

KOMPARATIVNA ANALIZA EFIKASNOSTI JEDINICA POŠTANSKE MREŽE PRIMENOM DEA i SFA METODA

Nikola Knežević, Nebojša Bojović, Marko Kapetanović
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
n.knezevic@sf.bg.ac.rs, nb.bojovic@sf.bg.ac.rs, marko.kapetanovic@live.com

Sadržaj: *Kako bi donosili adekvatne odluke u upravljanju velikim sistemima, kao što je pošta, menadžeri vrše procene i analize koristeći savremene matematičke metode. Cilj ovog rada je analiza uticaja izbora metode i faktora poslovanja u oceni tehničke efikasnosti poštanskih jedinica. Ocena tehničke efikasnosti je izvršena pomoću DEA i SFA metoda, pri različitim kombinacijama ulazno-izlaznih faktora, i rezultati su upoređeni. Rezultati pokazuju da izbor ulaznih i izlaznih promenljivih, kao i izbor metode imaju veliki uticaj na dobijene ocene tehničke efikasnosti, a samim tim i na eventualne menadžerske odluke koje su posledica prethodne analize efikasnosti.*

Ključne reči: *efikasnost, pošta, analiza obavljanja podataka, analiza stohastičkih granica*

1. Uvod

Ocena efikasnosti poslovnih sistema predstavlja veoma kompleksan zadatak koji se sastoji u određivanju međusobnog odnosa ostvarenih rezultata sa jedne strane i angažovanih resursa sa druge. Osnovni problem definisanja efikasnosti nastaje u situacijama kada sistem koristi više raznorodnih resursa za postizanje većeg broja različitih izlaza. Za rešavanje ovog problema u praksi razvijen je veliki broj različitih metoda i tehnika kao npr. Analiza obavljanja podataka (DEA), Analiza stohastičkih granica (SFA), Ukupna faktorska produktivnost (TFP), Metoda prilagođenih najmanjih kvadrata (COLS) i dr.

U ovom radu za ocenu i analizu efikasnosti jedinica poštanske mreže korišćene su DEA i SFA metoda. U prvom koraku definisane su i odabrane jedinice za ocenu (DMU) čiju relativnu efikasnost treba odrediti. Zatim određeni su ulazni i izlazni faktori koji su relevantni i pogodni za procenu relativne tehničke efikasnosti izabranih DMU. Da bi se sproveo u potpunosti postupak odabrani su adekvatni DEA i SFA modeli. Na kraju je sprovedeno rešavanje DEA i SFA modela i analiza i tumačenje rezultata.

Rad je organizovan na sledeći način. Pojam i osnovne postavke DEA i SFA metoda date su drugom poglavlju. Analiza efikasnosti jedinica poštanske mreže je opisana u trećem poglavlju. Poslednje, četvrto poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu MNTR036022 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

2. Metodologija

2.1. Analiza obavijanja podataka (DEA)

Analiza obavijanja podataka je pristup u matematičkom programiranju koji se poslednjih godina uspešno koristi za ocenu i poređenje efikasnosti kompanija u sektoru usluga. Osnovnu ideju i definiciju konceptu DEA-e je uveo Farrell [1]. Na bazi njegovog rada, model linearnog programiranja su razvili Charnes, Cooper i Rhodes [2]. Njihov rad se smatra začetkom DEA-e. Za merenje efikasnosti jedinica odlučivanja najčešće se koriste 2 modela DEA metode, CCR model sa konstantnim prinosom na obim (Charnes, Cooper i Rhodes [2]) i BCC model sa varijabilnim prinosom na obim (Banker, Charnes i Cooper [3]).

Charnes, Cooper i Rhodes su predložili da se za svaku jedinicu odlučivanja k , $k=1, \dots, n$ reši optimizacioni zadatak u kome treba odrediti vrednosti za težinske koeficijente u_r i v_i tako da njena efikasnost bude maksimalna, odnosno:

$$(Max) h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (1)$$

uz ograničenja:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$u_r \geq 0, r = 1, \dots, s \quad (3)$$

$$v_i \geq 0, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

gde su: h_k – relativna efikasnost k -te DMU; n – broj DMU; m – broj ulaza; s – broj izlaza; v_i – težinski koeficijenz za ulaz i ; u_r – težinski koeficijenti za izlaz r ; x_{ik} – iznos ulaza i za jedinicu k ; y_{rk} – iznos izlaza r za jedinicu k .

Uslov dat u relaciji (2) važi za sve jedinice i označava da svaka od njih leži na ili ispod granice efikasnosti. Granicu efikasnosti čini skup međusobno povezanih segmenata svih efikasnih jedinica i ona u ekonomskom smislu predstavlja empirijski dobijen maksimum izlaza koji svaka jedinica odlučivanja može ostvariti sa datim ulazima i ponaša se kao obvojnica (anvelopa) za neefikasne jedinice.

Zadatak (1)-(4) je problem separabilnog linearnog programiranja. Ovaj problem se može svesti na problem linearnog programiranja pomoću Charnes-Cooper-ove transformacije. Linearni DEA modeli mogu biti ulazno ili izlazno orijentisani. To je posledica činjenice da se linearizacija može izvršiti i tako što se brojlac u funkciji cilja izjednači sa 1, pa se minimizira imenilac. Ulazno orijentisan model pruža informacije o tome za koliko treba smanjiti ulaze, da bi pri datom nivou izlaza posmatrana jedinica postala efikasna. Izlazno orijentisan model obezbeđuje informacije o potrebnom povećanju izlaza da bi pri datom nivou ulaza posmatrana jedinica postala efikasna [4]. U ulazno orijentisanom CCR modelu treba da se maksimizira težinska suma izlaza:

$$(Max) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (5)$$

uz ograničenja:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$u_r \geq 0, r = 1, \dots, s \quad (8)$$

$$v_i \geq 0, i = 1, \dots, m \quad (9)$$

Jedan od nedostaka DEA modela je što nisu u mogućnosti da naprave razliku u oceni poslovanja efikasnih jedinica. Drugim rečima, sve efikasne jedinice imaju efikasnost 1 i prema nivou efikasnosti nije moguće napraviti njihov redosled. Da bi otklonili ovaj nedostatak, Anderson i Peterson [5] su pokazali kako se osnovni CCR model može modifikovati u svrhu rangiranja jedinica. Modifikacija se sastoji u tome što se iz skupa ograničenja (7) izostavlja ono ograničenje koje odgovara jedinici koja bira težinske koeficijente. Na taj način se efikasna jedinica upoređuje sa modifikovanom granicom efikasnosti (granica efikasnosti bez posmatrane jedinice). U Anderson-Petersonovom modelu ograničenja (7) postaju:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (10)$$

2.2. Analiza stohastičkih granica (SFA)

Analiza stohastičkih granica (SFA) predstavlja pristup proceni graničnih funkcija koristeći ekonometrijske tehnike, i predstavlja metod ekonomskog modelovanja. Za razliku od metoda gde se granica dobija neparametarskom analizom obavljanja podataka (DEA), ova metoda se zasniva na proceni „granice“ na osnovu parametara. Ova metoda ima određene prednosti u odnosu na analizu obavljanja podataka kada je u pitanju problematika šuma.

Stohastičku graničnu funkciju proizvodnje su prvi put nezavisno predložili Aigner, Lovell i Schmidt [6] i Meeusen i van den Broeck [7]. Originalna specifikacija modela je obuhvatala funkciju proizvodnje definisanu za podatke preseka (*eng. cross-sectional data*). Ova funkcija je sadržala komponentu greške, koja se sastojala iz dva elementa – šuma (slučajne greške) i tehničke neefikasnosti. Ovaj model, u slučaju Kobb-Daglasove (*eng. Cobb-Douglas*) granične funkcije ima sledeći oblik:

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln(x_{ik}) + v_i - u_i \quad (11)$$

gde su: y_i – izlaz (proizvodnja) i -te firme; x_{ik} – k -ti ulaz i -te firme ($k=1, \dots, K$); β_k – nepoznati parametar koga treba oceniti ($k=1, \dots, K$); $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ – slučajna promenljiva koja predstavlja grešku (šum) i koje imaju nezavisnu raspodelu od raspodele tehničke

neefikasnosti; $u_i \sim |N(0, \sigma_u^2)|$ – nenegativna slučajna promenljiva koja predstavlja tehničku neefikasnost.

Tehnička efikasnost i -te firme se određuje na sledeći način:

$$TE_i = e^{-E(u_i|\varepsilon_i)} \quad (12)$$

Parametri se mogu oceniti metodom maksimalne verodostojnosti postupkom parametrizacije definisanom od strane Battese i Corra [8], koji su definisali sledeće promenljive:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \quad (13)$$

$$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2) \quad (14)$$

Originalna specifikacija modela ja kasnije dobila više različitih modifikacija i oblika. Ove modifikacije su uključile dodatne pretpostavke vezane za raspodelu tehničke neefikasnosti u_i , kao što su ograničena normalna (*eng. truncated normal*) ili gama raspodela; druge oblike granične funkcije; razmatranje podataka panela i tehničku efikasnost promenljivu u vremenu; proširenje modela sa troškovnim funkcijama, itd.

Iako sadrži veći broj parametara koje treba oceniti u odnosu na Kob-Daglasovu funkciju, translog (*eng. transcendental logarithmic*) oblik granične funkcije je mnogo fleksibilniji i pruža konzistentnije ocene tehničke efikasnosti. On predstavlja generalizaciju Kob-Daglasove funkcije, i ima sledeći oblik:

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln(x_{ik}) + \sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \beta_{kk'} \ln(x_{ik}) \ln(x_{ik'}) + v_i - u_i \quad (15)$$

Osnovni nedostatak standardnih SFA modela je nemogućnost posmatranja više izlaza, odnosno podrazumeva se postojanje samo jednog izlaza. Coelli i Perelman [9][10] bavili su se ocenom grančne funkcije u slučaju više ulaza i više izlaza. U slučaju postojanja K ulaza i L izlaza, funkcijski oblik se može napisati kao:

$$\begin{aligned} -\ln(y_L) &= \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \alpha_k \ln(x_k) + \sum_{l=1}^{L-1} \beta_l \ln\left(\frac{y_l}{y_L}\right) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \alpha_{kk'} \ln(x_k) \ln(x_{k'}) + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L-1} \gamma_{kl} \ln(x_k) \ln\left(\frac{y_l}{y_L}\right) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{L-1} \sum_{l'=1}^{L-1} \beta_{ll'} \ln\left(\frac{y_l}{y_L}\right) \ln\left(\frac{y_{l'}}{y_L}\right) + v_i - u_i \end{aligned} \quad (16)$$

gde y_L predstavlja proizvoljno izabran izlaz.

3. Analiza efikasnosti jedinica poštanske mreže

3.1. Izbor DMU, ulaznih i izlaznih promenljivih

U ovom radu analizirana je relativna tehnička efikasnost 28 jedinica poštanske mreže koje se nalaze u sklopu jedne radne jedinica, pri čemu je obuhvaćen vremenski period januar-decembar. pošta. Od ukupnog broja pošta (DMU), 26 obavljaju kompletno poslovanje, dok 2 jedinice obavljaju samo poslove šalterske pošte. Analiza efikasnosti

jedinica poštanske mreže sprovedena je posebno za šaltersko poslovanje i za dostavnu službu.

Izabrane ulazne i izlazne veličine karakterišu najvažnije elemente poslovanja jedinica poštanske mreže. Kao ulazni podaci koristeće se broj angažovanih radnika i broj radnih dana, dok će izlazne podatke činiti fizički obim izvršenih usluga podeljenih po grupama. Svi izabrani podaci su zvanični podaci dostupni menadžerima Pošte.

Dakle, u slučaju šalterske službe, definisane ulazne promenljive su: x_1 – broj šalterskih radnika; x_2 – broj radnih dana;

Izlazne promenljive u slučaju šalterske službe su: y_1 – prijem pošiljaka; y_2 – novčane usluge; y_3 – tt usluge; y_4 – komisione usluge.

Deskriptivne statistike ulaznih i izlaznih promenljivih za šaltersku službu prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1. *Deskriptivne statistike ulaza i izlaza (šalter)*

Promenljiva	Mean	Std. Dev.	Min	Max
x_1	1,75	3,18	0,25	16
x_2	437,71	665,62	83	3245
y_1	26242,75	68321,65	1415	331548
y_2	48339,11	91358,64	2477	450366
y_3	4468,04	11140,56	22	44335
y_4	5730,64	15960,88	2	76980

Ulazne promenljive za dostavnu službu su: x_1 – broj dostavljača; x_2 – broj radnih dana;

Izlazne promenljive za dostavnu službu su: y_1 – usluge novčanog poslovanja; y_2 – uručenje telegrama; y_3 – uručenje pošiljaka.

Deskriptivne statistike ulaznih i izlaznih promenljivih za šaltersku službu prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2. *Deskriptivne statistike ulaza i izlaza (dostava)*

Promenljiva	Mean	Std. Dev.	Min	Max
x_1	2,08	3,88	0,25	19
x_2	515,04	815,76	83	3854
y_1	14131,96	15808,45	1749	73323
y_2	266,62	558,81	14	2615
y_3	63438,77	150856,20	937	708281

3.2. Definisanje DEA i SFA modela

Kako bi se obezbedila konzistentnost rezultata dobijenih DEA metodom, jedan od uslova je nizak stepen korelacije između promenljivih unutar grupe ulaza, odnosno izlaza, kao i visok stepen korelacije između grupa ulaza i izlaza. Izlazne promenljive, kako u slučaju šalterske službe, tako i u slučaju dostavne službe, pokazuju visok stepen korelacije (Tabele 3 i 4).

Kako bi se rešio problem visoke korelacije između promenljivih, jedan od načina je eliminisanje visoko koreliranih faktora [11]. U slučaju šalterske službe, jedina promenljiva sa relativno niskim koeficijentima korelacije u odnosu na ostale je y_4 .

Tabela 3. Koeficijenti korelacije izlaznih promjenljivih (šalter)

Promjenljiva	y_1	y_2	y_3	y_4
y_1	1.0000			
y_2	0.9863	1.0000		
y_3	0.8908	0.8528	1.0000	
y_4	0.4537	0.5396	0.4515	1.0000

Tabela 4. Koeficijenti korelacije izlaznih promjenljivih (šalter)

Promjenljiva	y_1	y_2	y_3
y_1	1.0000		
y_2	0.8947	1.0000	
y_3	0.9470	0.9748	1.0000

Kako bi analiza obuhvatila sve izlazne faktore, definisana su tri različita modela (Tabela 5), pri čemu sva tri modela uključuju promjenljivu y_4 , i po jednu od preostale tri visoko-korelisane izlazne promjenljive. Modeli će posebno biti rešeni pomoću DEA i SFA metoda, i rezultati će biti upoređeni.

Tabela 5. Specifikacija modela (šalteri)

U/I	Promjenljiva	Model		
		M1	M2	M3
Ulazi	x_1	•	•	•
	x_2	•	•	•
Izlazi	y_1	•		
	y_2		•	
	y_3			•
	y_4	•	•	•
First Canonical Correlation		0.9959	0.9917	0.9151

Kod dostavne službe, sve izlazne promjenljive su visoko korelisane, tako da su definisana tri različita modela, pri čemu svaki uključuje po jednu od tri izlazne promjenljive (Tabela 6).

Tabela 6. Specifikacija modela (dostava)

U/I	Promjenljiva	Model		
		M4	M5	M6
Ulazi	x_1	•	•	•
	x_2	•	•	•
Izlazi	y_1	•		
	y_2		•	
	y_3			•
First Canonical Correlation		0.9658	0.9803	0.9970

Kako bi se ispitala ispunjenost drugog uslova – visoke korelacije između grupe ulaza i grupe izlaza, upotrebljena je kanonska korelacija, koja omogućava ispitivanje zavisnosti između dva skupa različitih promjenljivih. Svi modeli imaju visoke koeficijente korelacije (Tabele 5 i 6), što potvrđuje ispunjenost ovog uslova.

3.3. Rešavanje modela i analiza rezultata

Svi modeli su najpre rešeni pomoću DEA metode, koristeći formulaciju (5)-(10). Ulazno orijentisani model je izabran, jer menadžeri radnih jedinica mogu više da utiču na smanjenje vrednosti ulaza, nego na povećanje vrednosti izlaza (ne može se uticati na broj pošiljaka i uputnica u prispeću, jer npr. ne možemo povećati broj dostavljenih tf računa sve dok se ne poveća broj tf priključaka)[12]. Za rešavanje DEA modela korišćen je softver EMS¹. Prethodno definisani modeli su zatim rešeni pomoću SFA metode. Za rešavanje modela M1, M2 i M3 korišćena je formulacija (16), dok je za rešavanje modela M4, M5 i M6 korišćena formulacija (15). Za rešavanje SFA modela, kao i realizaciju svih ostalih numeričkih analiza korišćen je Stata softver².

Ocene tehničke efikasnosti prikazane su u Tabelama 7 i 8. Vidi se da se ocene u velikom stepenu razlikuju, i u slučaju šalterske službe i u slučaju dostave.

Tabela 7. Ocene tehničke efikasnosti (šalteri)

DMU	Model					
	M1		M2		M3	
	DEA	SFA	DEA	SFA	DEA	SFA
P1	100 (117.78)	83.06	77.02	99.92	52.56	99.96
P2	24.38	84.99	13.86	99.93	100 (101.11)	0.75
P3	100 (936.54)	72.66	100 (949.05)	23.55	100 (936.54)	1.42
P4	11.69	85.61	53.83	89.57	1.54	68.79
P5	20.09	79.31	46.09	42.61	5.65	74.48
P6	10.20	86.20	51.00	91.78	6.51	44.72
P7	23.19	42.18	73.19	52.99	17.58	74.32
P8	26.84	41.76	43.73	92.85	13.83	88.35
P9	19.56	86.26	12.97	99.93	17.58	73.28
P10	11.31	49.36	17.74	79.14	17.26	54.09
P11	100 (120.79)	41.96	100 (112.26)	52.07	4.55	21.10
P12	22.99	78.36	75.47	48.90	7.58	6.50
P13	27.26	75.41	62.19	47.83	6.43	6.62
P14	77.25	72.80	70.28	86.48	5.70	99.97
P15	16.98	66.54	61.29	50.63	0.74	99.97
P16	39.70	59.78	75.51	57.18	21.07	9.02
P17	25.46	75.94	83.35	38.37	9.21	4.01
P18	12.27	90.21	42.60	99.94	3.03	99.97
P19	7.93	93.93	46.77	90.79	8.30	30.97
P20	89.01	81.28	61.67	99.93	87.09	99.97
P21	16.09	80.17	29.33	99.91	32.30	99.96
P22	71.96	37.63	23.54	68.42	100 (106.33)	1.78
P23	23.21	71.15	21.09	78.25	79.81	32.58
P24	27.15	81.43	20.84	99.93	21.25	76.89
P25	79.77	34.79	38.93	47.06	88.95	10.59
P26	32.04	85.11	34.17	97.97	40.98	99.97
P27	16.19	83.85	34.60	61.14	10.77	99.97
P28	22.67	85.25	88.23	29.42	41.59	19.95

¹ Efficiency Measurement System (<http://www.holger-scheel.de/ems/>)

² Stata Software (<http://www.stata.com/>)

Tabela 8. *Ocene tehničke efikasnosti (dostava)*

DMU	Model					
	M1		M2		M3	
	DEA	SFA	DEA	SFA	DEA	SFA
P1	29.70	85.87	82.63	99.95	100 (117.05)	71.86
P4	74.29	78.40	85.24	84.97	29.84	64.73
P5	82.87	88.87	49.74	99.95	64.22	86.28
P6	86.18	87.10	10.08	10.53	87.37	87.69
P7	100 (111.82)	96.39	100 (115.89)	99.96	52.08	87.83
P8	73.18	76.71	44.50	45.39	12.65	30.78
P9	22.57	40.42	95.22	87.85	6.43	32.66
P10	50.18	53.67	12.90	15.03	4.38	16.29
P11	65.69	91.86	5.28	6.75	100 (109.23)	83.55
P12	86.99	86.40	16.13	17.56	43.18	75.75
P13	100 (115.34)	88.78	8.61	44.04	26.90	62.86
P14	41.37	89.90	56.39	57.28	91.77	79.06
P15	80.86	91.90	35.48	36.20	51.11	87.49
P16	49.76	60.46	43.89	56.31	46.72	67.55
P17	51.41	60.59	62.90	99.95	44.95	64.52
P18	73.39	86.39	82.77	59.03	39.63	77.36
P19	90.49	91.18	59.45	55.49	31.26	67.26
P20	31.82	88.35	85.67	99.95	96.92	78.98
P21	58.19	75.78	54.39	53.03	21.24	71.48
P22	13.16	14.81	25.44	21.50	19.85	50.10
P23	34.02	52.51	91.76	79.50	18.83	71.36
P24	46.57	49.19	25.81	49.74	15.55	70.50
P25	58.73	84.11	73.06	65.02	22.76	75.69
P26	73.69	87.96	27.42	46.71	21.05	80.50
P27	51.67	84.32	91.77	79.52	21.43	76.20
P28	33.71	57.77	64.47	56.79	12.54	58.25

Kako bi se ispitala robusnost u odnosu na izbor metode, kao i konzistentnost dobijenih ocena tehničke efikasnosti jedinica poštanske mreže, dobijene ocene tehničke efikasnosti su upoređene pomoću Pearson i Spearman testova korelacije. Dobijeni koeficijenti su prikazani u Tabelama 9 i 10.

Tabela 9. *Rezultati Pearson i Spearman testova korelacija (šalteri)*

Test	Model	DEA1	DEA2	DEA3	SFA1	SFA2	SFA3
Pears.	DEA1	1.0000					
Spear.		1.0000					
Pears.	DEA2	0.9837*	1.0000				
Spear.		0.3760*	1.0000				
Pears.	DEA3	0.9786*	0.9619*	1.0000			
Spear.		0.4691*	-0.2102	1.0000			
Pears.	SFA1	-0.0592	-0.0062	-0.0293	1.0000		
Spear.		-0.5052*	-0.1554	-0.1631	1.0000		
Pears.	SFA2	-0.3719	-0.4456*	-0.3425	0.3317	1.0000	
Spear.		-0.1866	-0.5780*	0.0920	0.4833*	1.0000	
Pears.	SFA3	-0.2564	-0.2772	-0.3014	0.2503	0.5499*	1.0000
Spear.		-0.2047	-0.1927	-0.3207	0.2583	0.4762*	1.0000

* Označava statistički značaj pri nivou rizika $\alpha=5\%$

U slučaju šalterske službe, DEA modeli daju ocene sa relativno visokim stepenom međusobne korelacije, prema Pearson-ovom testu, dok su prema Spearman-ovom testu ovi koeficijenti znatno niži. Prema rezultatima, postoji znatna razlika u ocenama dobijenim pomoću ove dve metode. Te razlike su još veće u slučaju dostavne službe.

Rezultati pokazuju da izbor ulaznih i izlaznih promenljivih, kao i izbor metode imaju veliki uticaj na dobijene ocene tehničke efikasnosti, a samim tim i na eventualne menadžerske odluke koje su posledica prethodne analize efikasnosti.

Tabela 10. *Rezultati Pearson i Spearman testova korelacija (dostava)*

Test	Model	DEA1	DEA2	DEA3	SFA1	SFA2	SFA3
Pears.	DEA1	1.0000					
Spear.		1.0000					
Pears.	DEA2	-0.2176	1.0000				
Spear.		-0.2711	1.0000				
Pears.	DEA3	0.0299	-0.0322	1.0000			
Spear.		0.2424	-0.0263	1.0000			
Pears.	SFA1	0.6843*	0.0558	0.5158*	1.0000		
Spear.		0.6643*	-0.0920	0.7149*	1.0000		
Pears.	SFA2	-0.1583	0.8416*	0.0899	0.0958	1.0000	
Spear.		-0.2068	0.8605*	0.1863	-0.0031	1.0000	
Pears.	SFA3	0.3541	0.0934	0.5698*	0.6246*	0.1491	1.0000
Spear.		0.3935*	0.0243	0.7060*	0.7381*	0.0858	1.0000

* Označava statistički značaj pri nivou rizika $\alpha=5\%$

4. Zaključak

U ovom radu prikazana je primena dve metode za ocenu efikasnosti poslovanja poštanskih jedinica. Za ocenu efikasnosti odabrane su DEA i SFA metoda, koje su ujedno ne samo najpoznatije već i najčešće korišćene metode za određivanje tehničke efikasnosti. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se i jedna i druga metoda mogu koristiti za ocenjivanje efikasnosti organizacionih jedinica poštanskog operatora. Obe metode, i DEA i SFA, daju mogućnost rangiranja jedinica na osnovu izračunate efikasnosti.

SFA metoda ima određene prednosti u odnosu na analizu obavljanja podataka kada je u pitanju problematika šuma. S druge strane, DEA se javlja kao „univerzalnija“ metoda, koja dozvoljava međusobno poređenje više raznorodnih ulaza ili izlaza. Takođe, DEA daje za svaku neefikasnu jedinicu i predlog korekcije jednog ili više ulaza ili izlaza kako bi ona postala efikasna.

Na kraju može se zaključiti da ocena tehničke efikasnosti, a samim tim i kasnije menadžerske odluke zavise ne samo od izbora ulaznih i izlaznih podataka već i od metoda koje će se primeniti.

Literatura

- [1] M. J. Farrel, „The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 120(3), pp. 253-290, 1957.

- [2] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp. 429-444, 1978.
- [3] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, vol. 30(9), pp. 1078-1092, 1984.
- [4] M. Martić, „Analiza obavijenih podataka sa primenom“, Doktorska disertacija, FON, Beograd, 1999.
- [5] P. Andersen, and N. Petersen, „A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis“, *Management Science*, vol. 39(10), pp. 1261-1264, 1993.
- [6] D. J. Aigner, C. A. K. Lovell, and P. Schmidt, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, vol. 6, pp. 21-37, 1977.
- [7] W. Meeusen, and J. van den Broeck, "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error", *International Economic Review*, vol. 18, pp. 435-444, 1977.
- [8] G. E. Battese, and G. S. Corra, "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, vol. 21, pp. 169-179, 1977.
- [9] T. Coelli, and S. Perelman, „Efficiency Measurement, Multiple-output Technologies and Distance Functions: With Application to European Railways“, CREPP Working Paper, University of Liege, Liege, Wallonia, Belgium, 1996.
- [10] T. Coelli, and S. Perelman, „Technical efficiency of European railways: a distance function approach“, *Appl. Econ.*, vol. 32(15), pp. 1967-1976, 2000.
- [11] J. Sarkis, „Preparing Your Data for DEA, Chapter 4 in Avkiran N.: *Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis*, 2nd edition, N K Avkiran, UQ Business School, The University of Queensland, Australia, 2002.
- [12] N. Knežević, i S. Lekić, „Unapređenje procesa odlučivanja u poštanskom sistemu primenom analize obavijanja podataka“, *Tehnika*, vol. 3(58), pp. 1-12, 2008.

Abstract: *In order to make appropriate decisions in managing large systems, such as post, managers perform evaluation and analysis using modern mathematical methods. The aim of this paper is to analyze the impact of election of method and operating factors in assessing technical efficiency of post units. Technical efficiency evaluation was performed by DEA and SFA methods with different combinations of input and output factors, and the results were compared. Results indicate that the choice of input and output variables, and the choice of methods have great influence on the resulting estimates of technical efficiency, and thus to possible management decisions that are the result of the previous efficiency analysis.*

Keywords: *efficiency, post, data envelopment analysis, stochastic frontier analysis*

COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF POSTAL NETWORK UNITS USING DEA AND SFA

Nikola Knežević, Nebojša Bojović, Marko Kapetanović