

## ANALIZA UTICAJA PRUŽANJA LOGISTIČKIH I ELEKTRONSKIH USLUGA NA EFIKASNOST NACIONALNIH POŠTANSKIH KOMPANIJA

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

**Sadržaj:** *Savremeno informaciono društvo iziskuje kontinualno unapređenje kvaliteta usluga poštanskih kompanija, uvođenjem novih tehnologija i sadržaja u svoje poslovanje. Cilj ovog rada je analiza uticaja pružanja ovih dodatnih usluga na efikasnost nacionalnih poštanskih kompanija. Najpre je izvršena ocena efikasnosti primenom analize obavljanja podataka (DEA). Uzimajući u obzir veliki broj ulazno-izlaznih faktora koji karakterišu poslovanje poštanskih kompanija, kako bi se povećala diskriminatorna moć DEA metode, ocena efikasnosti je sprovedena kombinacijom metoda analize glavnih komponenti (PCA) i DEA. U drugoj fazi, koristeći dobijene ocene efikasnosti, izvršena je analiza uticaja pružanja logističkih i elektronskih usluga na nivou efikasnosti poštanskih kompanija.*

**Gljučne reči:** *efikasnost, pošta, analiza obavljanja podataka, analiza glavnih komponenti*

### 1. Uvod

Ocena, praćenje i poboljšanje nivoa efikasnosti prioritetni su ciljevi nacionalnih poštanskih kompanija. U tu svrhu, menadžment poštanskih kompanija, kao i akademska zajednica služe se brojnim savremenim matematičkim i statističkim alatima. Analiza efikasnosti u poštanskom sektoru na različitim nivoima organizacije predmet je brojnih studija[1][2][3][4][5][6][7].

U ovom radu, za ocenu relativne efikasnosti kompanija izabrana je metoda analize obavljanja podataka (*Data Envelopment Analysis - DEA*). Uzimajući u obzir veliki broj ulazno-izlaznih faktora koji karakterišu poslovanje poštanskih kompanija, kako bi se poboljšala diskriminatorna moć DEA metode, ona je primenjena u kombinaciji sa metodom analize glavnih komponenti (*Principal Component Analysis - PCA*). U drugoj fazi, uvođenjem binarnih promenljivih koje predstavljaju pružanje određenih logističkih i elektronskih usluga, izvršena je analiza njihovog uticaja na efikasnost poštanskih kompanija primenom Tobit regresionog modela.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju, predstavljene su matematičke formulacije modela. Rezultati empirijske analize na odabranom uzorku dati su u trećem poglavlju. Zaključna razmatranja izneta su u četvrtom poglavlju.

## 2. Metodologija

### 2.1. Analiza obavljanja podataka (DEA)

Analiza obavljanja podataka (DEA) predstavlja neparametarsku metodu linearnog programiranja koja je našla široku primenu u oblasti ocene relativne efikasnosti kompanija. Na bazi Farrell-ovog koncepta [8], model linearnog programiranja razvili su Charnes, Cooper i Rhodes [9]. Uzimajući u obzir prinos na obim, razlikuju se dva modela DEA metode - CCR model sa konstantnim prinosom na obim [9] i BCC model sa varijabilnim prinosom na obim [10]. Sa stanovišta orijentacije modela, razlikuju se ulazno orijentisani i izlazno orijentisani model. Imajući u vidu da menadžment poštanskih kompanija ima veći uticaj na ulaze poslovnog procesa (angažovani resursi) u odnosu na izlaze (ostvareni rezultati) u ovom radu je primenjen ulazno orijentisan CCR DEA model.

U nastavku je predstavljen ulazno orijentisan CCR DEA model, koristeći vektorsku notaciju. Ako imamo  $n$  jedinica odlučivanja sa  $q$  izlaza označenih sa  $Y$  i  $r$  ulaza označenih sa  $X$ , posmatrajući efikasnost jedinice  $a$ , primarni zadatak linearnog programiranja (primal) ima sledeći oblik [9][11]:

$$\underset{V,U}{\text{Max}} \ UY^a \quad (1)$$

uz ograničenja:

$$VX^a = 1 \quad (2)$$

$$VX - UY \geq 0 \quad (3)$$

$$V, U \geq 0 \quad (4)$$

Dualni zadatak linearnog programiranja (dual) ima sledeći oblik:

$$\underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \ \theta \quad (5)$$

uz ograničenja:

$$Y\lambda \geq Y^a \quad (6)$$

$$\theta X^a - X\lambda \geq 0 \quad (7)$$

$$\lambda, \theta \geq 0 \quad (8)$$

gde  $\lambda$  predstavlja vektor težina,  $\theta$  je konstanta,  $X_a$  i  $Y_a$  su vektori ulaza i izlaza za DMU<sub>a</sub>.

### 2.2. Analiza glavnih komponenti (PCA)

Analiza glavnih komponenti (PCA) je razvijena kao multivarijantna tehnika redukcije podataka [12][13]. PCA objašnjava strukturu varijanse matrice podataka kroz linearne kombinacije promenljivih. Kao posledica, moguće je smanjiti podatke na nekoliko glavnih komponenti koje opisuju 80-90% varijanse originalnih podataka [14]. Ukoliko se veći deo varijanse originalnih podataka može pripisati prvih nekoliko

komponenti, tada one mogu zameniti originalne promenljive uz minimalni gubitak informacija [11][15][16].

Prema [17] i [18], slučajni vektor  $X=[X_1, X_2, \dots, X_p]$  ( $p$  predstavlja broj originalnih ulaza/izlaza izabranih za agregaciju) ima korelaciju matricu  $C$  sa ajgen vrednostima  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$  i normalizovanim ajgen vektorima  $l_1, l_2, \dots, l_p$ . Posmatrajući linearne kombinacije, gde eksponent  $t$  predstavlja operator transponovanja, imamo:

$$X_{PC_i} = l_i^t X = l_{1i} X_1 + l_{2i} X_2 + \dots + l_{pi} X_p \quad (9)$$

$$Var(X_{PC_i}) = l_i^t C l_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (10)$$

$$Correlation(X_{PC_i}, X_{PC_k}) = l_i^t C l_k \quad , \quad i = 1, 2, \dots, p, k = 1, 2, \dots, p, i \neq k \quad (11)$$

Glavne komponente predstavljaju nekorelisane linearne kombinacije rangirane prema varijansi u opadajućem redosledu.

### 2.3. PCA-DEA model

Kako bi se ocene PCA koristile umesto originalnih podataka, DEA model je potrebno transformisati kako bi se uzela u obzir linearna agregacija podataka. Kada se u modelu istovremeno koriste i neke originalne ulazne (izlazne) promenljive i neke agregirane promenljive, potrebno je razdvojiti  $X=\{X_0, X_{Lx}\}$  and  $Y=\{Y_0, Y_{Ly}\}$ , gde  $X_0(Y_0)$  predstavljaju ulaze (izlaze) čije će se originalne vrednosti koristiti u DEA modelu, dok  $X_{Lx}(Y_{Ly})$  predstavljaju ulaze (izlaze) čije vrednosti treba transformisati pomoću PCA. Ovaj postupak razdvajanja promenljivih treba da bude baziran na logičkom razumevanju posmatranog problema [11][16].

Neka  $L_x=\{l_{ij}^x\}$  bude matrica PCA linearnih koeficijenata ulaznih podataka i neka  $L_y=\{l_{st}^y\}$  bude matrica PCA linearnih koeficijenata izlaznih podataka. Tada,  $X_{PC}=L_x X_{Lx}$  i  $Y_{PC}=L_y Y_{Ly}$  predstavljaju težinske sume odgovarajućih originalnih podataka  $X_{Lx}$  i  $Y_{Ly}$ . Model (5)-(8) se dalje može zameniti modelom (12)-(19), koji se odnosi na ulazno orijentisani CCR model [11]:

$$\begin{matrix} \text{Min } \theta \\ \theta, \lambda \end{matrix} \quad (12)$$

uz ograničenja:

$$Y_0 \lambda - s_0 = Y_0^a \quad (13)$$

$$Y_{PC} \lambda - L_y s_{PC} = Y_{PC}^a \quad (14)$$

$$\theta X_0^a - X_0 \lambda - \sigma_0 = 0 \quad (15)$$

$$\theta X_{PC}^a - X_{PC} \lambda - L_x \sigma_{PC} = 0 \quad (16)$$

$$L_x^{-1} X_{PC} \geq \sigma_{PC} \quad (17)$$

$$L_y^{-1} Y_{PC} \geq s_{PC} \quad (18)$$

$$\lambda, \theta, s_0, s_{PC}, \sigma_0, \sigma_{PC} \geq 0 \quad (19)$$

gde  $L_x^{-1}(L_y^{-1})$  predstavljaju inverzne matrice težina ulaza (izlaza) dobijenih pomoću PCA, a  $\sigma$  i  $s$  predstavljaju vektore rezervi ulaza i izlaza, respektivno.

PCA-DEA formulacija je u potpunosti ekvivalentna originalnom DEA modelu kada glavne komponente opisuju 100% korelacije u originalnim matricama ulaza i izlaza.

Pomoću duala modela (12)-(19) efekti PCA analize se mogu direktno uočiti kroz težine  $L_x(L_y)$  [11]:

$$\text{Max}_{V_0, V_{PC}, U_0, U_{PC}} U_0 Y_0^a + U_{PC} Y_{PC}^a \quad (20)$$

uz ograničenja:

$$V_0 X_0^a = 1 \quad (21)$$

$$V_{PC} X_{PC}^a = 1 \quad (22)$$

$$V_0 X_0 + V_{PC} X_{PC} - U_0 Y_0 - U_{PC} Y_{PC} \geq 0 \quad (23)$$

$$V_{PC} L_x \geq 0 \quad (24)$$

$$U_{PC} L_y \geq 0 \quad (25)$$

$$V_0, U_0 \geq 0, V_{PC}, U_{PC} \text{ free} \quad (26)$$

## 2.4. Tobit model

Kada se ocene efikasnosti dobijene pomoću DEA metode posmatraju kao zavisne promenljive u regresiji, nailazimo na dobar primer cenzurisanja, što znači da su vrednosti zavisne promenljive ograničene na opseg vrednosti. Preciznije, cenzurisanje se dešava kada se zavisna promenljiva posmatra za poduzorak, dok je informacija o nezavisnim promenljivim za ceo uzorak dostupna. U našem slučaju, sve kompanije locirane na granici efikasnosti se smatraju kao potpuno efikasne, i uzimaju vrednost 1 za ocenu efikasnosti, iako njihovi nivoi efikasnosti nisu zaista jednaki. Primena direktne OLS regresije u ovom slučaju vodila bi nekonzistentnim rezultatima. Stoga, za ocenu uticaja eksternih faktora na efikasnost poštanskih kompanija upotrebljen je Tobit model (takođe poznat i kao cenzurisani regresioni model)[19]. Tobit model u našem slučaju se može predstaviti na sledeći način[20][21]:

$$y_i^* = x_i' \beta + u_i \quad (27)$$

$$y = \begin{cases} y^* & \text{ako je } y^* < 1 \\ 1 & \text{ako je } y^* \geq 1 \end{cases} \quad (28)$$

gde  $y$  predstavlja posmatranu latentnu zavisnu promenljivu,  $x_i$  je posmatrana nezavisna promenljiva,  $\beta$  je parametar koji treba oceniti, i  $u_i$  je slučajna greška, pri čemu:

$$u_i \square [0, \sigma^2] \quad (29)$$

$$y_i^* \square [0, \sigma^2] \quad (30)$$

## 3. Empirijska analiza

Na osnovu predstavljene metodologije, sprovedena je analiza efikasnosti osam nacionalnih poštanskih kompanija – iz Belorusije, Bugarske, Hrvatske, Češke, Estonije, Mađarske, Srbije i Turske, posmatrajući petogodišnji vremenski period – od 2008. do 2012. godine. Koristeći bazu podataka Svetskog poštanskog saveza (*Universal Postal Union - UPU*)<sup>1</sup>, definisano je 6 ulaznih i 22 izlazne promenljive (Tabela 1).

<sup>1</sup>UPU (Universal Postal Union), Global or regional estimates (On-line statistics), dostupno na: [http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

Tabela 1. *Deskriptivne statistike ulaznih i izlaznih promjenljivih*

U/I	Pr.	Opis	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Ul.	$x_1$	Ukupan broj zaposlenih	21536.28	11783.59	2443	36821
	$x_2$	Broj poštar i kurira	6459.325	3958.081	776	12486
	$x_3$	Ukupan broj jedinica poštanske mreže	2481.1	1259.567	337	4425
	$x_4$	Broj jedinica koje pružaju financijske transakcije	3493.225	3238.042	270	11671
	$x_5$	Broj pretovarno-sortirnih centara	21.3	17.19302	1	76
	$x_6$	Broj poštanskih sandučića	9719.85	8528.82	929	29786
Izl.	$y_1$	Prosečno područje pokriveno jednom jedinicom (km <sup>2</sup> )	71.62175	53.96689	23.14	207.95
	$y_2$	Prosečan broj stanovnika opslužen jednom jedinicom	5456.46	4845.743	2481.68	19067.47
	$y_3$	Ostvaren prihod (SDR)	4.77e+08	1.11e+09	4.01e+07	7.12e+09
	$y_4$	Broj pisama – unutrašnji saobraćaj	6.92e+08	8.03e+08	1.60e+07	2.71e+09
	$y_5$	Broj pisama – međunarodni saobraćaj – otprema	1.16e+07	1.09e+07	1708800	4.49e+07
	$y_6$	Broj pisama – međunarodni saobraćaj – prijem	3.13e+07	3.89e+07	2278705	1.31e+08
	$y_7$	Broj registrovanih pošiljaka – unutrašnji saobraćaj	5.53e+07	4.51e+07	1436292	1.29e+08
	$y_8$	Broj registrovanih pošiljaka – međunarodni saobraćaj - otprema	1254859	801685.9	225594	3121179
	$y_9$	Broj registrovanih pošiljaka – međunarodni saobraćaj – prijem	969039.8	588556.3	229700	2401109
	$y_{10}$	Broj vrednosnih pisama – unutrašnji saobraćaj	942846.3	1079267	910	4293427
	$y_{11}$	Broj vrednosnih pisama – međunarodni saobraćaj – otprema	9256.475	17867.31	63	63181
	$y_{12}$	Broj vrednosnih pisama – međunarodni saobraćaj – prijem	16034.83	21541.96	639	102048
	$y_{13}$	Kopije novina	6.47e+07	1.00e+08	3828598	3.51e+08
	$y_{14}$	Broj ekspresnih pošiljaka – unutrašnji saobraćaj	4060362	6351638	361600	3.30e+07
	$y_{15}$	Broj ekspresnih pošiljaka – međunarodni saobraćaj - otprema	40970.85	34550.08	4570	109600
	$y_{16}$	Broj ekspresnih pošiljaka – međunarodni saobraćaj – prijem	70851.1	67044.57	6900	282958
	$y_{17}$	Broj vrednosnih paketa – unutrašnji saobraćaj	3968011	9542897	100	2.94e+07
	$y_{18}$	Broj vrednosnih paketa – međunarodni saobraćaj – otprema	22349.13	35168.17	21	129436
	$y_{19}$	Broj vrednosnih paketa – međunarodni saobraćaj – prijem	29489.63	38995.04	100	161289
	$y_{20}$	Broj novčanih uputnica – unutrašnji saobraćaj	5050498	5756788	19900	2.06e+07
	$y_{21}$	Broj novčanih uputnica – međunarodni saobraćaj – otprema	82820.02	102512.3	51	368705
	$y_{22}$	Broj novčanih uputnica – međunarodni saobraćaj – prijem	129808.6	95552.55	2537	337200

Veličina uzorka uslovljena je postojanjem relevantnih podataka za svaku pojedinačnu poštansku kompaniju. Uključivanje dodatnih kompanija u analizu uslovalo

bi izostavljanje nekih ulazno-izlaznih veličina, što bi potencijalno dovelo do pogrešnih rezultata i zaključaka.

Sa ciljem dodatnog poboljšanja diskriminatorne moći DEA, analiza je sprovedena nad podacima preseka (*cross-section data*) umesto nad panel podacima (*panel data*)[22][23], odnosno, svaka poštanska kompanija u toku svake godine posmatranog perioda posmatrana je kao posebna jedinica odlučivanja (*decision making unit – DMU*). Na taj način imamo ukupno 40 DMU. Ovim pristupom omogućeno je i direktno poređenje performansi jedne iste kompanije u toku posmatranog petogodišnjeg perioda.

U oceni efikasnosti, najpre je PCA sprovedena posebno nad grupom od svih 6 ulaza i 22 izlaza, kako bi se dobile glavne komponente (*principal components - PCs*) koje će se kasnije koristiti kao ulazi i izlazi u DEA (Tabela 2). Kao polazni uslov, izabrane glavne komponente treba da objašnjavaju najmanje 90% varijanse originalnih podataka.

Tabela 2. *Ocene PCA (korelacija između originalnih promenljivih i glavnih komponenti)*

U/I	Promenljiva	Ocene PCA				
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Ulazi	$x_1$	0.4563	-0.1407	-0.2270		
	$x_2$	0.4780	-0.1223	-0.2140		
	$x_3$	0.4676	0.2562	-0.0304		
	$x_4$	0.3721	-0.0230	0.9122		
	$x_5$	0.2528	0.8015	-0.1663		
	$x_6$	0.3773	-0.5066	-0.2050		
	<i>Opisana varijansa</i>		66.55%	84.48%	93.37%	
Izlazi	$y_1$	0.0037	0.3654	0.0690	-0.0201	-0.2491
	$y_2$	0.1024	0.3670	0.0176	0.2055	-0.1335
	$y_3$	0.1229	0.2077	-0.0720	0.1283	0.1622
	$y_4$	0.3313	-0.0826	-0.0584	-0.0163	-0.0183
	$y_5$	0.3241	-0.0784	-0.0048	-0.0922	-0.0476
	$y_6$	0.2591	0.2567	0.0759	-0.0102	-0.1189
	$y_7$	0.2569	0.0923	-0.1581	0.1608	0.3695
	$y_8$	0.3166	-0.0242	-0.1504	0.0608	-0.0007
	$y_9$	0.3148	-0.0680	-0.0926	-0.0736	-0.0322
	$y_{10}$	-0.0089	-0.1882	0.2445	0.5849	-0.0525
	$y_{11}$	0.2695	-0.2221	-0.1181	-0.0086	-0.1636
	$y_{12}$	0.0278	-0.1493	-0.0952	0.6402	-0.2086
	$y_{13}$	0.0169	-0.1143	0.5705	-0.1712	0.1310
	$y_{14}$	0.0979	0.3482	-0.0552	0.1749	0.1929
	$y_{15}$	0.2501	0.0503	0.3109	-0.1782	-0.0527
	$y_{16}$	0.2284	0.2812	0.0208	-0.0524	0.0273
	$y_{17}$	0.2750	-0.2055	-0.0921	-0.0579	-0.2018
	$y_{18}$	0.2638	-0.2323	-0.0822	-0.0264	0.0610
	$y_{19}$	0.0729	-0.1163	-0.0674	0.0419	0.7225
	$y_{20}$	0.1745	0.3267	0.1803	0.0350	-0.0230
	$y_{21}$	0.2062	-0.2377	0.2706	-0.0283	-0.1161
	$y_{22}$	0.0742	-0.0160	0.5389	0.2070	0.1676
<i>Opisana varijansa</i>		38.91%	64.98%	75.70%	83.99%	90.57%

Na osnovu rezultata PCA (Tabela 2), izabrane su prve 3 PC koje će se koristiti kao ulazi, i prvih 5 PC koje će se koristiti kao izlazi u DEA, i koje oblašnjavaju ukupno 93,37%, odnosno 90,57% varijanse originalnih podataka, respektivno. Na osnovu dobijenih ocena PCA, može se videti i uticaj svake pojedinačne originalne ulazno-izlazne veličine u okviru izabranih glavnih komponenti.

Opravdanost i adekvatnost PCA-DEA metode može se uočiti i u Tabeli 3. Primenom standardnog DEA modela čak 93% DMU su efikasne, u odnosu na 10% na osnovu PCA-DEA modela. Iz rezultata se može zaključiti neadekvatnost primene standardnog DEA modela, kao i opravdanost predloženog pristupa u smislu poboljšanja diskriminatorne moći DEA.

Tabela 3. Poređenje ocena efikasnosti na osnovu standardnog i PCA-DEA modela

Model	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Efikasno	Neefikasno
Standardni DEA model	0.988	0.043	0.822	1	37 (93%)	3 (7%)
PCA-DEA model	0.778	0.193	0.317	1	4 (10%)	36 (90%)

Ocene efikasnosti nacionalnih poštanskih kompanija za posmatrani vremenski period primenom PCA-DEA metoda date su u Tabeli 4. PCA-DEA model rešen je pomoću PCA-DEA softvera<sup>2</sup>, dok su sve ostale statističke kalkulacije u ovom radu realizovane pomoću Stata softvera<sup>3</sup>.

Poštanska kompanija iz Srbije pokazala je u proseku najviši nivo efikasnosti u toku posmatranog vremenskog perioda, i može se smatrati benčmarkom za ostale kompanije. Iako je pokazala konstantno poboljšanje nivoa efikasnosti, kompanija iz Bugarske je nalošije rangirana. Konstantno poboljšanje performansi demonstrirale su i kompanije iz Hrvatske, Estonije i Turske.

Tabela 4. Ocene efikasnosti poštanskih kompanija dobijene primenom PCA-DEA metoda

Zemlja	Godina				
	2008	2009	2010	2011	2012
Belorusija	0.833	0.734	0.700	0.715	0.733
Bugarska	0.317	0.320	0.331	0.375	0.410
Hrvatska	0.810	0.831	0.869	0.913	0.977
Češka	0.933	0.882	0.878	0.879	0.921
Estonija	0.664	0.777	0.733	0.761	1
Mađarska	0.653	0.743	0.800	0.828	0.779
Srbija	1	0.907	0.941	0.979	1
Turska	0.658	0.714	0.908	0.909	1

U drugoj fazi sprovedena je ocena uticaja pružanja logističkih i elektronskih usluga na nivo efikasnosti nacionalnih poštanskih kompanija. Koristeći dobijene ocene efikasnosti iz prethodne faze kao zavisnu promenljivu, ova analiza je realizovana primenom Tobit regresionog modela. Pružanje dodatnih usluga predstavljeno je kroz definisanje 14 nezavisnih veštačkih (*dummy*) binarnih promenljivih (Tabela 5), koje uzimaju vrednost 1 ukoliko određena kompanija pruža specifičnu uslugu u datoj godini posmatranog perioda, odnosno vrednost 0 u suprotnom.

<sup>2</sup> PCA-DEA Software, dostupno na: <http://pluto.huji.ac.il/~msnic/PCADEA.htm>

<sup>3</sup> Stata Software, dostupno na: <http://www.stata.com/stata13/>

Rezultati Tobit modela dati su u Tabeli 5. Statistički značajan i pozitivan uticaj na nivo efikasnosti poštanskih kompanija pokazalo je pružanje logističkih usluga, usluga plaćanja računa putem interneta, naručivanja robe putem interneta, praćenja statusa pošiljaka, kao i elektronske prodaje filatelističkih proizvoda. Iako nisu statistički značajne pri datom nivou rizika, pozitivan uticaj na nivo efikasnosti pokazale su i promenljive koje predstavljaju pružanje usluga javnog pristupa internetu, elektronskog potpisa, digitalnog poštanskog žiga, elektronske pretrage poštanskih kodova, kao i promene adrese elektronskim putem. Rezultati su pokazali da kompanije koje pružaju e-mail usluge, usluge elektronskog pečata, pružanja informacija o tarifama, kao i elektronske pretplate na časopise imaju niži nivo efikasnosti.

Tabela 5. *Rezultati Tobit modela*

Prom.	Opis	Vrednost $\beta$	t-racio
$z_1$	Logističke usluge	0.2047776*	2.75
$z_2$	Javni pristup internetu	0.0253716	0.48
$z_3$	Plaćanje računa putem interneta	0.1066037*	2.69
$z_4$	E-mail usluge	-0.2020199**	-2.78
$z_5$	Naručivanje robe putem interneta	0.2136459**	3.17
$z_6$	Praćenje pošiljaka ( <i>Track and Trace</i> )	0.4303057**	5.06
$z_7$	Elektronski pečat ( <i>E-stamp</i> )	-0.2168836**	-3.44
$z_8$	Elektronski potpis	0.1200053	1.58
$z_9$	Digitalni poštanski žig	0.0355809	0.44
$z_{10}$	Elektronska prodaja filatelističkih proizvoda	0.1359259*	2.48
$z_{11}$	Elektronska pretraga poštanskih kodova	0.1952017	2.04
$z_{12}$	Dostupnost informacija o tarifama	-0.11326	-1.09
$z_{13}$	Promena adrese elektronskim putem	0.0370572	0.40
$z_{14}$	Elektronska pretplata na časopise	-0.2569976**	-5.25
	Const.	0.2861122*	2.65
	Sigma	0.0936	
	Pseudo R <sup>2</sup>	-23.8410	
	Log likelihood	30.3752	
	Broj observacija	40	
	Broj necenzuriranih observacija	36	
	Broj cenzuriranih observacija	4	

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

\*\*Označava statistički značaj pri nivou rizika  $\alpha=1\%$

Ako posmatramo srpsku nacionalnu poštansku kompaniju „Pošta Srbije”, uzimajući u obzir usluge koje nisu uključene u poslovanje kompanije, potencijalno pozitivan efekat na nivo efikasnosti imalo bi pružanje usluge promene adrese elektronskim putem.

#### 4. Zaključak

U ovom radu izvršena je dvostepena analiza efikasnosti osam nacionalnih poštanskih kompanija u vremenskom periodu od 2008. do 2012. godine. Prva faza obuhvatila je ocenu relativne efikasnosti poštanskih kompanija pomoću PCA-DEA metode. Rezultati su pokazali značajno poboljšanje diskriminatorne moći DEA, kao i



verodostojnost predloženog pristupa u slučaju postojanja velikog broja ulazno-izlaznih veličina koje karakterišu poslovanje kompanija.

Koristeći dobijene ocene efikasnosti, uticaj pružanja logističkih i elektronskih usluga na nivo efikasnosti poštanskih kompanija analiziran je u drugoj fazi. Uticaj 14 eksternih promenljivih ocenjen je pomoću Tobit regresionog modela. Predloženi pristup može biti koristan u donošenju strateških odluka, u smislu opravdanosti uvođenja dodatnih usluga u poslovanje kompanija.

Prevazilaženje problema nepotpunih nacionalnih statistika omogućilo bi analizu nad većim uzorkom, što bi vodilo potencijalno konzistentnijim zaključcima.

## Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu TR36022 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- [1] S. Maruyama, and T. Nakajima, "Efficiency Measurement and Productivity Analysis for Japanese Postal Service", Working paper, Institute for Posts and Telecommunications Policy, Tokyo, 2002.
- [2] D. Borenstein, J. Becker, and V.J. Prado, "Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 24(10), pp. 1055-1078, 2004.
- [3] J.M. Iturralde, and C. Quiros, "Analysis of efficiency of the European postal sector", *International Journal of Production Economics*, vol. 144, pp. 84-90, 2008.
- [4] H. Priddey, and K. Harton, "Comparing the Efficiency of Stores at New Zealand Post", in Proceedings of the 45th Annual Conference of the ORSNZ, University of Auckland, Auckland, pp. 18-27, 2010.
- [5] H. Ostadi, and S. Atashkar, "Measuring Technical Efficiency of the Iranian Post Company Using Data Envelopment Analysis (DEA)", *International Economic Studies*, vol. 40(2), pp. 75-85, 2013.
- [6] N. Knežević, and S. Lekić, „Unapređenje procesa odlučivanja u poštanskom sistemu primenom analize obavljanja podataka“, *Tehnika*, vol. 3(58), pp. 1-12, 2008.
- [7] N. Knežević, N. Trubint, D. Macura, and N. Bojović, "A two-level approach for human resource planning towards organizational efficiency of a postal distribution system", *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, vol. 45(4), pp. 155-168, 2011.
- [8] M.J. Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 120, pp. 253-290, 1957.
- [9] A. Charnes, W.W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp. 429-444, 1978.
- [10] 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, pp. 1078-1092, 1984.
- [11] N. Adler, and B. Golany, "PCA-DEA", in J. Zhy, and W.D. Cook, *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis*. Springer, New York, NY, pp. 139-153, 2007.
- [12] E. Beltrami, "Sulle funzioni bilineari", *Giornale di Matematiche di Battaglini*, vol. 11, pp. 98-106, 1873.

- [13] M.C. Jordan, "Memoire sur les formes bilineaires", *Journal of Mathematiques Pures et Appliquees*, vol. 19, pp. 35-54, 1874.
- [14] S. Sharma, *Applied multivariate techniques*. John Wiley & Sons, New York, NY, 1996.
- [15] N. Adler, and B. Golany, "Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe", *European Journal of Operational Research*, vol. 132, pp. 260-273, 2001.
- [16] N. Adler, and B. Golany, "Including principal component weights to improve discrimination in data envelopment analysis", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 53, pp. 985-991, 2002.
- [17] R.A. Johnson, and D.W. Wichern, *Applied Multivariate Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, NJ, 1982.
- [18] J.F. Hair, R.E. Anderson, R.L. Tatham, and W.C. Black, *Multivariate data analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, NJ, 1995.
- [19] J. Tobin, "Estimation of relationships for limited dependent variables", *Econometrica*, vol. 26, pp. 24-36, 1958.
- [20] W.H. Greene, *Econometric analysis*. Prentice Hall, New Jersey, NJ, 1997.
- [21] A. Kutlar, A. Kabasakal, and M. Sarikaya, "Determination of the efficiency of the world railway companies by method of DEA and comparison of their efficiency by Tobit analysis", *Quality & Quantity*, vol. 47, pp. 3575-3602, 2013.
- [22] K. Cullinane, P. Ji, and T. Wang, "The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry", *Journal of Economics and Business*, vol. 57, pp. 433-462, 2005.
- [23] M. Andrejić, N. Bojović, and M. Kilibarda, "Benchmarking distribution centers using Principal component analysis and Data Envelopment Analysis: A case study of Serbia", *Expert Systems with Applications*, vol. 40, pp. 3926-3933, 2013.

**Abstract:** *Modern information society requires continuous improvement of service quality provided by postal companies, with introduction of new technologies and contents in their business. The aim of this paper is the impact assessment of these additional services on efficiency of national postal companies. First, efficiency evaluation is conducted using data envelopment analysis (DEA). Taking into account large number of input and output factors that characterize postal service, in order to improve discriminatory power of DEA, efficiency assessment was carried out by a combination of principal component analysis (PCA) and DEA methods. In the second phase, using obtained efficiency scores, an impact analysis of logistics and online services on postal companies efficiency level is conducted.*

**Keywords:** *efficiency, post, data envelopment analysis, principal component analysis*

## **EFFECTS OF PROVIDING LOGISTICS AND ONLINE SERVICES ON EFFICIENCY OF NATIONAL POSTAL COMPANIES**

Nikola Knežević, Nebojša Bojović, Miloš Milenković, Marko Kapetanović