi poslovanja, a razli ita iskustva). U slu aju malih razlika nema smisla izdvajati pojedine jedinice kao referentne. Prema primerima iz literature, sli ni uslovi se mogu shvatiti tako da su sve jedinice u okviru jedne organizacije (npr. 27 zemalja Evropske unije [13]), jednog preduze a, jednog geografskog podru ja (grada, države, kontinenta (npr. 19 evropskih sistema visokog obrazovanja [14]).
- Broj jedinica odlu ivanja je bar dvaput ve i od zbira raznorodnih ulaza i izlaza [15], što potvr uju brojni primeri iz literature u kojima je izvršeno merenje efikasnosti: 6 skladišta koriš enjem 2 (ulazne) + 1 (izlazne) promenljive [16], 8 scenarija

rada luke Dunav u Pan evu koriš enjem 3+1 promenljive [17], 16 australijskih i ostalih me u narodnih luka koriš enjem 6+2 promenljive [18].

- Fleksibilne DMU u pogledu odluka koje se na kraju donose (smanjenje/pove anje odre enog ulaza i/ili izlaza), ali nije neophodno da budu potpuno slobodne u odnosu na te odluke. [19].

Pretpostavka primene izloženih CCR modela je konstantni prinos na obim proizvodnje, što je prema [20] "izraz kojim se ozna ava proizvodna funkcija u kojoj simultani istoprocentni rast faktora proizvodnje izaziva rast autputa u istoj proporciji". Ciljni ulazi/izlazi sa kojima neefikasne jedinice postaju efikasne dobijaju se naknadnom Analizom osetljivosti.

Izloženi ulazni i izlazni CCR DEA primalni modeli su dva suprotna na ina kojima se dobija ista vrednost efikasnosti. Sli no, postoje primalni i dualni CCR DEA model ili primalni i dualni LP model. U pojedinim zadacima prakti nije (lakše) je rešavati primalni LP model, dok u nekim drugim dualni LP model. Analogno ovome je i opredeljenje u praksi za reorganizaciju po sistemu ulaznog ili izlaznog DEA modela. Kako je svaki primer iz prakse specifi an, a primena u praksi je i krajnji cilj svakog teorijskog rada, ne može se dati univerzalna preporuka za jedan od dva ponu ena modela. Otuda sledi konkretan primer iz novije prakse srpskih železnica.

4. STUDIJA SLU AJA: SEKCIJA ZA PREVOZ PUTNIKA BEOGRAD¹

U ovom primeru jedinice odlu ivanja o efikasnosti su železni ke stanice u okviru Sekcije za prevoz putnika Beograd, preduze a Železnice Srbije AD. (Stajališta su isklju ena iz analize, jer u njima nema putnih blagajnika). Za istraživanje se primenjuju Analiza obavijanja podataka, Analiza osetljivosti i Komparativna analiza.

Postoje i model Sekcije za prevoz putnika Beograd ima osam jedinica odlu ivanja (železni ke stanice), dve ulazne promenljive (broj putnih blagajnika² i broj otpremljenih vozova³) i jednu izlaznu promenljivu (broj otpremljenih putnika⁴), Tabela 2. (U obzir nisu uzeti putnici BG voza (linija Novi Beograd – Pan eva ki Most) i stanica Vukov Spomenik koja otprema samo vozove BG voza, jer od 01.02.2012. važe Bus Plus karte.)

Na osnovu tabele 2, broj jedinica odlu ivanja je više od dva puta ve i od zbira ulaza i izlaza. Dalje, sve stanice u okviru Sekcije za prevoz putnika Beograd imaju sli ne uslove poslovanja jer pripadaju istoj Sekciji (i istom preduze u), kao i gradovima Beograd i Pan evo. Nadalje, koli ina i kvalitet ulazno-izlaznog rada meri se istim ulaznim i izlaznim promenljivim. Ovime su uslovi za primenu DEA metode, definisani u tre em poglavlju, ispunjeni, te sledi višeetapni proces izra unavanja i postizanja efikasnosti.

Tabela 2. Postoje e stanje Sekcije za prevoz putnika Beograd

Sekcija za prevoz putnika Beograd	POSTOJE E STANJE						
	Ulazni podaci za DEA model			Eff za iste podatke, suprotne modele			Efikasna/Neefikasna
	Ulaz 1 (blagajnika)	Ulaz 2 (vozova)	Izlaz (putnika)	Uazni model	Izlazni model		
Jedinice odlu ivanja (železni ke stanice)				ES rešenje $E_{ff}=h^*$	ES rešenje q^*	$E_{ff}=1/q^*$	
DMU1 (Beograd)	44	50	2.566	1	1	1	Efikasna
DMU2 (Mladenovac)	4	17	82	0,202142	4,947029	0,202142	Neefikasna
DMU3 Rakovica	3	71	112	0,206177	4,848624	0,206177	Neefikasna
DMU4 (Zemun)	2	51	60	0,165694	6,033643	0,165694	Neefikasna
DMU5 (Batajnica)	3	51	197	0,362723	2,756555	0,362723	Neefikasna
DMU6 (Novi Beograd)	4	70	132	0,182266	5,485148	0,182266	Neefikasna
DMU7 (Pan eva ki Most)	3	30	543	1	1	1	Efikasna
DMU8 (Resnik)	2	31	34	0,093912	10,64717	0,093912	Neefikasna

¹Sekcija za prevoz putnika Beograd je sada ve bivša Sekcija preduze a "Železnice Srbije", koje je reorganizovano avgusta 2015.

²Izvor: [21]

³Izvor: [22]

⁴Izvor: [23]

I etapa – Analiza obavijanja podataka (DEA) je ura ena tako što su podaci iz tabele 2 analizirani prvo ulaznim CCR modelom, a zatim i izlaznim CCR modelom, koji su izvedeni iz formule za efikasnost, Tabela 3. Rešenja ovih modela su vrednosti efikasnosti dobijena ra unarskim putem koriš enjem alatke Excel Solver (ES), tabela 2.

Kod izlaznog modela, postavlja se zadatak nalaženja maksimuma funkcije cilja (efikasnost). Ograničenja I dobijaju se: (1) kada se imenilac iz formule za efikasnost izjedna i sa jedinicom, (2) kada se sve promenljive stave na jednu stranu nejedn ine. Ograničenja II za težine promenljivih se postavljaju kako bi se izbeglo da neke jedinice budu isklju ene iz analize. Ako ovaj zadatak razložimo na osam zadataka linearnog programiranja, za svaku od osam jedinica odlu ivanja, tada u svakom zadatku tražimo vrednosti promenljivih h_i , q_i i μ_i tako da funkcija cilja – vrednost broja putnika za svaku stanicu – dostiže maksimum⁵ pod definisanim ograni enjima. Matemati ki modeli LP2–LP8 dobijaju se na osnovu LP1 menjanjem funkcije cilja i prvog ograni enja I (u tabeli markirani).

II etapa - Analiza osetljivosti sastoji se u odre ivanju referentnih jedinica za neefikasne jedinice, po principu najbolje prakse. Rezultati ove analize su projektovane (ciljne) vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih sa kojima sve jedinice posluju efikasno, tabela 4.

⁵Izlazna promenljiva – broj putnika – je poželjni izlaz koji se maksimizira. Postoje još i nepoželjni izlazi kao [6]: zaga iva i, industrijsko trošenje voda, saobra ajne nezgode i drugo.

Tabela 3. DEA modeli Sekcije za prevoz putnika Beograd

Osnovni DEA modeli	Model 1 Formula za efikasnost	Model 2 Ulazni model LP1	Model 3 Izlazni model LP1
Funkcija cilja	$\max h_1 = \frac{\sum_{r=1}^s \tilde{r}_r y_{r1}}{\sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{i1}}$	$\min q_1 = {}_1x_{1j} + {}_2x_{2j}$	$\max h_1 = \mu_1 y_{11}$
Ograni enja I	$\frac{\sum_{r=1}^s \tilde{r}_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \epsilon_i x_{ij}} \quad 1, j=1, \dots, 8$	$\mu_1 y_{11} = 1$ ${}_1x_{11} + {}_2x_{21} - \mu_1 y_{11} = 0$	${}_1x_{11} + {}_2x_{21} = 1$ $\mu_1 y_{1j} - {}_1x_{11} - {}_2x_{21} = 0$
Ograni enja II	$\mu_1 = 0$ ${}_1 = 0$ ${}_2 = 0$	$\mu_1 = 0,00001$ ${}_1 = 0,00001$ ${}_2 = 0,00001$	$\mu_1 = 0,00001,$ ${}_1 = 0,00001,$ ${}_2 = 0,00001$

Tabela 4. Projektovano stanje Sekcije za prevoz putnika Beograd

DMU	PROJEKTOVANO STANJE						Eff za razli ite podatke, suprotne modele	
	Ulazni DEA model			Izlazni DEA model			E _{ff} UL	E _{ff} IZL
DMU	UL1	UL2	IZL	UL1	UL2	IZL		
DMU 1	44	50	2.566	44	50	2.566	1	1
DMU 2	1	4	82	4	17	406	1	1
DMU 3	1	7	112	3	30	543	1	1
DMU 4	1	4	60	2	20	362	1	1
DMU 5	2	11	197	3	30	543	1	1
DMU 6	1	8	132	4	40	724	1	1
DMU 7	3	30	543	3	30	543	1	1
DMU 8	1	2	34	2	20	362	1	1

III etapa – Komparativna analiza sastoji se u pore enju postoje eg modela neefikasnog poslovanja sa projektovanim ulaznim i izlaznim modelom, tabela 5. Izvršena komparativna analiza je:

- Kvalitativna, iji su rezultati: smanjenje broja blagajnika i broja otpremljenih vozova (kod ulaznog modela), kao i pove anje broja otpremljenih putnika i smanjenje broja vozova (kod izlaznog modela);
- Kvantitativna, iji su rezultati veli ine potrebnih promena definisanih kvalitativnom analizom.

Kao što se iz tabele 5 vidi, oba projektovana modela, sa ciljnim ulazima i izlazima, postaju efikasna. Dopune i razlike do ciljnih ulaza i izlaza su veli ine promena potrebnih za efikasno poslovanje stanica, što je grafi ki prikazano na slici 1.

Promene su u domenu stanica (broj blagajnika), u domenu operatora (broj vozova), kao i u ovim i drugim

domenima (broj putnika). Kod ovakve dileme, kada su promene ve kvantifikovane, potrebno je dalje izmeriti težinu i mogućnost izvo enja mera za poboljšanje efikasnosti, te u skladu s tim doneti odluku. Reorganizacija preduze a u smislu smanjenja broja blagajnika i broja vozova je promena koju je lakše sprovesti, a nova organizacija uklju uje napredni sistem prodaje karata i kvalitetno stani no i vozno osoblje.

S druge strane, pove anje broja putnika pretpostavlja poboljšanje transportne usluge tj. efektivniju uslugu i to je mera koju je teže sprovesti. Efektivnost je mera zadovoljstva korisnika sa pruženom uslugom, te je tako u interesu putnika. [24]

Na elno, pove anje broja putnika ostvaruje se privla enjem putnika usled poboljšanja transportne usluge što zna i poboljšanje bezbednosti, niže cene karata, komfornije, brže, redovitije i frekventnije vozove.

Tabela 5. Komparativna analiza postojećeg i projektovanog stanja

Jedinice	Postojeći i neefikasn model			POTREBNE MERE			Projektovani efikasni ulazni DEA model			Efikasnost
DMU	UL1	UL2	IZL	UL1	UL2	IZL	UL1	UL2	IZL	Eff
DMU 1	44	50	2.566	0	0	0	44	50	2.566	1
DMU 2	4	17	82	-3	-13	0	1	4	82	1
DMU 3	3	71	112	-2	-64	0	1	7	112	1
DMU 4	2	51	60	-1	-47	0	1	4	60	1
DMU 5	3	51	197	-1	-40	0	2	11	197	1
DMU 6	4	70	132	-3	-62	0	1	8	132	1
DMU 7	3	30	543	0	0	0	3	30	543	1
DMU 8	2	31	34	-1	-29	0	1	2	34	1
Jedinice	Postojeći i neefikasn model			POTREBNE MERE			izlazni DEA model			Eff
DMU	UL1	UL2	IZL	UL1	UL2	IZL	UL1	UL2	IZL	Eff
DMU 1	44	50	2.566	0	0	0	44	50	2.566	1
DMU 2	4	17	82	0	0	+324	4	17	406	1
DMU 3	3	71	112	0	-41	+431	3	30	543	1
DMU 4	2	51	60	0	-31	+302	2	20	362	1
DMU 5	3	51	197	0	-21	+346	3	30	543	1
DMU 6	4	70	132	0	-30	+592	4	40	724	1
DMU 7	3	30	543	0	0	0	3	30	543	1
DMU 8	2	31	34	0	-11	+328	2	20	362	1

Slika 1 - Potrebne promene: ulazni (levo) vs. izlazni (desno) DEA model

Uslov s po etka rada – da jedinice odlu ivanja budu fleksibilne, u smislu ulaznog modela – može se dopuniti preporukom da prate okruženje, koje je dinami no, i transportno tržište, koje je tako e, promenljivo i podložno uticajima, što je smisao izlaznog modela.

5. ZAKLJU AK

U procesu dolaženja do cilja veoma je bitno, ne samo definisati konkretni cilj, ve i osvetliti, a potom izabrati na in za njegovu realizaciju. Ako je cilj efikasnost onda su na ini – ulazni i izlazni DEA model, sa ekstremno razli itim vrednostima promenljivih. Sa ovim saznanjem, pogodnost jednog ili drugog modela zavisi od konkretnog primera (vrste ulaza i izlaza, bliže odre enje jedinica odlu ivanja). Rad je zna ajan za: (1) teoriju, u smislu da su železni ke stanice još jedan u nizu objekata gde je uspešno primenjena i potvr ena

DEA metoda (2) praksu, jer su predloženi novi modeli efikasnog poslovanja realnih železni kih stanica Sekcije za prevoz putnika Beograd: ulazni (manje blagajnika i vozova) i izlazni (više putnika i nešto manje vozova).

Proširenje primera uklju ilo bi: (I) pored podataka o ulazima i izlazima, i podatke o unutrašnjoj strukturi stanica, kada se primenjuje Mrežna analiza obavljanja podataka⁶, (II) sve stanice za prevoz putnika na mreži pruga Republike Srbije, kada se zbog velikog broja jedinica odlu ivanja primenjuje dualni model, (III) sta-

⁶Mrežna analiza obavljanja podataka (eng. Network data envelopment analysis) služi za merenje relativne efikasnosti sistema. Za svaku DMU analiziraju se, pored ulaza i izlaza, i unutrašnja struktura koju ine procesi. Procesu su obi no mnogobrojni pa formiraju mrežu koja može biti serijska, paralelna ili mešovita [3]

nice za prevoz robe, kada se primenjuje model YMK [25] za merenje efikasnosti dva nezavisna podsistema (podsistem stanica za prevoz putnika i podsistem stanica za prevoz robe).

Ulazni model je lakši za primenu, jer je u domenu fleksibilne železnice (stanica i operatora). Suprotno, izlazni model je moćniji i veće efektivnosti, ali teže ostvarljiv, jer je u domenu železnice (kvalitet usluge), kao i u domenu tržišta (zahtevi za transportom). Zbog toga se može reći da su železničke stanice jedinice o kojima se efikasnosti odlučuje u skladu sa sposobnostima i mogućnostima sa kojima se prilagođavaju transportnom tržištu, promenom samih sebe ili promenom samog tržišta.

LITERATURA

- [1] Vešović V. B., Menadžment u saobraćaju, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2002.
- [2] Charnes A, Cooper W. W, Rhodes E, Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2 pp. 429-444, 1978.
- [3] Kao C, Network data envelopment analysis: A review, *European Journal of Operational Research*, 239 pp. 1-16, 2014.
- [4] Li L. B, Hu J. L, Efficiency and productivity of the Chinese railway system: Application of a multi-stage framework, *African Journal of Business Management* Vol. 5 (22), pp. 8789-8803, dostupno na: <http://www.academicjournals.org/journal/AJBM>, 2011.
- [5] Lan L. W, Lin E. T. J, Technical efficiency and service effectiveness for railways industry: DEA approaches, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, 2003.
- [6] Noroozadeh A, Sadjadi S, A new approach to evaluate railway efficiency considering safety measures, *Growing Science*, dostupno na: http://www.growing-science.com/dsl/Vol2/dsl_dsl_2013_11.pdf, 2013.
- [7] Fernandes E, Pacheco R. Efficient use of airport capacity, *Transportation Research Part A* 36, pp. 225-238, 2002.
- [8] Mokhtar K, Muhammad Z. S, Efficiency of Operations in Container Terminals: A Frontier Method, *European Journal of Business and Management* Vol. 5, No. 2, 2013.
- [9] Barnum D. T, McNeil S, Hart J, Comparing the Efficiency of Urban Transit Park & Ride Lots Using Data Envelopment Analysis, Great Cities Institute, College of Urban Planning and Public Affairs, University of Illinois, Chicago, dostupno na: https://greatcities.uic.edu/wpcontent/uploads/2014/04/GCP-0709_Darold_Barnum1.pdf
- [10] Barnum D. T, McNeil S, Hart J, Comparing the Efficiency of Public Transportation Subunits Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Public Transportation*, Vol. 10, dostupno na: <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1230&context=jpt>, 2007.
- [11] Farrell M. J, The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290, dostupno na: <http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>, 1957.
- [12] Vukadinović S, Čvejić S, Matematičko programiranje, Univerzitet u Prištini, 1995.
- [13] Shen Y, Hermans E, Brijs T, Wets G, Vanhoof K, Road safety risk evaluation and target setting using data envelopment analysis and its extensions, *Accident Analysis and Prevention* 48 pp. 430-441, 2012.
- [14] Tóth R, Using DEA to evaluate efficiency of higher education, dostupno na: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/53548/2/17_Using%20DEA_Apstract.pdf, 2009.
- [15] Golany B, Roll Y, An Application Procedure for DEA, *International Journal of Management Science*, Vol. 17, No. 3, pp. 237-250, 1989.
- [16] Andrejić M, Merjenje efikasnosti skladišta, *IMK 14, Istraživanje i razvoj*, broj(40) 3/2011, dostupno na: <http://www.imk14rad.com/documents/40/IMK14-No.40-06.pdf>
- [17] Pjevević D, Vukadinović K, Primena DEA metode za merenje efikasnosti obrade rasutog tereta u luci "Dunav" Pančevo, Trinaesta konferencija YU INFO, Kopaonik, 2007.
- [18] Tongzon J, Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis, *Transportation Research Part A* 35, pp. 107-122, 2001.
- [19] Beasley J. E, OR-Notes, dostupno na: <http://people.brunel.ac.uk/~mastjb/jeb/or/dea.html>, 1996.
- [20] Režnik pojmova. Dostupno na: <http://danica.popovic.ekof.bg.ac.rs/D02.pdf>
- [21] Sistematizacija radnih mesta 2010, Železnice Srbije, 2010.
- [22] Red vožnje 2013/14, Železnice Srbije, 2013.
- [23] Statistika 2013, Železnice Srbije, 2014.
- [24] Carvalho M, Syguir T, Nithacke S. Efficiency and Effectiveness Analysis of Public Transport of Brazilian Cities, *The Journal of Transport Literature*, 9(3), pp. 40-44, 2015.
- [25] Yang Y, Ma B, Koike M, Efficiency-measuring DEA model for production system with k independent subsystem, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol 43, No. 3, Dostupno na: <http://ci.nii.ac.jp/els/110001183920.pdf>, 2000.

SUMMARY

RAILWAY STATIONS AS EFFICIENCY DECISION-MAKING UNITS – INPUT AND OUTPUT DEA MODEL

It is known from the literature that efficiency is relative, since it applies to analyzed data only, and that it is identical only in application of two opposite models. In this paper we have revived two essentially different ways, by means of which for different data is reached the same efficiency: the input and the output model received using the DEA method (Data Envelopment Analysis). The information about efficiency is so necessary, however, not sufficient, because a new issue of selection of the most favorable data values or dilemma input vs. output DEA model is open. The solution of this simple theory is complex in practice, therefore, it is necessary to consider realization (difficulty and possibility) of targeted inputs (the input model) and targeted outputs (the output model).

A very simple example of railway stations of the Passenger Transport Section Belgrade has shown that from an inefficient model to an efficient one lead: (I) reduction of the number of cashiers and the number of trains, in case of the input model, and (II) increase of the number of passengers and reduction of the number of trains, in case of the output model. In this way, the measures for improvement of efficiency fall within the domain of stations and operators, on one hand, and the market, on the other. Hence the recommendation for railway stations is that not only that they should be flexible themselves, in the context of the input model, but they should also keep up with the environment and fulfill the market conditions through a more effective service, which is the point of the output model.

Key words: *efficiency, DEA, input/output model, railway stations*