Merenje efikasnosti organizacionih performansi – radijalni DEA pristup

PREDRAG V. RALEVIĆ, Akademija strukovnih studija
kosovsko-metohijska, Leposavić

MOMČILO J. DOBRODOLAC, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd

DRAGANA D. ŠARAC, Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Stručni rad

UDC: 658:005.51

DOI: 10.5937/tehnika2006798R

U ovom radu predstavljeno je radijalno merenje efikasnosti na odabranom numeričkom primeru koji uključuje više jedinica odlučivanja (DMU). Za tu svrhu upotrebljeni su originalni CCR i prošireni BCC radijalni DEA modeli. Ovde je pokazano da DMU može biti efikasna ili neefikasna u korišćenju resursa prilikom postizanja rezultata rada. Rezultati merenja efikasnosti ukazuju da je ocenjivanje CCR DEA modelom strože u poređenju sa BCC DEA modelom za svaku neefikasnu DMU nezavisno od toga da li se merenje efikasnosti usredsređuje na ulaze ili izlaze.

Ključne reči: merenje efikasnosti, radijalni DEA modeli, organizacione performanse, numerički primer

1. UVOD

Efikasnost u opštem smislu podrazumeva sposobnost organizacije da uspešno obavlja svoju delatnost bez gubitaka u potrošnji resursa. Ona zavisi od rezultata rada (izlazi) koji su postignuti upotrebom resursa (ulazi) i odgovarajuće tehnologije. U vezi s tim, efikasnost može da se definiše u smislu proizvodnih mogućnosti ili ekonomskog cilja. Prvi slučaj je povezan sa tehničkom efikasnošću, a drugi slučaj se odnosi na ekonomsku efikasnost.

Postoje dve široko rasprostranjene metode koje se koriste za merenje efikasnosti. Prva metoda je u osnovi neparameterski pristup, poznata kao DEA (engl. Data Envelopment Analysis). U domaćoj literaturi, ova metoda je poznata i kao analiza obavijanja podataka. Druga metoda je SFA (engl. Stochastic Frontier Analysis) koja je zasnovana na parametarskom pristupu.

Oba pristupa se odnose na poređenje trenutnih performansi sa optimalnim performansama koje se nalaze na granici efikasnosti. Ova granica se različito razvija u svakom od ova dva pristupa. Kao što je na to bilo ukazano u [1], ovi pristupi koriste različite načine da obaviju podatke i imaju različito prilagođavanje za

statističku obradu podataka – DEA koristi linearno programiranje, SFA koristi regresionu analizu. Za razliku od SFA pristupa gde se zahteva funkcionalna forma proizvodne funkcije, odnos ulaza i izlaza posmatrane DMU kod DEA pristupa ne treba da bude eksplicitno određen. To omogućava da se izbegnu negativni efekti specifikacije u regresionoj analizi koji mogu postojati u parametarskom pristupu.

Detaljnije o razlikama između DEA i SFA može se pronaći u radovima [2, 3, 4]. Dakle, u literaturi, DEA i SFA se izdvajaju kao dve najznačajnije metode za merenje efikasnosti organizacionih performansi. Ovde, kada se meri efikasnost, jedinica odlučivanja (engl. Decision Making Unit) (DMU) je zajednički pojam koji prema potrebi istraživanja može da se odnosi na oba nivoa organizacije – opšti i individualni.

Na primer, DMU može da predstavlja poštanskog operatora, aviokompaniju, banku, zdravstveni sistem, logistički distributivni centar. S druge strane, DMU može da bude jedinica poštanske mreže, određena linija aviokompanije, filijala banke, bolnica, distributivna jedinica.

Kada se govori o upotrebi DEA metode, s pravom može da se konstatuje da postoji veliki broj DEA publikacija koje ispituju i razmatraju efikasnost u različitim oblastima istraživanja. Autori su u radu [5] ukazali na brojne primene DEA metode kako u javnom, tako i u privatnom sektoru koje su objavljene između 1978. i 2016. godine. Ovi autori su pronašli više od deset hiljada DEA publikacija. Dalje, oni su

Adresa autora: Predrag Ralević, Akademija strukovnih studija kosovsko-metohijska, Leposavić, Nušićeva 6
e-mail: ralevicpredrag@gmail.com

Rad primljen: 21.10.2020.

Rad prihvaćen: 12.11.2020.

utvrdili da je poslednjih godina došlo do eksponencijskog rasta broja DEA publikacija koje se odnose na teoriju i upotrebu DEA metode u različitim oblastima. Ilustracije radi, 2010. bilo je preko 400 DEA publikacija, 2012. preko 800, a 2016. preko 1000.

U radu [6], na osnovu pregleda literature u Thomson Reuters Web of Science (WOS, 2012) za period 1978-2012, ukazano je na stalan rast DEA i SFA publikacija, identifikujući DEA kao standardnu tehniku operacionih istraživanja, dok se SFA uglavnom primenjuje u oblasti ekonomskih istraživanja.

2. RADIJALNI DEA PRISTUP

DEA metoda [7] koristi se za merenje efikasnosti DMU koja pripada posmatranom skupu jedinica odlučivanja. Merenje efikasnosti je zasnovano na poređenju tekućih izlaza sa maksimalno mogućim izlazima koji mogu da se dobiju od ulaza, ili na poređenju tekućih ulaza sa minimalno potrebnim ulazima koji su neophodni za stvaranje izlaza.

Dakle, u oba slučaja postoji poređenje trenutnih performansi sa optimalnim performansama koje su na granici efikasnosti, a koja se razvija različito u svakom od ova dva slučaja. Kao što je poznato, prvi slučaj je ulazno orijentisani (engl. Input-oriented) - ulazi se minimiziraju, dok se izlazi održavaju na trenutnim vrednostima, drugi slučaj je izlazno orijentisani (engl. Output-oriented) - izlazi se maksimiziraju, a ulazi održavaju na trenutnim nivoima.

Generalno, u DEA metodi koriste se dva pristupa za ocenjivanje efikasnosti. Jedan pristup je radijalni, drugi pristup je neradijalni. Shodno tome, razvijen je veliki broj DEA modela za merenje efikasnosti koji mogu da se razvrstaju u pet kategorija [8]:

- ulazno orijentisani i radijalni,
- izlazno orijentisani i radijalni,
- ulazno orijentisani i neradijalni,
- izlazno orijentisani i neradijalni,
- ostali razvoji.

Detaljan pregled teorije, metodologije i primene DEA metode može biti pronađen u [9].

Radijalni DEA modeli ocenjuju efikasnost DMU koristeći radijalno merenje koje podrazumeva proporcionalno smanjenje ulaza ili proporcionalno povećanje izlaza. Kao takvi, ovi modeli odražavaju proporcionalnu maksimalnu ulaznu (izlaznu) stopu povećanja (smanjenja) koja je zajednička za sve ulaze (izlaze).

Tako, radijalna merenja efikasnosti optimizuju sve ulaze i izlaze posmatrane DMU u određenom odnosu jer ova merenja pretpostavljaju da se svi ulazi (izlazi) ponašaju na proporcionalan način.

U ovom radu, autori će uvesti i opisati dva radijalna DEA modela za ocenjivanje efikasnosti organizacionih performansi. Jedan model je originalni CCR DEA model, a drugi je prošireni BCC DEA model. Korisno je istaći da su ovi DEA modeli u poređenju sa drugim DEA modelima najčešće korišćeni u istraživanjima.

U vezi s tim, cilj ovog rada i namera autora je da čitaocima približe teorijsko predstavljanje ova dva najznačajnija radijalna DEA modela, kao i njihovu praktičnu upotrebu na odabranom numeričkom primeru.

Pre nego se krene u predstavljanje i praktičnu upotrebu CCR i BCC radijalnih DEA modela koji pripadaju tradicionalnom DEA konceptu, treba istaći da se u istraživanjima koristi i neradijalni DEA pristup merenja efikasnosti [10]. Između ostalog, na primer, za razliku od radijalnog merenja, neradijalno merenje efikasnosti dopušta neproporcionalna smanjenja pozitivnih ulaza ili povećanja pozitivnih izlaza.

Ovde, kao i u slučaju radijalnog DEA pristupa, pozitivni ulazi i izlazi podrazumevaju ulazne i izlazne promenljive koje imaju vrednosti veće od nule. Korisno je naglasiti da i radijalni i neradijalni modeli ocenjuju efikasnost određujući istu granicu efikasnosti, ali mogu da naprave različite optimalne ciljne vrednosti za ulaze i izlaze [11].

Neka se posmatra skup od n DMU gde svaka DMU $_j$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) koristi ulaze $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \in (R^+)^m$, za pravljenje izlaza $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_s) \in (R^+)^s$, pri čemu je R^+ skup pozitivnih realnih brojeva. Transformaciju ulaza (resursa) u izlaze (rezultate rada) obavlja određena tehnologija praveći kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki izvodljive.

Ovde, pretpostavlja se da tehnologija može da pokazuje konstantni povraćaj na obim (engl. Constant Returns to Scale) (CRS) ili promenljivi povraćaj na obim (engl. Variable Returns to Scale) (VRS). U prvom slučaju radi se o CRS tehnologijama, a u drugom slučaju govori se o VRS tehnologijama. Kod CRS tehnologije se podrazumeva da proporcionalno povećanje ulaza izaziva proporcionalno povećanje izlaza, dok kod VRS tehnologije posmatrana DMU može da ima povećanje, smanjenje ili konstantni povraćaj na obim.

2.1 CCR DEA model

CCR DEA model je originalni radijalni DEA model za ocenjivanje efikasnosti, nazvan po početnim slovima prezimena autora (Charnes – Cooper – Rhodes), predložen u radu [7]. Ovaj model je razvijen unutar CRS pretpostavke, pa se u literaturi može pronaći i pod nazivom CRS DEA model. Za DMU $_o$,

$o \in j$, (DMU o označava jednu od n DMU) ulazno orijentisani CCR DEA model je definisan kao problem linearnog programiranja sa (1), dok je izlazno orijentisani radijalni DEA model određen kao problem linearnog programiranja sa (2).

$$\text{Min} \left\{ \theta^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (1)$$

$$\text{Max} \left\{ \phi^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2)$$

Korisno je istaći da CCR DEA model može biti formulisan i kao dualni problem linearnog programiranja, uz napomenu da obe forme – primal i dual CCR DEA modela daju iste rezultate.

2.2 BCC DEA model

BCC DEA model je radijalni DEA model za ocenjivanje efikasnosti, nazvan po početnim slovima prezimena autora (Banker – Charnes – Cooper), predložen u radu [12]. S obzirom na to da je ovaj model razvijen unutar VRS pretpostavke, u literaturi se može pronaći i pod nazivom VRS DEA model. Za DMU o ulazno i izlazno orijentisani BCC DEA modeli su određeni sa (3) i (4), respektivno.

$$\text{Min} \left\{ \theta^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3)$$

$$\text{Max} \left\{ \phi^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (4)$$

Kao kod CCR DEA modela, i BCC DEA model može da se predstavi kao dualni problem linearnog programiranja, gde takođe važi da obe forme modela daju jednake rezultate.

U modelima (1)–(4), kao što je poznato, DMU o označava jednu od n posmatranih DMU, dok x_{io} i y_{ro} označavaju i -ti ulaz i r -ti izlaz za DMU o , respektivno. U ovim modelima, θ^* i ϕ^* označavaju ulazno orijentisane i izlazno orijentisane CCR i BCC radijalne ocene efikasnosti posmatrane DMU o , respektivno. Dualne promenljive λ_j predstavljaju benčmarkove kao primere dobre prakse za neefikasne DMU. Prema tome, DMU o je efikasna ako i samo ako je $\theta^* = 1$ – modeli (1) i (3)

ili $\phi^* = 1$ – modeli (2) i (4), kao i $\lambda_j = 0$ za svako j osim za DMU o za koju je $\lambda = 1$.

U svim ostalim slučajevima DMU o je neefikasna. Dakle, potreban uslov da posmatrana DMU bude efikasna je da ima ocenu efikasnosti jednaku 1, dok se dovoljan uslov odnosi na ispunjavanje zahteva u vezi sa λ_j . Interesantno je naglasiti da postoji određena veza između ocena efikasnosti dobijenih ulaznom i izlazno orijentacijom.

Naime, veza između ove dve orijentacije je izvedena u radu [13] gde su autori pokazali ako je θ^* optimalno rešenje modela (1) ili (3), postoji odgovarajuće optimalno rešenje ϕ^* modela (2) i (4), tako da je $\phi^* = \frac{1}{\theta^*}$.

2.3 Optimizacija neefikasnih DMU

Upotrebom radijalnih CCR ili BCC DEA modela mogu da se otkriju DMU koje su neefikasne prema ulazima ili izlazima. S jedne strane, sa nivoa ulaza, ove DMU mogu da naprave iste izlaze sa ulazima od kojih najmanje jedan od ulaza može da bude manji.

S druge strane, sa nivoa izlaza, neefikasne DMU mogu korišćenjem istih ulaza da naprave izlaze od kojih najmanje jedan od izlaza može da bude veći. Dakle, za svaku otkrivenu neefikasnu DMU postoji problem optimizacije ulaza i izlaza.

Da se odrede optimalne vrednosti za ulaze i izlaze, treba za svaku neefikasnu DMU razviti i rešiti model (5) ili (6) korišćenjem optimalne vrednosti θ^* ili ϕ^* dobijene ulazno ili izlazno orijentisanim CCR DEA modelom, respektivno.

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (5)$$

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi^* y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (6)$$

S druge strane, optimizacija ulaza i izlaza neefikasnih DMU može da se izvede rešavanjem modela (7) ili (8) koji upotrebljavaju θ^* ili ϕ^* dobijene ulazno orijentisanim ili izlazno orijentisanim BCC DEA modelom, respektivno.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \right. \\ \left. \sum_{r=1}^s s_r^+ \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \end{array} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \right. \\ \left. \sum_{r=1}^s s_r^+ \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi^* y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \end{array} \right. \quad (8)$$

U modelima (5)–(8), s_i^- označava ulazni slak kao višak u ulazu, tj. neumerenost u korišćenju i -tog ulaza, a s_r^+ predstavlja izlazni slak koji se odnosi na manjak u izlazu, tj. deficit u ostvarenom r -tom izlazu. Prema svim ovim modelima, DMU_o je efikasna ako i samo ako je $\theta^* = 1$ (model (1) ili (3)) ili $\phi^* = 1$ (model (2) ili (4)), kao i dobijene vrednosti $s_i^{*-} = s_r^{*+} = 0$ za svako i i r . U ovom slučaju, DMU_o je Pareto efikasna. Ako $\theta^* = 1$ ili $\phi^* = 1$ i $s_i^{*-} \neq 0$ i (ili) $s_r^{*+} \neq 0$ za neke i i r , onda se kaže da je DMU_o slabo efikasna, tj. nije Pareto efikasna bez obzira na ocene efikasnosti koje pokazuju efikasan status za posmatranu DMU_o.

Konačno, određivanjem ulaznih i/(ili) izlaznih slakova za svaku neefikasnu DMU_o, stvoreni su uslovi da se odrede optimalne vrednosti za ulaze i ciljne vrednosti za izlaze.

Dakle, optimizacija ulaza i izlaza, koja utvrđuje efikasne nivoe ulaza i izlaza (x_o^*, y_o^*) , može da se izvede na način kao što je to predstavljeno u (9) kada se koriste ulazno orijentisani radijalni DEA modeli ili (10) kada se upotrebljavaju izlazno orijentisani radijalni DEA modeli.

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} = \theta_o^* x_{io} - s_i^{*-} \\ y_{ro}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = y_{ro} + s_r^{*+} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} = x_{io} - s_i^{*-} \\ y_{ro}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = \phi_o^* y_{ro} + s_r^{*+} \end{aligned} \quad (10)$$

3. PRIMENA RADIJALNIH DEA MODELA NA NUMERIČKOM PRIMERU

U ovoj sekciji rada, na odabranom numeričkom primeru, prvo će se pokazati implementacija radijalnih CCR i BCC DEA modela. Posle toga, na istom numeričkom primeru korišćenjem dobijenih rezultata iz prvog dela - CCR i BCC DEA ocene efikasnosti, predstaviće se kako se u stvarnosti određuju optimalne vrednosti za ulaze i izlaze kod neefikasnih DMU.

Neka se razmatra 7 jedinica odlučivanja koje koriste dva ulaza za dobijanje izlaza, kao što je to predstavljeno u tabeli 1. Kod upotrebe CCR DEA modela pretpostavlja se da ulazno-izlaznu transformaciju obavlja CRS tehnologija, a kod primene BCC DEA modela ovu transformaciju izvršava VRS tehnologija.

Tabela 1. Podaci o ulazima i izlazima

DMU	Ulaz 1	Ulaz 2	Izlaz
DMU 1	15	10	10
DMU 2	55	25	20
DMU 3	25	15	20
DMU 4	10	20	25
DMU 5	30	20	15
DMU 6	45	30	25
DMU 7	50	20	30

Merenje efikasnosti posmatranih DMU iz uzorka koji je dat u tabeli 1 korišćenjem CCR i BCC DEA modela zahteva da se primene i izračunaju modeli (1) i (3) – ulazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli ili (2) i (4) – izlazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli za svaku posmatranu DMU. Da li će se koristiti modeli (1) i (3) ili modeli (2) i (4) zavisi od toga da li se merenje efikasnosti usredsređuje na ulaze ili izlaze. U prvom slučaju, usmeravajući se na ulaze, rezultati omogućavaju da se pronađu jedinice sa najvećim kapacitetom i dobrim ishodima, kao i one sa malim kapacitetom i siromašnim ishodima. U drugom slučaju, usredsređujući se na izlaze, za svaku posmatranu DMU, može da se otkrije kako se upotreba i potrošnja ulaza odražavaju na izlaze. U vezi s tim, DMU može biti efikasna ili neefikasna u upotrebi ulaza u odnosu na ostvarene izlaze. Primena modela (1), na primer na DMU 3, može biti prikazana na sledeći način:

$$\theta^* = \min \theta$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 \leq 25\theta$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 \leq 15\theta$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 \geq 20\theta$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Kada se izračuna model (1) za DMU 3, dobijaju se optimalna rešenja $\theta^* = 0.955$, $\lambda_4 = 0.299$, $\lambda_7 = 0.418$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$. Konkretno, ulazno orijentisana CCR ocena efikasnosti za DMU 3 je okarakterisana sa θ^* , dok vrednosti λ_j određuju primere dobre prakse za ovu jedinicu.

Ovde, rezultati pokazuju da DMU 3 je CCR neefikasna, a primeri dobre prakse su DMU 4 i DMU 7.

Primena modela (2) na DMU 3, za podatke predstavljene u tabeli 1, može biti napisana na sledeći način:

$$\phi^* = \max \phi$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 \leq 25$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 \leq 15$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 \geq 20\phi$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Kada se izračuna model (2) za DMU 3, dobijaju se optimalna rešenja $\phi^* = 1.047$, $\lambda_4 = 0.313$, $\lambda_7 = 0.438$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$. Izlazno orijentisana CCR ocena efikasnosti za DMU 3 je označena sa ϕ^* , dok dualne promenljive λ_j , kao u prethodnom slučaju, određuju primere dobre prakse za ovu jedinicu. Razmatrajući dobijene rezultate za DMU 3, oni su potvrdili da je ova jedinica CCR neefikasna, kao i da su za nju najbolji benčmarkovi DMU 4 i DMU 7.

Primena modela (3) na DMU 3 je:

$$\theta^* = \min \theta$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 \leq 25\theta$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 \leq 15\theta$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 \geq 20$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Kada se izračuna model (3) za DMU 3, dobijaju se optimalna rešenja $\theta^* = 1.000$, $\lambda_3 = 1$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$. Ovi rezultati, dobijeni korišćenjem ulazno orijentisanog BCC DEA modela, pokazuju da DMU 3 ispunjava potreban i dovoljan uslov efikasnosti. Dakle, pored toga što DMU 3 ima BCC efikasan status, ona je i primer dobre operative prakse za određene neefikasne jedinice iz posmatranog skupa.

Primena modela (4) na DMU 3 je:

$$\phi^* = \max \phi$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 \leq 25$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 \leq 15$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 \geq 20\phi$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Kada se izračuna model (4) za DMU 3, dobijaju se optimalna rešenja $\phi^* = 1.000$, $\lambda_3 = 1$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$. Rezultati koji su izvedeni izlazno orijentisanim BCC DEA modelom su potvrdili da DMU 3 ispunjava oba uslova efikasnosti. Analogno kao na primeru DMU 3, implementacija modela (1)–(4) može da se izvrši za sve ostale DMU iz posmatranog skupa. Tako izvedeni rezultati su predstavljeni u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Ulazno orijentisane CCR i BCC DEA ocene efikasnosti

DMU	CCR ocene	Benčmarkovi	BCC ocene	Benčmarkovi
DMU 1	0.72727	DMU 4, 7	1.00000	Efikasna
DMU 2	0.54701	DMU 4, 7	0.60000	DMU 1, 7
DMU 3	0.95522	DMU 4, 7	1.00000	Efikasna
DMU 4	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna
DMU 5	0.54545	DMU 4, 7	0.63158	DMU 1, 3, 4
DMU 6	0.60606	DMU 4, 7	0.61333	DMU 3, 4, 7
DMU 7	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna

Izvor: Izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera

Tabela 3. Izlazno orijentisane CCR i BCC DEA ocene efikasnosti

DMU	CCR ocene	Benčmarkovi	BCC ocene	Benčmarkovi
DMU 1	1.37500	DMU 4, 7	1.00000	Efikasna
DMU 2	1.82813	DMU 4, 7	1.50000	DMU 7
DMU 3	1.04688	DMU 4, 7	1.00000	Efikasna
DMU 4	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna
DMU 5	1.83333	DMU 4, 7	1.83333	DMU 4, 7
DMU 6	1.65000	DMU 4, 7	1.17500	DMU 4, 7
DMU 7	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna

Izvor: Izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera

Rezultati u kolonama 2 i 4 tabele 2 pokazuju da je DMU 3 (CCR = 0.955 i BCC = 1.000) jedna od pet CCR neefikasnih jedinica i jedna od četiri BCC efikasnih jedinica. Primena modela (5) na DMU 3 može biti prikazana na sledeći način:

$$\text{Max } s_1^- + s_2^- + s_1^+$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25\theta_{CCR}^*$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15\theta_{CCR}^*$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Primena modela (7) na DMU 3 je:

$$\text{Max } s_1^- + s_2^- + s_1^+$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25\theta_{BCC}^*$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15\theta_{BCC}^*$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Da bi se izračunao model (5) za DMU 3, potrebno je uvrstiti optimalna rešenja dobijena za DMU 3 modelom (1). Kao što je poznato, ova rešenja su $\theta_{CCR}^* = 0.955$, $\lambda_4 = 0.299$, $\lambda_7 = 0.418$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$. Sada, primena modela (5) na DMU 3 daje optimalna rešenja $s_1^- = s_2^- = s_1^+ = 0$.

Primena modela (7) na DMU 3, kada se uvrste optimalna rešenja za DMU 3 ($\theta_{BCC}^* = 1.000$, $\lambda_3 = 1$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$) dobijena modelom (3), donosi ista optimalna rešenja kao model (5), tj. $s_1^- = s_2^- = s_1^+ = 0$. Interesantno je primetiti da ovi rezultati još jednom potvrđuju da DMU 3 je Pareto

efikasna kada ulazno-izlaznu transformaciju obavlja VRS tehnologija. Rezultati u tabeli 3 pokazuju da za DMU 3 važi da je CCR = 1.047 i BCC = 1.000. Primena modela (6) na DMU 3 može biti predstavljena na sledeći način:

$$\text{Max } s_1^- + s_2^- + s_1^+$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20\phi_{CCR}^*$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Primena modela (8) na DMU 3 je:

$$\text{Max } s_1^- + s_2^- + s_1^+$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20\phi_{CCR}^*$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Izračunavanje modela (6) i (8) za DMU 3 izvodi se analogno kao kod modela (5) i (7), respektivno. Dakle, da bi se primenio model (6), potrebno je koristiti optimalna rešenja dobijena modelom (2) (za DMU 3, $\phi_{CCR}^* = 1.047$, $\lambda_4 = 0.313$, $\lambda_7 = 0.438$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$), dok primena modela (8) zahteva da se koriste rezultati dobijeni modelom (4) (za DMU 3, $\phi_{BCC}^* = 1.000$, $\lambda_3 = 1$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$). Optimalna rešenja modela (6) i (8),

primenjena na DMU 3, potvrđuju rešenja modela (5) i (7) jer je $s_1^- = s_2^- = s_1^+ = 0$.

Optimalne vrednosti za ulaze i ciljna vrednost za izlaz za DMU 3 mogu da se dobiju primenom (9) ili (10). Kada se primeni (9) na DMU 3 dobija se:

$$x_{13}^* = 10\lambda_4 + 50\lambda_7 = 25\theta_{CCR}^* - s_1^- = 23.881$$

$$x_{23}^* = 20\lambda_4 + 20\lambda_7 = 15\theta_{CCR}^* - s_2^- = 14.328$$

$$y_{13}^* = 25\lambda_4 + 30\lambda_7 = 20 + s_1^+ = 20$$

$$x_{13}^* = 25\lambda_3 = 25\theta_{BCC}^* - s_1^- = 25$$

$$x_{23}^* = 15\lambda_3 = 15\theta_{BCC}^* - s_1^- = 15$$

$$y_{13}^* = 20\lambda_3 = 20 + s_1^+ = 20$$

Kada se primeni (10) na DMU 3 dobija se:

$$x_{13}^* = 10\lambda_4 + 50\lambda_7 = 25 - s_1^- = 25$$

$$x_{23}^* = 20\lambda_4 + 20\lambda_7 = 15 - s_2^- = 15$$

$$y_{13}^* = 25\lambda_4 + 30\lambda_7 = 20\phi_{CCR}^* + s_1^+ = 20.938$$

$$x_{13}^* = 25\lambda_3 = 25 - s_1^- = 25$$

$$x_{23}^* = 15\lambda_3 = 15 - s_1^- = 15$$

$$y_{13}^* = 20\lambda_3 = 20\phi_{BCC}^* + s_1^+ = 20$$

Prema rezultatima dobijenim primenom (9) i (10) za DMU 3, može da se uoči da nema promena u tekućim vrednostima ulaza i izlaza prema BCC efikasnosti. Ovo je bilo očekivano jer je pokazano upotrebom BCC DEA modela da DMU 3 ispunjava i potreban i dovoljan uslov BCC efikasnosti. Za razliku od toga, primenom kriterijuma CCR efikasnosti, dobijene su optimalne vrednosti za ulaze ($x_{13}^* = 23.881$ i $x_{23}^* = 14.328$) kada se izlaz održava na tekućem nivou ($y_{13}^* = 20$), kao i ciljna vrednost za izlaz ($y_{13}^* = 20.938$) kada se ulazi održavaju na tekućim nivoima ($x_{13}^* = 25$ i $x_{23}^* = 15$).

Analogno kao na primeru DMU 3, optimalne vrednosti za ulaze i ciljna vrednost za izlaz prema ulazno i izlazno orijentisanim CCR i BCC kriterijumima efikasnosti mogu da se dobiju za sve ostale neefikasne DMU iz posmatranog numeričkog primera. Ovi rezultati su prikazani u tabelama 4 i 5.

Tabela 4. Optimizacija - ulazno orijentisani CCR i BCC kriterijumi efikasnosti

DMU	CCR kriterijum efikasnosti			BCC kriterijum efikasnosti		
	x_1^*	x_2^*	y_1^*	x_1^*	x_2^*	y_1^*
DMU 1	10.909	7.273	10.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 2	30.085	13.675	20.000	25.000	15.000	20.000
DMU 3	23.881	14.328	20.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 4	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		
DMU 5	16.364	10.909	15.000	18.947	12.632	15.000
DMU 6	27.273	18.182	25.000	27.600	18.400	25.000
DMU 7	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		

Izvor: Izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera

Tabela 5. Optimizacija - izlazno orijentisani CCR i BCC kriterijumi efikasnosti

DMU	CCR kriterijum efikasnosti			BCC kriterijum efikasnosti		
	x_1^*	x_2^*	y_1^*	x_1^*	x_2^*	y_1^*
DMU 1	15.000	10.000	13.750	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 2	55.000	25.000	36.563	50.000	20.000	30.000
DMU 3	25.000	15.000	20.938	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 4	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		
DMU 5	30.000	20.000	27.500	30.000	20.000	27.500
DMU 6	45.000	30.000	41.250	45.000	20.000	29.375
DMU 7	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		

Izvor: Izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Analizirajući rezultate iz tabela 2 i 3, uočava se da za ulaznu orijentaciju važi da su CCR ocene efikasnosti manje (ili jednake) od BCC ocena efikasnosti, dok za izlaznu orijentaciju važi da su CCR ocene efikasnosti veće (ili jednake) od BCC ocena efikasnosti. Zapravo, CCR i BCC ocene efikasnosti su iste u

slučajevima kada DMU imaju CCR i BCC efikasan status ($CCR = 1$ i $BCC = 1$). U ovom slučaju, kada je DMU efikasna prema oba indikatora efikasnosti, kaže se da ona radi unutar MPSS (engl. Most Productive Scale Size). Za posmatrani numerički primer takve jedinice su DMU 4 i DMU 7. U vezi s tim, može da se doda da će DMU biti unutar MPSS uvek kada je CCR

efikasna. Prema tome, ako je jedinica CCR efikasna, onda će biti i BCC efikasna. S druge strane, ako je jedinica BCC efikasna, ne mora nužno da znači da će biti i CCR efikasna.

U stvarnosti, između ostalog, CCR DEA model se uspešno koristi za merenje ukupne tehničke efikasnosti, dok se BCC DEA model uspešno upotrebljava za merenje čiste tehničke efikasnosti koja se odnosi na radnu efikasnost. Konačno, uticaj okoline u kojoj DMU radi može da se ispita ocenom razmerne efikasnosti koja predstavlja odnos CCR i BCC ocene efikasnosti. Ovo je posebno značajno zbog toga što izvori neefikasnosti DMU mogu biti, pored ostalog, prouzrokovani i nekonkurentnim uslovima unutar kojih DMU radi. Dakle, CCR i BCC radijalni DEA modeli mogu da otkriju izvore neefikasnosti, tj. da li su oni prouzrokovani neefikasnim radom ili nekonkurentnim uslovima rada ili sa oba. Ovakav pristup analize DMU bio je primenjen u radovima [14, 15, 16]. Na primer, u radu [14], na posmatranom uzorku imenovanih poštanskih operatera (IPO kao DMU) iz zemalja članica EU i Srbije, utvrđeno je za 2011. godinu da IPO iz Austrije, Slovenije i Španije rade unutar MPSS ($CCR = BCC = 1$), dok su IPO iz Nemačke, Velike Britanije, Grčke i Malte bili blizu da postignu MPSS status. Dalje, na osnovu razmerne efikasnosti otkriveni su IPO koji imaju dobar odnos ostvarenog rezultata rada i angažovanih resursa (rade u konkurentnim uslovima) kao što su IPO u Austriji, Češkoj Republici, Danskoj, Finskoj, Nemačkoj, Mađarskoj, Irskoj, Italiji, Holandiji, Poljskoj, Portugalu, Slovačkoj, Sloveniji, Španiji i Švedskoj. Neki od ovih operatera, iako imaju dobar odnos rezultata i resursa, pokazuju neefikasnost u radu. Takvi primeri su mogli da se uoče kod imenovanih poštanskih operatera u Češkoj Republici, Poljskoj i Portugalu. S druge strane, uočeni su bili slučajevi gde IPO rade u nekonkurentnim uslovima, ali imaju efikasnost rada iznad proseka, na primer IPO u Kipru i Luksemburgu. Konačno, u radu su bili identifikovani operatori koji obavljaju delatnost u nekonkurentnim uslovima i pokazuju neefikasnost u radu (IPO iz Bugarske, Estonije, Letonije, Litvanije, Rumunije, Slovačke i Srbije).

Radna efikasnost koja se izračunava korišćenjem BCC DEA modela može da se poboljša čak i u onim slučajevima gde je ona relativno visoka. Naime, osnovna pretpostavka u studijama koje ispituju vezu između ljudskog kapitala i učinka je da znanje, veštine i sposobnosti zaposlenih imaju direktan uticaj na rezultate rada - povećanje nivoa znanja, veština i sposobnosti ima pozitivan uticaj na učinak i efikasnost, i obrnuto [17]. Što se tiče uticaja okruženja unutar kojeg DMU radi, u radovima [15, 16], na primeru dostavnih jedinica poštanske mreže, pokazano je da lokacija dostavne jedinice ima veliki uticaj na troškovnu

neefikasnost - pronađeno je da na troškovnu efikasnost utiču u većoj meri uslovi okruženja nego radna efikasnost.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno radijalno merenje efikasnosti na odabranom numeričkom primeru koji uključuje više jedinica odlučivanja (DMU) korišćenje analize obavljanja podataka (DEA). Za tu svrhu upotrebljeni su originalni CCR i prošireni BCC DEA modeli.

Rezultati merenja potvrdili su pretpostavku da CCR i BCC ocene efikasnosti mogu da budu različite za posmatranu DMU. Ovde je pokazano da je merenje efikasnosti originalnim DEA modelom strože u ocenjivanju efikasnosti proširenim DEA modelom. Zapravo, rezultati merenja efikasnosti su pokazali da su ocene efikasnosti izvedene CCR DEA modelom manje ili jednake od ocena efikasnosti dobijenih BCC DEA modelom bez obzira na to da li je izabrana ulazna ili izlazna orijentacija.

Konkretno, u ovom radu, na proizvoljno odabranom skupu DMU, primenjeni su ulazno i izlazno orijentisani radijalni CCR i BCC DEA modeli u zavisnosti od toga da li se merenje efikasnosti usredsređuje na ulaze ili izlaze. U prvom slučaju, usmeravajući se na ulaze, merenje efikasnosti omogućava da se pronađu jedinice odlučivanja sa najvećim kapacitetom i dobrim ishodima, kao i one sa malim kapacitetom i siromašnim ishodima. U drugom slučaju, usredsređujući se na izlaze, za svaku posmatranu DMU, merenje efikasnosti može da otkrije kako se upotreba i potrošnja ulaza odražavaju na izlaze. U vezi s tim, uočeno je da DMU može biti efikasna ili neefikasna u upotrebi resursa u odnosu na ostvarene rezultate rada.

Numerički primer razmatran u ovom radu mogao je da uključi veći broj jedinica odlučivanja, kao i veći broj ulaza i izlaza. Kao što je poznato u DEA literaturi, veći broj DMU čiji je rad adekvatno modeliran sa odgovarajućim brojem ulaza i izlaza daje korisne i smislene rezultate.

Naime, u ovom radu, namera autora je da se na odabranom numeričkom primeru pokaže kako se primenjuju CCR i BCC DEA modeli obe orijentacije kao najistaknutiji predstavnici radijalnih DEA modela, kao i kakve su njihove mogućnosti kada se meri efikasnost organizacionih performansi.

LITERATURA

- [1] Ralević P, *Model optimizacije resursa javnog poštanskog operatera baziran na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga* (doktorska disertacija). Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2014.

- [2] Coelli T, Rao D. S. P, O'Donnel C. J, Battese G. E, *An introduction to efficiency and productivity analysis*, 2nd ed. Springer, New York, 2005.
- [3] Lan L. W, Erwin T. J, Measurement of railways productive efficiency with data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Journal of the Chinese Institute of Transportation*, Vol. 15, pp. 49–78, 2003.
- [4] Lin L. C, Tseng L. A, Application of DEA and SFA on the measurement of operating efficiencies for 27 international container ports. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 592–607, 2005.
- [5] Emrouznejada A, Yang G-., A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 61, pp. 4–8, 2018.
- [6] Lampe H. W, Hilgers D, Trajectories of efficiency measurement: a bibliometric analysis of DEA and SFA. *European Journal of Operational Research*, Vol. 240, No. 1, pp. 1–21, 2015.
- [7] Charnes A, Cooper W. W, Rhodes E, Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429–444, 1978.
- [8] Fukuyama H. Radial efficiency measures in data envelopment analysis, in: Wang J. (Ed.), *Encyclopedia of business analytics and optimization (1967–1976)*. IGI Global, Hershey, 2014.
- [9] Cooper W. W, Seiford L. M, Tone K, *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, 2nd ed. Springer, New York, 2007.
- [10] Färe R, Lovell C. A. K, Measuring the technical efficiency. *Journal of Economic Theory*, Vol. 19, No. 1, pp. 150–162, 1978.
- [11] Ralević P, Blagojević M, Ilić, Ocenjivanje efikasnosti logističkih performansi korišćenjem radialnih i neradialnih DEA modela. *VII Međunarodni simpozijum „Novi horizonti 2019 saobraćaja i komunikacija“*, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboje, Doboje, str. 473–479, 2019.
- [12] Banker R. D, Charnes A, Cooper W. W, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078–1092, 1984.
- [13] Seiford L. M, Thrall R. M, Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics*, Vol. 46, No. 1–2, pp. 7–38, 1990.
- [14] [Ralević P, Dobrodolac M, Marković D, Finger M, Stability of the classifications of returns to scale in data envelopment analysis: a case study of the set of public postal operators. *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 11, No. 8, pp. 177–196, 2014.
- [15] Ralević P, Dobrodolac M, Marković D, Using a nonparametric technique to measure the cost efficiency of postal delivery branches. *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 24, No. 3, pp. 637–657, 2016.
- [16] Blagojević M, Ralević P, Šarac D, An integrated approach to analysing the cost efficiency of postal networks. *Utilities Policy*, Vol. 62, 101002, pp. 1–8, 2020.
- [17] Wright P. M, McMahan G. C, Exploring human capital: putting human back into strategic human resource management. *Human Resource Management Journal*, Vol. 21, No. 2, pp. 93–104, 2011.

SUMMARY

MEASURING THE EFFICIENCY OF ORGANIZATIONAL PERFORMANCE - A RADIAL DEA APPROACH

A radial measurement of efficiency on a selected numerical example involving multiple decision units (DMUs) is presented in this paper. Original CCR and extended BCC radial DEA models are used for this purpose. It is demonstrated here that DMUs can be efficient or inefficient in the use of resources in achieving work results. The results of the efficiency measurement indicate that the evaluation by the CCR DEA model is more strict compared to the BCC DEA model for each inefficient DMU regardless of whether the efficiency measurement focuses on inputs or outputs.

Key words: efficiency measurement, radial DEA models, organizational performance, a numerical example