

PRIMENA ANALIZE DEA ZA POBOLJŠANJE KVALITETA USLUGE NA MREŽE LINIJA JAVNOG GRADSKOG TRANSPORTA PUTNIKA: STUDIJA SLUČAJA GRADA NIŠA

Dr Pavle Gladović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, e- mail: anaipavle@gmail.com

Sažetak: Sistem javnog gradskog transporta putnika (JGTP) je neophodan element života u gradu koji zadovoljava osnovne potrebe mobilnosti građana. U ovom radu Analiza obavljanja podata (DEA) je korišćena za poboljšanje kvaliteta transporta putnika na mreži linija JGTP-a. Ova matematička programska tehnika uspešno se koristi za kvantifikaciju efikasnosti u uslužnom i u proizvodnom sektoru. Analitički proces se razvija na osnovu realnih ulaznih i izlaznih parametara koji obezbeđuju objektivnu analizu i identifikuju najbolju praksu. Svaka linija u mreži JTP-a se posmatra kao jedna jedinica odlučivanja (DMU) koja ostvaruje nivo efikasnosti posmatran sa stanovišta korisnika. Predloženi model je primenjen na slučaju grada Niša.

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka (DEA), javni putnički transport, efikasnost, optimalna mreža

APPLICATION OF DEA FOR THE PURPOSE OF ENHANCING THE QUALITY OF SERVICE IN PUBLIC TRANSPORTATION NETWORK OF BUS LINES: THE CASE STUDY OF THE CITY OF NIS

Abstract: Public passenger transport (PPT) is an indispensable element of city life meeting the basic need for mobility. In this paper Data envelopment analysis (DEA) is used as a method to improve its functioning. This mathematical programming technique is successfully used to quantify the efficiency of companies in the manufacturing and service sector. The analytic process developed on the basis of this, using real input and output parameters, increases objectivity in the quantification of efficiency and helps to identify best practices. A PPT line in the network is seen as a Decision Making Unit (DMU) which achieves a certain level of efficiency, where quality is viewed from the perspective of users. The proposed model is implemented in the case of City of Niš.

Keywords: Data envelopment analysis, Public passenger transport, Efficiency, Optimal network

1. UVOD

Sistem Javnog gradskog transporta putnika (JGTP) sa svojim performansama (efikasnost, kapacitet, brzina), tehnologijom (vidovni pod sistemi), kvalitetom, troškovima (investicije i eksploatacije) i uticajem na životnu sredinu, predstavlja jedan od najvitalnijih faktora od uticaja na lokaciju, veličinu i strukturu gradova, njihovu ekonomiju, socijalne odnose itd. Cilj JGTP-a je da u datim uslovima okruženja obavi određeni obim i kvalitet transporta putnika na optimalan način odnosno uz maksimalnu efikasnost i efektivnost.

Da bi sistem JGTP-a uspešno funkcionisao, moraju se urediti odnosi, tako da se zadovolje interesi i zahtevi pojedinih društvenih grupa od uticaja na sistem, i to:

- na nivou politike, moraju biti reprezentovani svi segmenti društva,
- na nivou korisnika sistema-putnika u JGTP-u (zbog kojih postoji sistem), to su direktni zahtevi korisnika,
- na nivou izvršilaca koji reprezentuju interese enditeta, koji stvarno definišu i proizvode uslugu prevoza (Organi nadležni za JGTP i prevoznici).

Na nivou korisnika sistema (u radu se razmatra merenje efikasnosti sistema u odnosu na korisnike) postoje sledeći specifični interesi i ciljevi:

- zahtevi putnika su da se realizuje pristupačnost usluge u prostoru i vremenu kroz adekvatnu mrežu linija, teritorijalnu pokrivenost i redove vožnje usaglašene sa potrebama i garancijama ponuđenog kvaliteta usluge,
- drugi zahtevi korisnika, vezani su za lakoću korišćenja u smislu funkcionalne, tarifne i logičke (informacione) integracije usluge, komfora na stanicama u vozilima, lakoće plaćanja usluge.

Istraživanje kvaliteta usluge u sistemima JGTP-a je uslov za efikasno i efektivno upravljanje ovim sistemima. Cilj autora je bio da se primenom DEA modela izmere pojedini parametri kvaliteta sa aspekta korisnika-putnika na realnim podacima mreže gradskih linija JGTP u gradu Nišu, kako bi se stvorili uslovi za unapređenje kvaliteta usluge. U radu su predložene preporuke za poboljšanje kvaliteta, pri tome interesantno pitanje je izračunavanje troškova eksploatacije vozila za predložena poboljšanja. Moguća metodologija za obračun takvih troškova je prikazana u radu Gladović i saradnici [1].

2. DEA PRISTUP I METODOLOGIJA

Ideju merenja efikasnosti razvio je M. J. Farrell [2] sredinom dvadesetog veka kada je koristio pristup ne-parametarske granice efikasnosti za merenje efikasnosti kao relativne udaljenosti od granice efikasnosti. Ovo merilo, koje je u literaturi poznato kao empirijska ili relativna efikasnost kasnije je prošireno u radovima istraživača, posebno Charnes, Cooper i Rhodes [3]. DEA omogućava da se meri efikasnost primenom stvarnih ulaznih i izlaznih parametara, pri čemu se pojam efikasnosti odnosi na empiričku ili relativnu efikasnost [4]. Ona ne zahteva poznavanje specifične funkcionalne forme među ulaznim i izlaznim parametrima, za razliku od drugih tradicionalnih statističkih pristupa. Prednost DEA je u mogućnosti razmatranja više ulaznih i izlaznih parametara koji su raznorodni (finansijski, tehnički, socijalni itd.) i izražavaju se u različitim mernim jedinicama [5]. Poslovne jedinice, njihove aktivnosti ili procesi u DEA terminologiji se posmatraju kao jedinice odlučivanja DMU (Decision Making Units). DMU je ustvari jedinica koja donosi poslovne odluke, a čiju efikasnost karakteriše skup ulaza i izlaza, odnosno njihova međuzavisnost. Jedinice odlučivanja se porede prema težinama koje im se ocenjuju na osnovu istih parametara, i ukoliko je skup jedinica veći, ovaj analitički proces poređenja je objektivniji [3, 6]. Neka se analizira skup od n posmatranja DMU-a. Svako posmatranje, DMU_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) koristi m ulaza x_{ij} ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) za dobijanje s izlaza y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$). Granica efikasnosti poslovanja, ili kako se još naziva linija najbolje prakse, određuje se pomoću ovih n posmatranja, doslednom primenom metodologije koja zahteva realizaciju nekoliko faza. Prva faza u DEA je izbor DMU čija se

efikasnost meri, odnosno izbor jedinica odlučivanja. Potrebno je da se jedinice čije se efikasnosti analiziraju odnose na istu organizacionu jedinicu (interni benčmarking efikasnosti), istu oblast ili sektor (konkurentski benčmarking efikasnosti), odnosno treba voditi računa da se ne modeliraju odnosi međusobno neuporedivih jedinica odlučivanja. U specijalnom slučaju jedinice odlučivanja mogu pripadati i različitoj oblasti ili sektoru [7, 8]. Tada se meri i upoređuje efikasnost zajedničkih poslovnih procesa i aktivnosti za različite oblasti ili sektore unutar određenih funkcionalnih grupa organizacije kao što su administracija, marketing, proizvodnja, informaciona povezanost i sl. (funkcionalni benčmarking efikasnosti). Druga faza u DEA je definisanje ulazih i izlaznih parametara efikasnosti izabranih jedinica odlučivanja. Parametri se definišu na iskustvima teorije i prakse iz date oblasti, a zavise od specifičnosti poslovanja [9]. Treba definisati što reprezentativnije parametre, odnosno parametre koji najbolje prezentuju aktivnosti i procese na koje se odnose. Dobri ulazni i izlazni parametri mogu verodostojno da predstavljaju sve resurse (materijalne, kadrovske, finansijske i informacione) koje jedinica odlučivanja koristi, kao i sve rezultate poslovanja koje jedinica ostvaruje [10]. Ukoliko se parametri dobro ne osmisle, dobijeni rezultati mogu navesti na površno tumačenje kao i na delimično tačne i pogrešne zaključke u vezi sa efikasnošću posmatrane jedinice odlučivanja. Takođe, važno je da vrednosti definisanih parametara budu dobijeni iz pouzdanih i referentnih izvora, i ujednačeni za sve jedinice koje se porede. Za proračun efikasnosti u trećoj fazi bira se odgovarajući DEA model, zavisno od ciljeva istraživanja i namene dobijenih rezultata [11]. Četvrta faza predstavlja materijalizaciju prethodne tri, u kojoj je najvažnije da se dobijeni rezultati tumače na pravilan način. Rezultat DEA je: merenje efikasnosti poslovanja posmatranih jedinica odlučivanja, određivanje standarda za jedinice odlučivanja koje su neefikasne, kvantifikovani parametri za dostizanje granice efikasnosti, druge kvantifikacije u vezi sa upoređivanjem efikasnosti jedinica odlučivanja.

Ovo je faza u kojoj se identifikuju mogućnosti potencijalnih unapređenja poslovanja, kao i implementacija definisanih i odabranih unapređenja. Osnovni cilj faze je da učvrsti i ukoreni imperativ promene. Naime, potrebno je detaljno se upoznati sa posledicama i implikacijama primene mogućnosti unapređenja poslovanja i integracije dobijenih otkrića i saznanja u organizaciju. Faza omogućava donošenje strateških i upravljačkih odluka kao i postavljanja prioriteta prilikom rešavanja problema [9, 12]. Dobijeni rezultati i detaljna analiza rezultata daju brojne mogućnosti donosiocima odluka da unaprede poslovanje bar do granice efikasnosti.

3. PRIMENA DEA MODELA NA MREŽI LINIJA JGTP U GRADU NIŠU

Sistem JGTP-a u gradu Nišu prošao je u proteklom periodu kroz više faza, krećući se od potpuno neregulisanog sistema (sa samo jednim prevoznikom), do potpuno regulisanog sistema (od 2008. godine, nakon sprovedenog javnog tendera, uključeno je po Ugovoru (između Grada i prevoznika), ukupno pet prevoznika na mrežu gradskih i prigradskih linija). Praćenje funkcionisanja celokupnog sistema, planiranje mreže gradskih i prigradskih linija, definisanje i overa reda vožnje i dvostepena kontrola poverena je Direkciji za javni prevoz. Mreža gradskih linija na teritoriji grada Niša sastoji se od ukupno 15 linija. U strukturi mreže linija ima 6 radijalnih, 7 dijametralnih i 1 kružna linija. Najduža linija je kružna Linija 34 čija je dužina 21 kilometar. Najkraće linije su Linija 7 i linija 11 sa dužinom od 3 kilometara.

Na osnovu sprovedenih istraživanja zahtevanog kvaliteta usluge od strane korisnika, putem ankete putnika 2006. godine (anketirano je ukupno 16624 putnika), na mreži linija JGTP-a u Nišu [17], utvrđen je značajan procenat (32,17%), parametara kvaliteta koji se odnosi na:

- kraće vreme putovanja (2,18%),
- veći broj polazaka (14,46%),
- povećanje broja vozila na radu, tj. da su manje gužve u vozilu (12,55%) i
- kraće vreme pešačenja do stanica, tj. veći broj stanica na linijama (2,98%).

Zbog navedenog, za procenu zahtevanog kvaliteta usluge, od strane korisnika na mreži linija, izabrana su dva ulazna parametra:

- Vreme putovanja i
- Vreme obrta

Pored toga izabrana su i tri izlazna parametra:

- Broj polazaka;
- Prosečan broj vozila i
- Broj stajališta.

Svi ulazni i izlazni parametri predstavljeni su u Tabeli 1. Svih pet parametara su u osnovi kvantifikovane promenljive čije su realne vrednosti uzete za 2010. godinu.

Mreža JTP grada Niša	Vreme putovanja (min)	Vreme obrta (min)	Broj polazaka (vozila/dan)	Prosečan broj vozila	Broj stajališta
Linija 1	62	78	193	13	26
Linija 2	53	69	138	9	18
Linija 3	47	51	57	3	15
Linija 5	38	62	72	4	12
Linija 6	45	58	115	6	14
Linija 7	21	30	16	1	9
Linija 8	36	51	30	2	9
Linija 9	34	47	35	3	11
Linija 9A	36	46	30	3	11
Linija 10	35	52	33	2	14
Linija 11	28	30	20	1	7
Linija 12	38	63	11	1	12
Linija 13	37	54	84	4	11
Linija 34	72	90	63	6	45
Linija 38	79	99	16	4	28

Tabela 1. Parametri kvaliteta mreže JGTP za grad Niš (2010. godina)

Postojeća mreža linija ima sledeće karakteristike kvaliteta transportne usluge:

- Prosečno vreme putovanja je 44 minuta;
- Prosečno vreme obrta je 59 minuta;
- Broj polazaka je 913 vozila na dan;

- Ukupan broj angažovanih vozila je 62 vozila i
- Ukupan broj stajališta je 242.

3.1 Procena postojećeg stanja mreže JGTP-a u Nišu

Merenje zahtevanog kvaliteta izvršeno je na osnovu ulaznih i izlaznih parametara korišćenjem ulazno orijentisanog CRS (Constant Returns to Scale) modela (Model 1).

$$q^* = \min q$$

sa ograničenjima:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n l_j x_{ij} &\leq q x_{i0}, \\ i &= 1, 2, 3, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n l_j y_{rj} &\geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s; \\ l_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

DMU₀ predstavlja jedan od DMU-ova koji se procenjuju, a x_{i0} i y_{r0} jesu i -ti ulaz i r -ti izlaz za DMU₀, respektivno, **pri čemu je DMU₀ efikasno ako i samo ako je ocena fikasnosti $q^* = 1$ i standardi $l_j = 0$ za svako j osim za DMU₀ za koji je $l_j = 1$ [13, 14].**

Ocene zahtevanog kvaliteta na mreži linija dati su u Tabeli 2.

Ulazno orijentisani CRS						
DMU Br.	DMU Ime	Efikasnost	Benčmark			
1.	Linija 1	1	1.000	Linija 1		
2.	Linija 2	0.836	0.715	Linija 1		
3.	Linija 3	0.705	0.230	Linija 1	0.201	Linija 34
4.	Linija 5	0.694	0.352	Linija 1	0.063	Linija 34
5.	Linija 6	0.821	0.596	Linija 1		
6.	Linija 7	0.707	0.022	Linija 1	0.187	Linija 34
7.	Linija 8	0.463	0.111	Linija 1	0.136	Linija 34
8.	Linija 9	0.614	0.161	Linija 1	0.152	Linija 34
9.	Linija 9A	0.580	0.161	Linija 1	0.152	Linija 34
10.	Linija 10	0.690	0.086	Linija 1	0.262	Linija 34
11.	Linija 11	0.523	0.065	Linija 1	0.118	Linija 34
12.	Linija 12	0.505	0.267	Linija 34		
13.	Linija 13	0.729	0.435	Linija 1		
14.	Linija 34	1	1.000	Linija 34		
15.	Linija 38	0.574	0.028	Linija 1	0.606	Linija 34

Tabela 2. Rezultati Modela 1: ocene zahtevanog kvaliteta na mreži linija JGTP-a u Nišu

Rezultat Modela 1 pokazuje da dve linije: Linija 1 i Linija 34 imaju efikasan postojeći kvalitet (ujednačen kvalitet), odnosno ispunjavaju i potreban i dovoljan uslov efikasnosti jer imaju ocenu efikasnosti i sopstveni benčmark jednak jedinici, dok su svi ostali benčmarkovi $\lambda_j = 0$ za svako $j = 1, 2, 3, \dots, 15$. Model 1 je pored ocene kvaliteta za svaku liniju posebno identifikovao i najprihvatljivije benčmarkove za neefikasne linije. Najprihvatljiviji

benčmarkovi su u suštini dobar primer kakav nivo kvaliteta treba da imaju neefikasne linije kako bi kvalitet na celoj mreži linija bio ujednačen.

Preostalih 13 linija: 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 9A, 10, 11, 12, 13 i 38 imaju neefikasan postojeći kvalitet. To znači da ove linije imaju manji kvalitet od Linije 1 i 34. Za ovih 13 linija su dobijeni i najprihvatljiviji benčmarkovi. Oni ukazuju da je za neefikasne linije: Linija 2, Linija 3 ($\lambda_1 > \lambda_{34}$), Linija 5 ($\lambda_1 > \lambda_{34}$), Linija 6, Linija 9 ($\lambda_1 > \lambda_{34}$), Linija 9A ($\lambda_1 > \lambda_{34}$) i Linija 13 ($\lambda_1 > \lambda_{34}$) najprihvatljiviji benčmark Linija 1. Za sledeće linije: Linija 7 ($\lambda_{34} > \lambda_1$), Linija 8 ($\lambda_{34} > \lambda_1$), Linija 10 ($\lambda_{34} > \lambda_1$), Linija 11 ($\lambda_{34} > \lambda_1$), Linija 12 i Linija 38 ($\lambda_{34} > \lambda_1$) najprihvatljiviji benčmark Linija 34.

Rezultat Modela 1 pokazuje da je mreža JGTP-a u Nišu neujednačenog kvaliteta, i da je potrebno na 13 linija poboljšati kvalitet. Na pitanje šta bi trebalo promeniti na neefikasnim linijama, odnosno kako im poboljšati kvalitet pa da dostignu kvalitet svojih najprihvatljivijih benčmarkova, odgovor daje Slack-based model (Model 2).

$$\max \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

sa ograničenjima:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n l_j x_{ij} + s_i^- &\leq q^* x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n l_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s; \\ l_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned} \quad (2)$$

Slack-based modelom je moguće odrediti margine ulaza s^- (ili, za koliko treba smanjiti, odnosno racionalizovati ulazne parametre) i izlaza s^+ (za koliko se povećavaju izlazni parametri efikasnosti kao posledica izvedene racionalizacije) za sve neefikasne DMU kako bi se oni sveli na svoj najbolji standard [14, 15, 16].

3.2 Dizajniranje zahtevanog (optimalnog) kvaliteta usluge na mreži linija JGTP-a

Zahtevani (optimalni) kvalitet usluge na mreži linija JGTP-a je dobijena na osnovu Modela 2. Margine ulaza i izlaza mreže linija dati su u Tabeli 3.

DMU Br.	DMU Ime	Ulazne margine		Izlazne margine		
		Vreme putovanja (min)	Vreme obrta (min)	Broj polazaka (vozila/dan)	Prosečan broj vozila	Broj stajališta
1.	Linija 1	0	0	0	0	0
2.	Linija 2	0	2	27	2	4
3.	Linija 3	6	0	69	5	2
4.	Linija 5	0	14	46	4	4
5.	Linija 6	0	1	25	3	5
6.	Linija 7	0	4	47	3	0
7.	Linija 8	0	6	82	6	6

8.	Linija 9	0	4	71	4	3
9.	Linija 9A	0	1	82	5	4
10.	Linija 10	0	8	76	5	1
11.	Linija 11	4	0	54	4	3
12.	Linija 12	0	15	107	7	4
13.	Linija 13	0	7	31	4	5
14.	Linija 34	0	0	0	0	0
15.	Linija 38	0	0	229	13	5

Tabela 3. Rezultati Modela 2: Margine ulaza i izlaza mreže linija JGTP-a

Rezultat Modela 2 su granične vrednosti ulaza i izlaza za neefikasne linije na mreži linija. Konkretno, rezultat pokazuje na koji način neefikasne linije ili linije manjeg kvaliteta mogu da dođu na kvalitet svojih najprihvatljivijih standarda. Na primer, kod Linije 3 treba smanjiti vreme putovanja za 6 minuta, a povećati broj polazaka za 69 vozila na dan, povećati prosečan broj vozila za 5 i povećati broj stajališta za 2.

Slično, za Liniju 12 treba smanjiti vreme obrta za 15 minuta, a povećati broj polazaka za 107 vozila na dan, povećati prosečan broj vozila za 7 i povećati broj stajališta za 4. Analogno se zaključuju neophodne promene i kod drugih neefikasnih linija, što znači da se na osnovu rezultata Modela 2 mogu odrediti zahtevani optimalni parametri kvaliteta usluge na mreži linija (prikazano u Tabeli 4).

Mreža JTP grada Niša	Efikasni ulazni parametri		Efikasni izlazni parametri		
	Vreme putovanja (min)	Vreme obrta (min)	Broj polazaka (vozila/dan)	Prosečan broj vozila	Broj stajališta
Linija 1	62	78	193	13	26
Linija 2	53	67	165	11	22
Linija 3	41	51	126	8	17
Linija 5	38	48	118	8	16
Linija 6	45	57	140	9	19
Linija 7	21	26	63	4	9
Linija 8	36	45	112	8	15
Linija 9	34	43	106	7	14
Linija 9A	36	45	112	8	15
Linija 10	35	44	109	7	15
Linija 11	24	30	74	5	10
Linija 12	38	48	118	8	16
Linija 13	37	47	115	8	16
Linija 34	72	90	63	6	45

Linija 38	79	99	245	17	33
-----------	----	----	-----	----	----

Tabela 4. Zahtevani (optimalni) parametri kvaliteta usluge na mreži linija JGTP-a u Nišu

Zahtevani optimalni parametri kvaliteta usluge, definisani u prethodnoj tabeli uspostavljaju ujednačen kvalitet na celoj mreži linija, odnosno pokazuju na koji način je moguće definisati mrežu gde će na svakoj liniji biti ujednačen kvalitet usluge. Predložena mreža ima sledeće parametre kvaliteta usluge:

- Prosečno vreme putovanja je 43 minuta;
- Prosečno vreme obrta je 54 minuta;
- Broj polazaka je 1860 vozila na dan;
- Ukupan broj angažovanih vozila je 127 vozila i
- Ukupan broj stajališta je 288.

U odnosu na postojeću mrežu, predložena mreža ima: Prosečno vreme transporta manje za 1 minut, prosečno vreme obrta manje za 5 minuta, broj polazaka veći za 947 vozila na dan, ukupan broj angažovanih vozila veći za 65 i ukupan broj stajališta veći za 46. U odnosu na postojeću mrežu, pored ukupnog broja stajališta suštinski najvažnije je povećati broj angažovanih vozila za 65 vozila što će uticati na smanjenje prosečnog vremena transporta i prosečnog vremena obrta za 1 minut, odnosno 5 minuta, respektivno na mreži linija. Ovo smanjenje će biti veće kada se posmatraju pojedine linije kao na primer Linija 12 kod koje će se smanjiti vreme obrta za 15 minuta.

4. ZAKLJUČAK

Da bi se obezbedilo funkcionisanje sistema JGTP-a, neophodno je obezbediti kontinuirano praćenje parametara kvaliteta funkcionisanja linija i realizacije reda vožnje, odnosno parametara zahtevanog kvaliteta usluge od strane korisnika, što je u ovom radu i analizirano na primeru najznačajnijih parametara.

U radu je korišćena DEA za procenu zahtevanog kvaliteta usluge na mreži linija JGTP-a u Nišu i na osnovu čega je dat predlog za poboljšanje postojećeg kvaliteta usluge. Linije se u mreži mogu posmatrati kao DMU-ovi koji ostvaruju određenu efikasnost, u ovom slučaju kvalitet posmatrano sa stanovništva korisnika. Skup svih DMU-a, odnosno linija čini mrežu linija javnog gradskog transporta putnika. Ocene efikasnosti kvaliteta usluge na mreži linija sistema JGTP, primenom DEA je prihvatljiva jer istovremeno uzima u obzir više ulaza i više izlaza i objektivno ocenjuje kvalitet usluge na svakoj liniji.

Na osnovu izračunate vrednosti indeksa efikasnosti identifikuju se linije koje imaju manji kvalitet i određuju se najprihvatljiviji benčmarkovi kao dobar primer kakav nivo kvaliteta treba da imaju ove linije kako bi kvalitet na celoj mreži bio ujednačen. DEA takođe daje i efikasne ulazno/izlazne nivoe za svaku neefikasnu jedinicu sa kojima bi ona postala efikasna. Na taj način se i definišu optimalni parametri kvaliteta usluge na svakoj liniji. Ti optimalni parametri pokazuju na koji način neefikasne linije ili linije manjeg kvaliteta mogu da dođu na kvalitet svojih najprihvatljivijih standarda, odnosno pokazuju na koji način je moguće postojeću mrežu linija korigovati u mrežu koja će imati ujednačen kvalitet usluge na svakoj liniji.

LITERATURA

- [1] P. Gladovic, V. Popovic, V. Peulic: “Expenditure model of line ranking in the public mass passengers transportation system”, *Promet – Traffic and Transportation*, Vol. 23, No. 6, 2011, pp. 503-509.
- [2] M. J. Farrell: “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society* Vol. 120, 1957, pp. 253-281.
- [3] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes: “Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No 6, 1978, pp. 429-444.
- [4] W. W Cooper, L. M Seiford, K. Tone: “Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software”, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- [5] D. Cook, J. Zhu: “Modeling Performance Measurement: Applications and Implementation Issues in DEA”, Springer, New York, 2005.
- [6] A. I. Ali, C. S. Lerne: “Components of efficiency evaluation in data envelopment analysis”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, No 3, 1995, pp. 462-473.
- [7] Q. L. Wei, B. Sun, Z. J. Xiao: “Measuring Technical Progress With Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, No 3, 1995, pp. 691-702.
- [8] K. S. Bhutta, F. Huq: “Benchmarking – best practices: an integrated approach, Benchmarking”, *An International Journal*, Vol. 6, No 3, 1999, pp. 254-268.
- [9] E. Thanassoulis: “Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis”, Kluwer Academic Publisher, Boston, 2001.
- [10] L. M. Seiford, J. Zhu: “An acceptance system decision rule with data envelopment analysis”, *Computers and Operations Research*, Vol. 25, No. 4, 1998, pp. 329-332.
- [11] L. Liang, J. Wu, W. D. Cook, J. Zhu: “Alternative secondary goals in DEA cross efficiency evaluation”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 113, No. 2, 2008, pp. 1025-1030.
- [12] D. Sherman, J. Zhu: “Service Productivity Management: Improving service performance using data envelopment analysis (DEA)”, Springer, Boston, 2006.
- [13] A. Charnes, W. W. Cooper, Y. Lewin, L. M. Seiford: “Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications”, Kluwer Academic Publish, Boston, 1994.
- [14] J. Zhu: “Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA excel solver”, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003.
- [15] K. Tone: “A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, No 1, 2002, pp. 32-41.
- [16] K. Tone, M. Tsutsui: “Network DEA: A slacks-based measure approach” *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, No 1, 2009, 243-252.
- [17] Studija: “Sistem JMTP Niš 2007.”, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 2007.