

Predrag RALEVIĆ
Momčilo DOBRODOLAC

MERENJE EFIKASNOSTI UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE

- radijalni i neradijalni DEA pristupi



UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET
2020.

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Predrag RALEVIĆ
Momčilo DOBRODOLAC

**MERENJE EFIKASNOSTI
UNIVERZALNE
POŠTANSKE USLUGE**
- radijalni i neradijalni DEA pristupi

BEOGRAD,
2020. godina

Predrag Ralević, Momčilo Dobrodolac
MERENJE EFIKASNOSTI UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE
– radijalni i neradijalni DEA pristupi
I izdanje

Recenzenti: dr Vera Marković
dr Dragana Šarac
dr Mladenka Blagojević

Za izdavača: dr Nebojša Bojović, dekan

Glavni i odgovorni urednik: dr Marijana Petrović

Tehnički urednik: Gordana Marjanović

Korice: Predrag S. Zdravković

Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet,
Vojvode Stepe 305; telefon: 3976–017; fax: 3096–704
<http://www.sf.bg.ac.rs>

Priprema: dr Predrag Ralević

Štampa: Pekograf d.o.o.
11080 Zemun, Vojni put 258/d
telefon/fax: 3149–166; e-mail: pekograf@sbb.rs
<http://www.pekograf.com>

Tiraž: 40 primeraka

ISBN 978–86–7395–434–9

DOI: <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954349.PT>

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 604/2 od 16. jula 2020. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao monografija

Ova publikacija podržana je finansijski od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	1
1. TEORIJSKI KONCEPT MERENJA EFIKASNOSTI.....	3
1.1 DEA i SFA metode.....	3
1.2 Tradicionalno merenje efikasnosti u DEA pristupu.....	5
1.2.1 Debreu-Farelovo merenje efikasnosti ulazne orijentacije.....	6
1.2.2 Debreu-Farelovo merenje efikasnosti izlazne orijentacije.....	7
1.2.3 Određeni slučajevi merenja efikasnosti.....	8
1.2.4 Nesavršenost tradicionalnog DEA merenja efikasnosti.....	11
1.3 Sprovođenje DEA metode.....	13
1.4 Upotreba DEA metode.....	17
1.5 Opis DEA publikacija autora monografije.....	20
2. DEA MODELI ZA MERENJE EFIKASNOSTI.....	29
2.1 Radijalni DEA modeli.....	29
2.1.1 CCR DEA model.....	30
2.1.2 BCC DEA model.....	31
2.1.3 Primena CCR i BCC DEA modela na numeričkom primeru.....	32
2.1.4 Određivanje optimalnih ulaza i izlaza neefikasnih DMU.....	38
2.2 Neradijalni DEA modeli.....	44
2.2.1 Neradijalni DEA modeli unutar CRS i VRS.....	44
2.2.2 Aditivni DEA model.....	46
2.2.3 Primena neradijalnih DEA modela na numeričkom primeru.....	48

2.3 DEA programski paketi i razvojna okruženja.....	56
2.3.1 Karakteristike i upotreba DEA-excel solvera.....	58
3. SPROVOĐENJE DEA METODE ZA MERENJE EFIKASNOSTI UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE.....	65
3.1 Specifičnosti i karakteristike poštanskih usluga.....	66
3.1.1 Značaj poštanskih usluga.....	67
3.1.2 Vrste poštanskih usluga.....	72
3.1.3 Tržište poštanskih usluga u svetu i Republici Srbiji.....	76
3.1.4 Rokovi za uručenje poštanskih pošiljaka.....	81
3.2 Novi koncept univerzalne poštanske usluge.....	83
3.2.1 Prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom..	88
3.2.1.1 Formulacija Basovog modela.....	89
3.2.1.2 Izračunavanje parametara Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge.....	92
3.2.1.3 Izračunavanje potencijala tržišta Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge.....	94
3.2.1.4 Primena Basovog modela za procenu tražnje za novom poštanskom uslugom.....	98
3.2.2 Prihodna analiza nove univerzalne poštanske usluge u funkciji različitih cena.....	99
3.3 Segmentacija jedinica poštanske mreže imenovanog poštanskog operatora.....	103
3.3.1 Opis postojećeg stanja.....	104
3.3.2 Segmentacija dostavnih jedinica.....	104
3.3.3 Segmentacija isporučnih jedinica.....	109
3.4 Primena DEA metode za slučaj univerzalne poštanske usluge.....	111
3.4.1 Opis prve faze.....	113
3.4.2 Opis druge faze.....	115
3.4.3 Opis treće faze.....	115
3.4.4 MBA koncept.....	124

4. OPTIMIZACIJA RESURSA ZA OBAVLJANJE UNIVERZALNE USLUGE – STUDIJA SLUČAJA NA ODABRANOM SKUPU IMENOVANIH POŠTANSKIH OPERATORA.....	131
4.1 Prikupljanje podataka i opis promenljivih.....	131
4.2 Izvođenje rezultata i optimizacija upotrebom radijalnih DEA modela.....	136
4.2.1 Karakteristike efikasnosti prema radijalnim DEA modelima.....	136
4.2.2 Optimizacija primenom ulazno i izlazno orijentisanih CCR i BCC DEA modela.....	141
4.3 Izvođenje rezultata i optimizacija korišćenjem neradijalnih DEA modela.....	144
4.3.1 Karakteristike efikasnosti prema neradijalnim DEA modelima.....	144
4.3.2 Optimizacija primenom ulazno i izlazno orijentisanih neradijalnih DEA modela.....	148
4.3.3 Optimizacija primenom aditivnog neradijalnog DEA modela.....	151
4.4 Analiza produktivnosti imenovanih poštanskih operatora.....	153
LITERATURA.....	157
BELEŠKE O AUTORIMA.....	167

PREDGOVOR

Naučna monografija pod nazivom "Merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge - radijalni i neradijalni DEA pristupi" je publikacija u kojoj se na originalan i sveobuhvatan način obrađuje teorijski i praktični koncept merenja efikasnosti u poštanskom saobraćaju. U ovoj monografiji merenje efikasnosti posmatrane jedinice odlučivanja (engl. *Decision Making Unit*) (DMU) je zasnovano na poređenju trenutnih ulaza (resursa) i izlaza (rezultata rada) sa optimalnim performansama. Ovde, DMU je zajednički pojam koji prema potrebi istraživanja može da se odnosi na oba nivoa organizacije - opšti (DMU kao poštanski operator, aviokompanija, logistički distributivni centar) i individualni (DMU kao jedinica poštanske mreže, određena linija aviokompanije, distributivna jedinica). U vezi s tim, autori su predstavili neparаметarsku DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*) metodu, kao i dva DEA pristupa za merenje efikasnosti. Prvi pristup je radijalni koji pripada tradicionalnom DEA konceptu, dok je drugi neradijalni pristup merenja efikasnosti.

Autori ove monografije imaju višegodišnje iskustvo u istraživanju i primeni DEA metode. Pre svega, oni su najčešće u svojim DEA publikacijama upotrebljavali DEA metodu u oblasti poštanskog saobraćaja. Autori monografije se zahvaljuju i ostalim autorima koji se pojavljuju u njihovim DEA publikacijama, a koji su nesumnjivo doprineli kvalitetu ovih publikacija. Svakako, DEA publikacije koje su autori napisali između 2013. i 2020. godine, posebno sedam radova objavljenih u časopisima sa SCI liste, pokretačka su snaga da se razvije i nastane ova monografija. Autori su uvereni da monografija može da doprinese daljem razvoju neparаметarske DEA metode, kao i da inspiriše i motiviše sadašnje i buduće DEA istraživače.

Monografija je napisana latiničnim pismom, dvostrano na 168 stranica (više od 80 stranica po autoru, pri čemu je ukupan broj tekstovnih znakova veći od 80 × 1800) uključujući referentnu literaturu i beleške o autorima. Pored opštih delova - naslovna strana na srpskom jeziku, impresum i sadržaj, monografija sadrži 5 strukturnih celina - četiri poglavlja i literaturu. U prvom poglavlju, uveden je i razmatran teorijski koncept merenja efikasnosti. Pored toga, autori su ukazali na određene faze koje je potrebno uraditi da bi se uspešno primenila DEA metoda, uz konstataciju da sve više raste broj objavljenih DEA publikacija. U drugom

poglavljju, predstavljeni su određeni DEA modeli za ocenjivanje efikasnosti. Ovde, autori su analizirali ulazno i izlazno orijentisane radialne i neradialne DEA modele i ispitivali upotrebu ovih modela na odabranom numeričkom primeru. U trećem poglavljju ova monografija razmatra imenovane poštanske operatore (IPO) kao davaoce univerzalne poštanske usluge. Naime, ovi operatori predstavljaju nezamenljiv i integralni deo poštanskog saobraćaja u svakoj savremenoj zemlji Evrope i sveta. Autori su ukazali na specifičnosti univerzalne usluge, a zatim su razmatrali nove koncepte pružanja ove usluge. Pored toga, razmatrana je segmentacija raznorodnih jedinica poštanske mreže kao neophodna za implementaciju DEA metode, kao i mogućnosti primene ove metode za slučaj univerzalne poštanske usluge. U četvrtom poglavljju obezbeđeno je rešenje koje optimizuje upotrebljene resurse za obavljanje univerzalne usluge i identifikuje primere dobre operativne prakse. Ovo rešenje otkriva IPO koji pokazuju neumerenost u korišćenju resursa i/ili imaju deficit u ostvarenim rezultatima, kao i da za ove IPO pronalazi smernice i preporuke za poboljšanje obavljanja univerzalne usluge. Konačno, u ovom delu monografije je pokazano kako se izvodi analiza produktivnosti obavljanja univerzalne usluge korišćenjem MBA (engl. *Malmquist Based Approach*) koncepta. To omogućava da se utvrdi da li je došlo do poboljšanja ili pogoršanja produktivnosti tokom vremena, kao i da se ispitaju izvori promene produktivnosti u smislu tehnologije i efikasnosti obavljanja univerzalne usluge.

Autori se zahvaljuju recenzentima prof. dr Veri Marković, redovnom profesoru Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu, prof. dr Dragani Šarac, vanrednom profesoru Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, kao i prof. dr Mladenki Blagojević, vanrednom profesoru Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu na dragocenim primedbama i sugestijama. Pored toga, autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je finansijski podržalo ovu naučnu publikaciju.

Autori

Beograd, decembar 2020. godine

1. TEORIJSKI KONCEPT MERENJA EFIKASNOSTI

Kada se govori o efikasnosti u opštem smislu, misli se na sposobnost organizacije da uspešno i dobro obavlja svoju delatnost bez gubitaka u potrošnji resursa. Efikasnost koju organizacija postiže obavljajući svoju delatnost zavisi od rezultata rada (izlazi) koji su postignuti korišćenjem resursa (ulazi) i odgovarajuće tehnologije. U tom kontekstu, efikasnost može da se definiše u smislu proizvodnih mogućnosti ili ekonomskog cilja. Prvi slučaj je povezan sa tehničkom (proizvodnom) efikasnošću (engl. *Technical Efficiency*) kao poređenje između posmatranih izlaza (rezultati rada) sa maksimalno mogućim izlazima koji mogu da se dobiju od tekućih ulaza (resursa) ili poređenje posmatranih ulaza sa minimalno potrebnim ulazima koji se zahtevaju da bi se napravili tekući izlazi. U drugom slučaju, efikasnost nije merena na osnovu veze između fizičke količine ulaza i izlaza, već na osnovu veze između vrednosti ulaza i izlaza. U ovom slučaju, govori se o ekonomskoj efikasnosti (engl. *Economic Efficiency*) zbog optimuma koji je izražen u vrednosnom smislu. Na primer, ako je cilj minimiziranje troškova, onda merenje troškovne efikasnosti podrazumeva poređenje između minimalno mogućih troškova i trenutnih troškova.

1.1 DEA i SFA metode

Postoje dve široko rasprostranjene metode koje se koriste za merenje efikasnosti. Prva metoda je u osnovi neparametarski pristup za analizu efikasnosti poznata kao DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*). U domaćoj literaturi, DEA je poznata i po opisnom nazivu analiza obavijanja podataka. Druga metoda je SFA (engl. *Stochastic Frontier Analysis*) koja je zasnovana na parametarskom (ekonometrijskom) pristupu. Oba pristupa uključuju poređenje trenutnih performansi sa optimalnim performansama koje su locirane na relevantnoj aproksimativnoj granici efikasnosti, koja se različito razvija u svakom od ova dva pristupa. U literaturi, DEA i SFA se izdvajaju kao dve najznačajnije metode za ocenjivanje efikasnosti organizacije kao celine, kao i pojedinačnih organizacionih delova. 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. [Lampe i Hilgers \(2015\)](#) su na osnovu pregleda literature u *Thomson Reuters Web of Science (WOS, 2012)* za period 1978-2012, prepoznali stalan rast DEA i SFA publikacija, identifikujući DEA kao standardnu tehniku operacionih istraživanja, dok se SFA uglavnom primenjuje u oblasti ekonomskih istraživanja.

Merenje efikasnosti uključuje poređenje stvarnog učinka DMU sa optimalnim učinkom koji se nalazi na granici efikasnosti. Prema tome, da bi se izmerila neefikasnost posmatrane DMU potrebno je razviti granicu efikasnosti i proceniti udaljenost posmatrane DMU od ove granice. Na ovaj način bila bi izmerena apsolutna (stvarna) efikasnost. Međutim, u praksi ova granica je nepoznata, pa je potrebno izvršiti empirijsku aproksimaciju granice efikasnosti koja je poznata i pod nazivom granica najbolje prakse, i proceniti odstupanje DMU od ove granice. U ovom slučaju, biće izmerena relativna efikasnost.

U parametarskom pristupu razvoj proizvodne funkcije (granica efikasnosti) se bazira na teorijskoj pretpostavci da proizvodna funkcija (maksimalno ostvariv izlaz sa datim skupom ulaza) ili troškovna funkcija (minimalni trošak proizvodnje sa datim cenama ulaza) predstavlja idealno stanje. Dakle, u ovom konceptu, osnovna pretpostavka je da DMU ne može da premaši to idealno stanje. Model proizvodne funkcije predstavlja regresioni model, uveden u radu [Cobb i Douglas \(1928\)](#), koji se uklapa u teorijsko ograničenje da sve opservacije leže unutar teorijskog ekstremuma. Standardna ekonometrijska platforma za ovaj tip analize je model (engl. *Stochastic Frontier*) predstavljen u radu [Aigner i sar. \(1977\)](#). Takvo merenje efikasnosti podrazumeva empirijsku procenu u kojoj meri posmatrane DMU postižu teorijski ideal.

DEA metoda ([Charnes i sar, 1978](#)) je matematički programski pristup za merenje efikasnosti koji koristi linearno programiranje. Ovde, za razliku od parametarskog pristupa, DMU je posmatrana kao višeulazna i višeizlazna jedinica odlučivanja. Da bi se procenila relativna efikasnost DMU, potrebno je da se razvije granica efikasnosti ili proizvodna mogućnost (engl. *Production Possibility Set*) unutar koje DMU radi, korišćenjem skupa svih posmatranih DMU. Kada se odredi ova granica, lokacija DMU unutar nje će obezbediti odgovore u vezi sa relativnom

efikasnošću DMU (Fried i sar, 2008). Prema tome, one DMU koje su na granici biće okarakterisane kao efikasne, dok one koje su van granice smatraju se kao neefikasne.

Parametarski i neparametarski pristupi imaju sličnosti i razlike u razvijanju granice i proceni relativne efikasnosti od ove granice. U tom cilju, oba pristupa koriste funkcije odstojanja da mere efikasnost u odnosu na granicu, a mogu se kategorizovati po tipu raspoloživih podataka i promenljivih. U vezi s tim, moguće je posmatrati presek podataka za jedan vremenski period (engl. *Cross-section Data Set*) ili skup podataka za više vremenskih perioda (engl. *Panel Data Set*) sa kvantitativnim ili kvantitativnim i cenovnim promenljivim veličinama. Ako se koriste samo kvantitativne promenljive, tada je moguće oceniti tehničku efikasnost, dok sa kvantitativnim i cenovnim može biti izvedena ekonomska efikasnost. Dalje, kao što je na to bilo ukazano u [Ralević \(2014\)](#), parametarski i neparametarski 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. Konačno, za razliku od SFA koja dopušta jedan ulaz (izlaz) i više izlaza (ulaza), DEA dopušta višeulaznu i višeizlaznu DMU. Detaljnije o razlikama između DEA i SFA se može pronaći u [Coelli i sar. \(2005\)](#), [Lan i Erwin \(2003\)](#), kao i [Lin i Tseng \(2005\)](#). U daljem tekstu ovog poglavlja monografije autori će se koncentrisati i usredsrediti na DEA pristup, uz napomenu da se detaljan pregled teorije, metodologije i primene DEA metode nalazi u [Cooper i sar. \(2007\)](#).

1.2 Tradicionalno merenje efikasnosti u DEA pristupu

DEA je neparametarska metoda koja se koristi za merenje relativne efikasnosti za grupu DMU gde su poznate vrednosti za ulazne i izlazne promenljive. Kao što je na to već bilo ukazano, merenje efikasnosti uključuje poređenje između posmatranih izlaza sa maksimalno mogućim izlazima koji mogu da se dobiju od ulaza, ili poređenje posmatranih ulaza sa minimalno potrebnim ulazima koji su neophodni za stvaranje izlaza.

Prvi slučaj je ulazno orijentisani (engl. *Input-oriented*) kod kojeg se ulazi minimiziraju, dok se izlazi održavaju na trenutnim nivoima. Drugi slučaj je izlazno orijentisani (engl. *Output-oriented*) kod kojeg se izlazi maksimiziraju, a ulazi održavaju na trenutnim vrednostima. Oba slučaja podrazumevaju poređenje trenutnih performansi sa optimalnim performansama koje su na granici efikasnosti.

Na početku, pre nego se predstavi kako se izvodi tradicionalno merenje efikasnosti korišćenjem DEA, treba spomenuti da je formalnu definiciju efikasnosti dao Koopmans (Koopmans, 1951). Prema ovom izvoru, DMU je tehnički efikasna ako povećanje nekog izlaza zahteva smanjenje najmanje jednog od ostalih izlaza ili povećanje najmanje jednog od ulaza, i ako smanjenje nekog ulaza zahteva povećanje najmanje jednog od drugih ulaza ili smanjenje najmanje jednog od izlaza. Prema tome, tehnički neefikasna DMU može da napravi iste izlaze sa ulazima od kojih najmanje jedan može da bude manji, ili može korišćenjem istih ulaza da napravi izlaze od kojih najmanje jedan može da bude veći.

1.2.1 Debreu-Farelovo merenje efikasnosti ulazne orijentacije

Debreu (Debreu, 1951) i Farel (Farrell, 1957) predstavili su merenje tehničke efikasnosti sa ulaznom i izlaznom orijentacijom, što je osnova merenja efikasnosti u DEA pristupu. S jedne strane, merenje efikasnosti sa ulaznom orijentacijom je definisano kao maksimalno radijalno smanjenje ulaza koje je izvodljivo sa datom tehnologijom i izlazima. S druge strane, merenje efikasnosti sa izlaznom orijentacijom je definisano kao maksimalna radijalna ekspanzija svih izlaza koja je izvodljiva sa datom tehnologijom i ulazima.

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. Proizvodna tehnologija T transformiše ulaze (resurse) u izlaze (rezultate rada), praveći kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki izvodljive. Shodno tome, tehnologija može biti opisana kao proizvodni skup $T = \{(y, x) : x \text{ može da proizvede } y\}$. Prema Koopmansovoj definiciji, DMU za koju postoji $(y, x) \in T$ je efikasna ako, i samo ako $(\hat{y}, \hat{x}) \notin T$ za $(\hat{y}, \hat{x} - \Delta x) \geq (y, x - \Delta x)$, $\Delta x_i \geq 0$, $i = 1, 2, 3, \dots, m$. Relacije poretka \geq i \leq nad skupovima oblika $(R^+)^n$ koriste se u ovoj monografiji u skladu sa definicijom datom u radu Koopmans (1951).

Tehnologija T može da se opiše skupovima okarakterisanih sa ulazima $L(y) = \{x: (y, x) \in T\}$ koji za svaki $y \in (R^+)^S$ imaju ulazne izokvante $I(y) = \{x: x \in L(y), \lambda x \notin L(y), \lambda < 1\}$, ulazne efikasne podskupove $E(y) = \{x: x \in L(y), \hat{x} \notin L(y), \hat{x} \leq x\}$, kao i tri skupa koji zadovoljavaju $E(y) \subseteq I(y) \subseteq L(y)$.

U relaciji (1.1), predstavljena je ulazna funkcija odstojanja (engl. *Input Distance Function*) koja je uvedena u radu Shephard (1953). Ona obezbeđuje funkcionalno predstavljanje proizvodne tehnologije. Ako $x \in L(y)$, tada je $D_I(y, x) \geq 1$, ako $x \in I(y)$, tada je $D_I(y, x) = 1$.

$$D_I(y, x) = \max\{\lambda: (x / \lambda) \in L(y)\} \quad (1.1)$$

U relaciji (1.2) Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije predstavljeno je kao vrednost funkcije.

$$TE_I(y, x) = \min\{\theta: \theta x \in L(y)\} \quad (1.2)$$

Na osnovu (1.1), dobija se (1.3). Ako $x \in L(y)$, tada je $TE_I(y, x) \leq 1$, ako $x \in I(y)$, tada je $TE_I(y, x) = 1$.

$$TE_I(y, x) = \frac{1}{D_I(y, x)} \quad (1.3)$$

1.2.2 Debreu-Farelovo merenje efikasnosti izlazne orijentacije

U mnogim slučajevima potrebno je da se meri tehnička efikasnost izlazno orijentisana. Za tu svrhu, tehnologija T je predstavljena kao $P(x) = \{y: (y, x) \in T\}$. Ovde, tehnologija je predstavljena skupovima koji su opisani sa izlazima i koji za svaki $x \in (R^+)^m$ imaju izlazne izokvante $I(x) = \{y: y \in P(x), \lambda y \notin P(x), \lambda > 1\}$, ulazne efikasne podskupove $E(x) = \{y: y \in P(x), \hat{y} \notin P(x), \hat{y} \geq y\}$, kao i tri skupa koji zadovoljavaju $E(x) \subseteq I(x) \subseteq P(x)$.

U ovom slučaju funkcionalno predstavljanje proizvodne tehnologije može da se obezbedi izlaznom funkcijom odstojanja (engl. *Output Distance Function*), kao što je to prikazano u relaciji (1.4). Ova funkcija odstojanja data je u radu Shephard (1970). Ako $y \in P(x)$, tada je $D_O(x, y) \leq 1$, ako $y \in I(x)$, tada je $D_O(x, y) = 1$.

$$D_o(x, y) = \min\{\lambda: (y / \lambda) \in P(x)\} \quad (1.4)$$

Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije predstavljeno je u (1.5).

$$TE_o(x, y) = \max\{\phi: \phi y \in P(x)\} \quad (1.5)$$

Na osnovu (1.4), dobija se (1.6). Ako $y \in P(x)$, tada je $TE_o(x, y) \geq 1$, ako $x \in I(x)$, tada je $TE_o(x, y) = 1$.

$$TE_o(x, y) = \frac{1}{D_o(x, y)} \quad (1.6)$$

1.2.3 Određeni slučajevi merenja efikasnosti

U prethodne dve sekcije predstavljena su Debreu-Farelova merenja tehničke efikasnosti ulazne i izlazne orijentacije za opšti slučaj kada postoji više ulaza $m > 1$ i više izlaza $s > 1$. Ovde, predstavice se dva određena slučaja merenja efikasnosti. Za ulaznu orijentaciju posmatrač se $m = 1$ i $s > 1$, a za izlaznu orijentaciju posmatrač se $m > 1$ i $s = 1$.

Ulazna funkcija odstojanja, za slučaj kada postoji jedan ulaz ($m = 1$) i više izlaza ($s > 1$), predstavljena je u (1.7).

$$D_I(y, x) = \frac{x}{g(y)} \geq 1 \Leftrightarrow x \geq g(y) \quad (1.7)$$

U relaciji (1.7), $g(y)$ je minimalna vrednost potrebnog ulaza za stvaranje izlaza y , tj. $g(y) = \min\{x: x \in L(y)\}$. Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti postaje odnos minimalnog ulaza i stvarnog ulaza, kao što je prikazano u (1.8).

$$TE_I(y, x) = \frac{1}{D_I(y, x)} = \frac{g(y)}{x} \leq 1 \quad (1.8)$$

Za slučaj kada postoji jedan izlaz ($s = 1$), a više ulaza ($m > 1$), izlazna funkcija odstojanja je predstavljena u (1.9).

$$D_o(x, y) = \frac{y}{f(x)} \leq 1 \Leftrightarrow y \leq f(x) \quad (1.9)$$

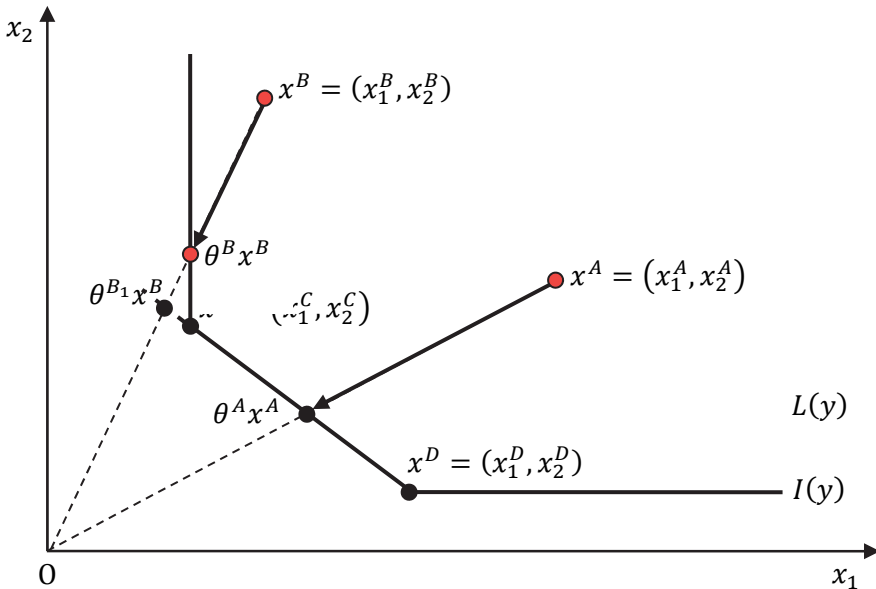
U relaciji (1.9), $f(x)$ je maksimalna vrednost izlaza koja može da se dobije sa ulazima x , tj. $f(x) = \max\{y: y \in P(x)\}$. Tako, merenje tehničke efikasnosti, sada postaje odnos maksimalnog izlaza i stvarnog izlaza, kao što je predstavljeno u (1.10).

$$TE_0(x, y) = \frac{1}{D_0(x, y)} = \frac{f(x)}{y} \geq 1 \quad (1.10)$$

Na slikama 1.1 i 1.2 predstavljena su Debreu-Farelova merenja tehničke efikasnosti ulazne orijentacije (TE_I) i tehničke efikasnosti izlazne orijentacije (TE_0). U prvom slučaju za merenje efikasnosti ulazne orijentacije bila je posmatrana ulazna izokvanta $I(y)$, sa odgovarajućim ulaznim skupom $L(y)$ čiji elementi su oblika $x = (x_1, x_2)$, jednim izlazom (y) i datom tehnologijom T , tj. $L(y) = \{x: (y, x) \in T \wedge x \in (R^+)^2\}$. U drugom primeru za merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije bila je posmatrana izlazna izokvanta $I(x)$, sa odgovarajućim izlaznim skupom $P(x)$ čiji elementi su oblika $y = (y_1, y_2)$, jednim ulazom (x) i datom tehnologijom T , tj. $P(x) = \{y: (y, x) \in T \wedge y \in (R^+)^2\}$.

Na slici 1.1, $L(y)$ je deo prvog kvadranta koji je sa $I(y)$ kao granicom efikasnosti ograničen odozdo (sa donje strane). Ovdje, posmatraju se četiri DMU (A, B, C i D) koje sa ulaznim vektorima $x^A = (x_1^A, x_2^A)$, $x^B = (x_1^B, x_2^B)$, $x^C = (x_1^C, x_2^C)$ i $x^D = (x_1^D, x_2^D)$ prave isti izlazni vektor y koristeći datu tehnologiju T .

Ulazni vektori $x^A = (x_1^A, x_2^A)$ i $x^B = (x_1^B, x_2^B)$ nalaze se unutar $L(y)$, oba vektora mogu da budu radijalno skraćena pri tome da i dalje ostanu sposobni da naprave izlazni vektor y . Ulazni vektori $x^C = (x_1^C, x_2^C)$ i $x^D = (x_1^D, x_2^D)$ ne mogu da budu radijalno skraćeni a da pri tome i dalje ostanu sposobni da naprave izlazni vektor y . To je iz razloga što se ovi vektori nalaze na ulaznoj izokvanti (granici efikasnosti) $I(y)$, pa je $TE_I(y, x^C) = TE_I(y, x^D) = 1 > \max\{TE_I(y, x^A), TE_I(y, x^B)\}$. Ulazni vektor x^A sadrži nepotpuno iskorišćene ulaze x_1^A i x_2^A , pa radijalno smanjeni ulazni vektor x^A na nivo ulaznog vektora $\theta^A x^A = (\theta^A x_1^A, \theta^A x_2^A)$ postaje tehnički efikasan u stvaranju izlaznog vektora y . Isti problem se javlja i kod ulaznog vektora x^B . Ovaj vektor postaje tehnički efikasan posle radijalnog smanjenja na nivo ulaznog vektora $\theta^B x^B = (\theta^B x_1^B, \theta^B x_2^B)$. Prema tome, važi da je $TE_I(y, \theta^A x^A) = TE_I(y, \theta^B x^B) = 1$, $\theta^A x^A \in E(y)$, ali $\theta^B x^B \notin E(y)$.



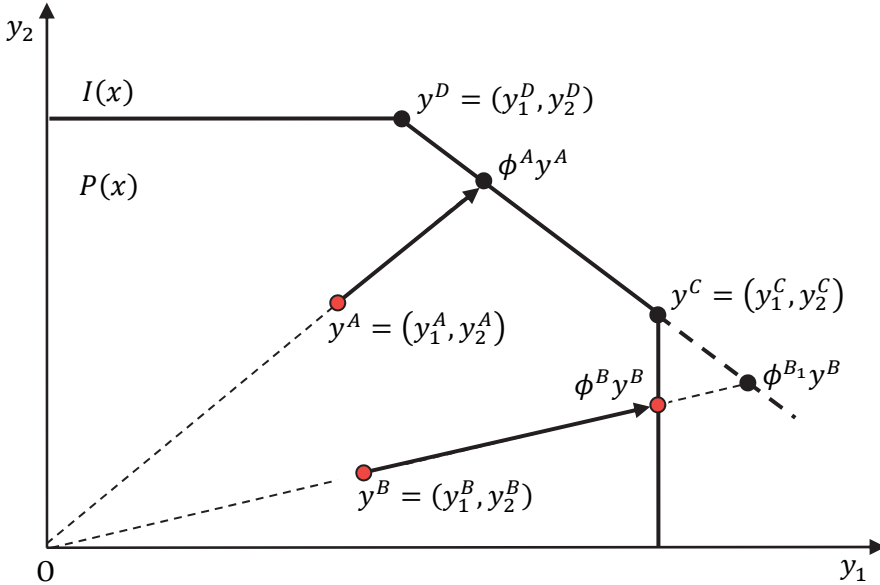
Slika 1.1 Ulazno orijentisana tehnička efikasnost (izvor: prilagođeno na osnovu Fried i sar, 2008)

Ulazni vektor x^B radijalno smanjen na nivo ulaznog vektora $\theta^B x^B$ zadovoljava Debreu-Farellove uslove, ali ne i Kopmansove zahteve, jer, i pored izvršene optimalne radijalne projekcije, ostaju nepotpuno iskorišćeni ulazi. Ovaj vektor može da zadovolji Kopmansove zahteva ako se nivo $\theta^B x^B$ dodatno smanji na nivo $\theta^{B_1} x^B$, kao što je prikazano na slici 1.1. U ovom slučaju važi $\theta^{B_1} x^B \in E(y)$, gde je $E(y) = \{x: x \in L(y), \hat{x} \notin L(y), \hat{x} \leq x\}$, kao i $E(y) \subseteq I(y) \subseteq L(y)$.

Na slici 1.2, $P(x)$ je deo prvog kvadranta koji je sa $I(x)$ kao granicom efikasnosti ograničen odozgo (sa gornje strane). Kao u prethodnom slučaju, posmatraju se četiri DMU (A, B, C i D) koje prave izlazne vektore $y^A = (y_1^A, y_2^A)$, $y^B = (y_1^B, y_2^B)$, $y^C = (y_1^C, y_2^C)$ i $y^D = (y_1^D, y_2^D)$ koristeći ulazni vektor x i datu tehnologiju T .

Izlazni vektori $y^C = (y_1^C, y_2^C)$ i $y^D = (y_1^D, y_2^D)$ su tehnički efikasno dobijeni korišćenjem ulaza x . Ovo nije slučaj sa izlaznim vektorima $y^A = (y_1^A, y_2^A)$ i $y^B = (y_1^B, y_2^B)$, iako su dobijeni korišćenjem istog ulaza x . Izlazni vektori $y^C = (y_1^C, y_2^C)$ i $y^D = (y_1^D, y_2^D)$ ne mogu da budu radijalno uvećani a da pri tome i dalje koriste ulazni vektor x . To je zbog toga što se ovi vektori nalaze na izlaznoj izokvanti (granici efikasnosti) $I(x)$, pa je

$TE_o(x, y^C) = TE_o(x, y^D) = 1 < \min\{TE_o(x, y^A), TE_o(x, y^B)\}$. Radijalno uvećani izlazni vektori y^A i y^B na nivo $\phi^A y^A = (\phi^A y_1^A, \phi^A y_2^A)$ i $\phi^B y^B = (\phi^B y_1^B, \phi^B y_2^B)$ postaju efikasno dobijeni korišćenjem ulaza x . Tada važi $TE_o(x, \phi^A y^A) = TE_o(x, \phi^B y^B) = 1$, $\phi^A y^A \in E(x)$, ali $\phi^B y^B \notin E(x)$.



Slika 1.2 Izlazno orijentisana tehnička efikasnost (izvor: prilagođeno na osnovu Fried i sar, 2008)

Izlazni vektor y^B radijalno uvećan na nivo izlaznog vektora $\phi^B y^B$ zadovoljava Debreu-Farelove uslove, ali ne i Kopmansove zahteve, jer, i pored izvršene optimalne radijalne projekcije, ostaju nepotuno ostvareni izlazi. Vektor može da zadovolji Kopmansove zahteve ako se nivo $\phi^B y^B$ dodatno poveća na nivo $\phi^{B_1} y^B$, kao što je predstavljeno na slici 1.2. U ovom slučaju $\phi^{B_1} y^B \in E(x)$, gde je $E(x) = \{y: y \in P(x), \hat{y} \notin P(x), \hat{y} \geq y\}$, kao i $E(x) \subseteq I(x) \subseteq P(x)$.

1.2.4 Nesavršenost tradicionalnog DEA merenja efikasnosti

Značajna osobina, zapravo nedostatak Debreu-Farelovih merenja efikasnosti je da se ne podudaraju u potpunosti sa Kopmansovom definicijom efikasnosti. Kao što je to prethodno bilo utvrđeno,

Kopmansova definicija zahteva da DMU pripada u oba efikasna podskupa, dok Debreu-Farelova merenja zahtevaju da DMU pripada jedino izokvantama. Shodno tome, može se zaključiti da je Debreu-Farelova tehnička efikasnost potreban, ali ne i dovoljan uslov Kopmansove tehničke efikasnosti.

Dakle, mogu da se pojave slučajevi koji zadovoljavaju Debreu-Farelove uslove, ali ne i Kopmansove zahteve, jer, i pored izvršene optimalne radijalne projekcije, ostaju nepotpuno iskorišćeni ulazi ili nepotpuno ostvareni izlazi. To znači da se definicija efikasnosti razlikuje od merenja efikasnosti u mogućem postojanju neiskorišćenih ulaza, tj. u ulazima mogu da postoje slakovi (engl. *Input Slacks*) ili nepotpuno ostvarenih izlaza, tj. u izlazima mogu da postoje slakovi (engl. *Output Slacks*). Ovi slučajevi su prikazani na slikama 1.1 i 1.2, gde $\theta^B x^B$ i $\phi^B y^B$ ispunjavaju Debreu-Farelove uslove, ali ne ispunjavaju Kopmansove zahteve. U prvom slučaju kod $\theta^B x^B$ ostaju ulazni slakovi, a u drugom slučaju kod $\phi^B y^B$ ostaju izlazni slakovi. Generalno, postojanje slakova u ulazima pokazuje da postoji neumerenost u korišćenju ulaza, dok postojanje slakova u izlazima ukazuje da postoji deficit u ostvarenim rezultatima (Ralević, 2014). Korisno je napomenuti da, za razliku od merenja tehničke efikasnosti, kada se meri ekonomska efikasnost, ne postoji razlika između definisane i izmerene efikasnosti. Kao što je poznato, definisanje i merenje ove efikasnosti zahteva specifikaciju ekonomskog cilja i informaciju o relevantnim cenama. U literaturi, ekonomska efikasnost može da se pronađe pod nazivom *ukupna efikasnost* (engl. *Overall Efficiency*), a moguće je izmeriti kao troškovnu efikasnost, prihodnu efikasnost ili profitnu efikasnost.

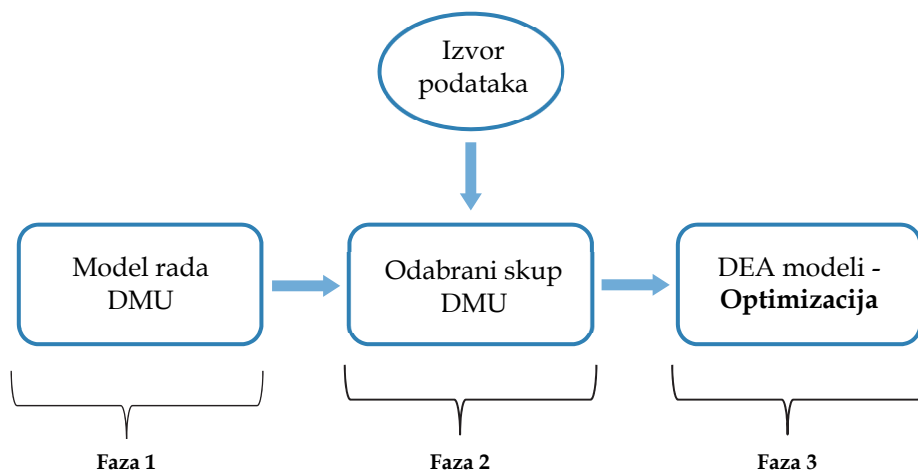
Pored radijalnog merenja efikasnosti, za koje može da se kaže da pripada tradicionalnom DEA konceptu, postoji i neradijalni DEA pristup merenja efikasnosti. Između ostalog, za razliku od tradicionalnog pristupa, ovaj pristup, uveden u radu Färe i Lovell (1978), ne dopušta postojanje ulaznih i izlaznih slakova na granici efikasnosti. Detaljnije o razlikama između radijalnog i neradijalnog DEA pristupa biće reči u drugom poglavlju monografije, kada se budu uvodili određeni DEA modeli koji koriste jedan od ova dva pristupa za merenje efikasnosti.

1.3 Sprovođenje DEA metode

Razvijanje granice efikasnosti primenom DEA metode je zasnovano na odabranom skupu DMU. Kao što je to utvrđeno u radu [Charnes i sar. \(1994\)](#), težište DEA koncepta je na pojedinačnim posmatranjima nasuprot populacionim osrednjavanjima, dok odabrani skup DMU treba da obuhvati međusobno uporedive jedinice. Granica efikasnosti se razvija tako što obavlja jedinice odlučivanja iz odabranog skupa DMU. DEA razmatra svaku DMU pojedinačno i ispituje da li ulaze posmatrane DMU može da obavije odozdo, ako se primenjuje ulazna orijentacija, ili izlaze odozgo, ako se primenjuje izlazna orijentacija. Ako DMU može biti obavijena odozdo, tada ona može postići dati izlaz sa ulazima od kojih najmanje jedan od ulaza može da bude manji. S druge strane, ako DMU može biti obavijena odozgo, tada ona može korišćenjem istih ulaza da napravi izlaze od kojih najmanje jedan od izlaza može da bude veći. U oba slučaja, posmatrana DMU je relativno neefikasna jer može biti obavijena odozdo ili odozgo. One DMU koje ne mogu da budu obavijene, upravo učestvuju u razvijanju granice efikasnosti i identifikuju se kao efikasne jedinice.

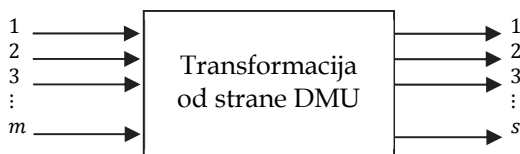
U ovoj sekciji autori će pokušati da ukažu na određene faze koje je potrebno uraditi da bi se uspešno primenila DEA metoda. Oni će ove faze predstaviti na osnovu brojnih publikacija u kojima je bila upotrebljena DEA metoda, kao i njihovog višegodišnjeg iskustva u ovoj oblasti. Shodno tome, kao što je to prikazano na slici 1.3, autori predlažu tri faze koje treba realizovati kada se u istraživanjima primenjuje DEA metoda.

U prvoj fazi, na osnovu poznavanja teorije i struke iz određene oblasti, treba da se modelira rad posmatrane DMU kao višeulazne i višeizlazne jedinice. U DEA pristupu ideja je da se procenjuju jedinice odlučivanja koje imaju kontrolu nad procesima koje koriste kako bi pretvorili svoje ulaze (resurse) u izlaze (rezultate rada). Prema tome, DMU se može predstaviti u opštem obliku kao na slici 1.4, gde se m ulaza transformiše u s izlaza. Identifikacija ulaza i izlaza jedinice odlučivanja u stvarnosti je teška, ali je od vitalnog značaja. Ona zavisi od specifičnosti rada DMU. Pored toga, ova identifikacija često zavisi i od faktora okruženja u kojem jedinica radi, a koji mogu direktno da utiču na transformaciju ulaza u izlaze. Zbog toga, u takvim slučajevima faktori okruženja bi trebalo da se odraze na ulaze ili izlaze.



Slika 1.3 Faze u primeni DEA metode

Dakle, u prvoj fazi treba izabrati reprezentativne ulazne i izlazne promenljive kako bi one objektivno predstavljale aktivnosti na koje se odnose. Tako odabrane promenljive mogu verodostojno da predstavljaju sve resurse (npr. kadrovske, materijalne, finansijske i informacione) koje DMU koristi, kao i sve rezultate koje DMU ostvaruje. Kao što je na to ukazano u [Ralević \(2014\)](#), ukoliko se ulazi i izlazi pravilno ne definišu, dobijeni rezultati mogu navesti na površno tumačenje, kao i na delimično tačne i pogrešne zaključke u vezi sa efikasnošću posmatrane DMU.



Slika 1.4 Višeulazni i višeizlazni model rada DMU

Druga faza zahteva studiju slučaja na nivou odabranih DMU kao višeulaznih i višeizlaznih jedinica odlučivanja. Na ovaj način se omogućava sprovođenje DEA metode i dopušta da se optimum definiše u kvantitativnom i vrednosnom smislu. Dakle, u ovoj fazi potrebno je da se definiše skup koji obuhvata veći broj DMU, kao i da se za svaku jedinicu odrede vrednosti za izabrane ulazne i izlazne promenljive. Kada se vrši izbor DMU, treba voditi računa da se ne posmatraju

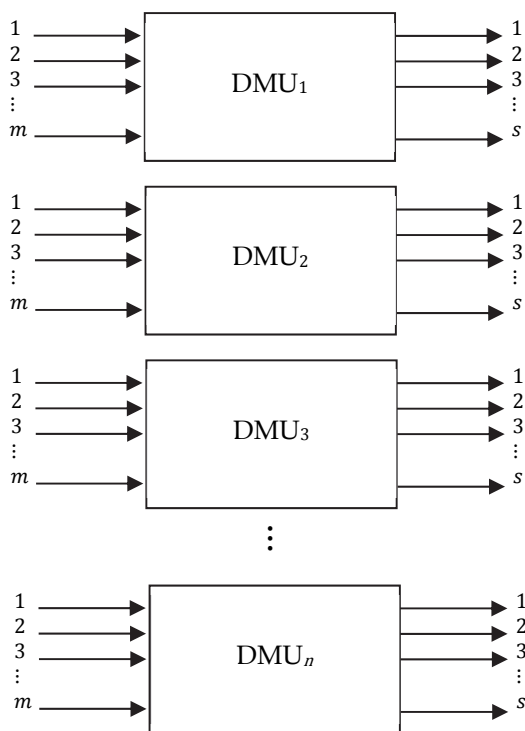
međusobno neuporedive jedinice odlučivanja, a vrednosti za ulaze i izlaze treba da budu dobijene iz pouzdanih i referentnih izvora. U radu [Cooper i sar. \(2007\)](#) predloženo je nekoliko praktičnih saveta prilikom izbora DMU:

- podaci o ulazima i izlazima za svaku DMU treba da budu raspoloživi za svaki ulaz i svaki izlaz i treba da imaju pozitivne vrednosti,
- u analizu treba da uđu svi podaci koji su od interesa za analitičara,
- u principu teži se smanjenju ulaza i povećanju izlaza, pa zbog toga prilikom definisanja ulaza i izlaza treba održati ovaj princip,
- merne jedinice ulaza i izlaza ne moraju biti jednorodne.

Na slici 1.5 predstavljen je skup od n DMU koje su okarakterisane sa m ulaza i s izlaza. Generalno, broj posmatranih DMU (n) treba da bude veći od ukupnog broja ulaza (m) i izlaza (s) ili, kako je to preporučeno u [Cooper i sar. \(2006\)](#), potrebno je da se ispuni uslov $m + s < \frac{n}{2}$. Ovdje, korisno je napomenuti da DEA daje bolje i smislenije rezultate kada postoji veliki broj posmatranih DMU. Obrnuto, sprovođenje DEA metode na malom skupu jedinica odlučivanja gubi smisao sa stanovišta upotrebe DEA rezultata. Interesantno je navesti da je u radu [Golany i Roll \(1989\)](#) dat praktičan savet kako može da se poveća broj posmatranih DMU. Naime, ovi autori su ukazali da broj DMU može da se poveća četiri puta ako se vrednosti ulaza i izlaza predstavljene na godišnjem nivou podele kvartalno.

Kada se primenjuje DEA metoda, istraživači mogu da se suoče sa problemom velikog broja ulaza i izlaza s jedne strane i malog broja DMU s druge strane. Ovaj problem može uspešno da se reši primenom multivarijacione statističke analize ([Jerkins i Anderson, 2003](#)).

Ideja je da se eliminišu određeni ulazi i izlazi, a da se pri tome ne izgube značajne informacije o efikasnosti posmatranih DMU. Na primer, ako je koeficijent korelacije između ispitivanih parova ulaza i/ili parova izlaza jednak ili približno jednak 1, a varijansa jednaka ili približno jednaka 0, tada treba eliminisati jedan od ulaza i/ili jedan od izlaza. Eliminacija ulaza i/ili izlaza između kojih postoji visoka korelacija u većini slučajeva neće presudno uticati na efikasnost posmatranih DMU. Međutim, treba napomenuti da u nekim slučajevima rezultati dobijeni multivarijacionom statističkom analizom mogu da eliminišu neke visoko korelisane ulaze i/ili izlaze koji su veoma važni za efikasnost posmatranih DMU.



Slika 1.5 Skup od n DMU okarakterisanih sa m ulaza i s izlaza (izvor: [Ralević, 2014](#))

Ideja je da se eliminišu određeni ulazi i izlazi, a da se pri tome ne izgube značajne informacije o efikasnosti posmatranih DMU. Na primer, ako je koeficijent korelacije između ispitivanih parova ulaza i/ili parova izlaza jednak ili približno jednak 1, a varijansa jednaka ili približno jednaka 0, tada treba eliminisati jedan od ulaza i/ili jedan od izlaza. Eliminacija ulaza i/ili izlaza između kojih postoji visoka korelacija u većini slučajeva neće presudno uticati na efikasnost posmatranih DMU. Međutim, treba napomenuti da u nekim slučajevima rezultati dobijeni multivarijacionom statističkom analizom mogu da eliminišu neke visoko korelisane ulaze i/ili izlaze koji su veoma važni za efikasnost posmatranih DMU.

U trećoj fazi, kao što je to predstavljeno na slici 1.3, treba izabrati i primeniti određene DEA modele za ocenjivanje efikasnosti i izvršiti optimizaciju. Dakle, u ovoj fazi se izvode rezultati povezani sa merenjem

i analizom efikasnosti odabranih jedinica odlučivanja iz posmatranog skupa DMU. Konkretnije, izabrani DEA modeli se primenjuju na svaku pojedinačnu DMU iz posmatranog skupa na osnovu modeliranja njihovog rada kao višeulazne i višeizlazne jedinice. Rezultati u vezi sa merenjem efikasnosti DMU mogu da se odnose za jedan vremenski period ili više izolovanih perioda. Konačno, ovi rezultati omogućavaju dobijanje konkretnih predloga i smernica o tome kako neefikasne DMU mogu da budu optimizovane, kao i dobijanje važnih i korisnih informacija koje se odnose na utvrđivanje izvora neefikasnosti.

U drugom poglavlju autori će posebnu pažnju posvetiti određenim DEA modelima koji će se u ovoj monografiji koristiti za dobijanje rezultata merenja i analize efikasnosti univerzalne poštanske usluge na odabranom skupu evropskih imenovanih poštanskih operatora (engl. *Designated Postal Operator*). Oni će ukazati na prednosti i ograničenja ovih DEA modela, kao i na mogućnosti njihove primene u istraživanjima. Pored toga, autori će pokazati kako se primenjuju određeni DEA modeli na konkretnom numeričkom primeru i izračunavaju ocene efikasnosti posmatranih DMU, kao i kako se optimizuju neefikasne DMU. Međutim, pre nego se opišu ovi DEA modeli u sledećem poglavlju monografije, korisno je istaći da postoji veliki broj DEA modela koji se primenjuju u različitim oblastima istraživanja. Naime, prema [Zhu \(2003\)](#), postoje dva tipa modela u DEA za ocenjivanje efikasnosti – radijalni i neradijalni DEA modeli, dok [Fukuyama \(2014\)](#) ukazuje da DEA modeli mogu da se klasifikuju unutar pet kategorija – ulazno orijentisani i radijalni, izlazno orijentisani i radijalni, ulazno orijentisani i neradijalni, izlazno orijentisani i neradijalni i ostali DEA modeli.

1.4 Upotreba DEA metode

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. Na osnovu SCOPUS baze podataka (<http://www.scopus.com/>) i baze podataka dostupne na <http://www.deazone.com/>, [Emrouznejada i Yang \(2018\)](#) ukazali su 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 utvrdili da je poslednjih godina došlo do eksponencijalnog rasta broja DEA publikacija koje se

odnose na teoriju i upotrebu DEA metode. Ilustracije radi, 2010. godine je objavljeno preko 400 DEA publikacija, 2012. preko 800, a 2016. preko 1000. Poljoprivreda (engl. *Agriculture*), bankarstvo (engl. *Banking*), lanac snabdevanja (engl. *Supply Chain*), transport (engl. *Transportation*), kao i javna politika (engl. *Public Policy*) su oblasti u kojima su istraživači najviše upotrebljavali DEA metodu u 2015. i 2016. godini. U tabeli 1.1, na osnovu [Emrouznejada i Yang \(2018\)](#), predstavljeno je dvadeset časopisa u kojima je objavljen najveći broj DEA publikacija (1978-2016). Naime, u ovim časopisima objavljeno je blizu tri hiljade DEA publikacija.

Tabela 1.1 Najuticajniji DEA časopisi (1978-2016) (izvor: [Emrouznejada i Yang, 2018](#))

Redni broj	Časopis	Broj DEA publikacija	Procentat %
1.	European Journal of Operational Research (EJOR)	691	23.23%
2.	Journal of the Operational Research Society (JORS)	281	9.45%
3.	Journal of Productivity Analysis (JPA)	255	8.57%
4.	OMEGA Internat. Journal of Management Science	237	7.97%
5.	Expert Systems With Applications (ESWA)	181	6.09%
6.	Annals of Operations Research	177	5.95%
7.	Applied Economics	134	4.51%
8.	Socio-Economic Planning Sciences	115	3.87%
9.	Computers and Industrial Engineering	96	3.23%
10.	Applied Mathematics and Computation	94	3.16%
11.	Energy Policy	94	3.16%
12.	International Journal of Production Economics	89	2.99%
13.	Computers and Operations Research	74	2.49%
14.	Journal of Cleaner Production	71	2.39%
15.	Energy Economics	69	2.32%
16.	International Journal of Production Research	69	2.32%
17.	Benchmarking	68	2.29%
18.	Applied Mathematical Sciences	61	2.05%
19.	Applied Economics Letters	61	2.05%
20.	Applied Mathematical Modelling	57	1.92%
Ukupno		2974	100.00%

Prema tabeli 1.1, časopisi EJOR (691 publikacija), JORS (281 publikacija), JPA (255 publikacija), OMEGA (237 publikacija) i ESWA (181 publikacija) spadaju u prvih 5 najuticajnijih DEA časopisa. Od ukupnog broja DEA

publikacija (2974) u prvih dvadeset najuticajnijih DEA časopisa, u ovih pet ukupno je objavljeno više od 55% DEA publikacija (1645). Kao što je navedeno u [Emrouznejada i Yang \(2018\)](#), razlog je to što DEA teorija i najveći broj primena DEA metode pripadaju oblasti operacionih istraživanja (engl. *Operational Research*) i naučnog menadžmenta (engl. *Management Science*), a to su upravo oblasti istraživanja koje su obuhvaćene ovim časopisima.

Tabela 1.2 Najcitiranije DEA publikacije (1979-2011) (izvor: [Lampe i Hilgers, 2015](#))

Redni broj	Publikacija	Broj citata		Rangiranje na osnovu	
		Ukupno	Godišnje	Ukupno	Godišnje
1.	Banker i sar. (1984)	1975	68.10	1	1
2.	Andersen i Petersen (1993)	532	26.60	2	3
3.	Berger i Humphrey (1997)	416	26.00	3	4
4.	Charnes i sar. (1981)	373	11.66	4	9
5.	Charnes i sar. (1985)	366	13.07	5	8
6.	Simar i Wilson (1998)	253	16.87	6	5
7.	Banker (1984)	249	8.59	7	15
8.	Seiford (1996)	229	13.47	8	6
9.	Simar i Wilson (2007)	225	37.50	9	2
10.	Banker (1993)	219	10.95	10	10
11.	Doyle i Green (1994)	201	10.58	11	12
12.	Dyson i Thanassoulis (1988)	193	7.72	12	16
13.	Banker i Thrall (1992)	188	8.95	13	13
14.	Charnes i sar. (1989)	165	6.88	14	18
15.	Tone (2001)	161	13.42	15	7
16.	Banker i Morey (1986)	160	5.93	16	19
17.	Boussofiane i sar. (1991)	156	7.09	17	17
18.	Banker i sar. (1986)	143	5.30	18	20
19.	Allen i sar. (1997)	143	8.94	19	14
20.	Deng i sar. (2000)	141	10.85	20	11

Kao što je na to već bilo ukazano, [Lampe i Hilgers \(2015\)](#) su na osnovu pregleda literature u ([WOS, 2012](#)) za period 1978-2012, prepoznali porast DEA publikacija, posebno od 2000. godine. Ovde, autori su dali veoma korisne bibliografske informacije za sadašnje i buduće DEA istraživače. Između ostalog, oni su identifikovali dvadeset DEA publikacija koje imaju najveći ukupan broj citata (1979-2011). Ove publikacije sa određenim statističkim podacima su predstavljene u tabeli 1.2.

1.5 Opis DEA publikacija autora monografije

Autori ove monografije imaju veliko iskustvo u istraživanju i primeni DEA metode. U svojim DEA publikacijama, oni su najčešće upotrebljavali DEA metodu u oblasti poštanskog saobraćaja.

Autori monografije su u svojoj naučnoj karijeri u periodu 2013-2020 objavili kao autori ili koautori više od 15 naučno-stručnih DEA publikacija. Ovde, autori posebno ističu one DEA publikacije koje su posebno značajne, kao što su 7 radova u časopisima sa SCI (engl. *Science Citation Index*) liste servisa *Thomson Reuters Web of Science* (1 publikacija uže kategorije M21a, 2 publikacije uže kategorije M22 i 4 publikacije uže kategorije M23), 4 saopštenja sa međunarodnih skupova štampanih u celini, uže kategorije M33, 3 rada u vodećem časopisu nacionalnog značaja, uže kategorije M51, kao i više predavanja po pozivu i saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini uže kategorije M61 i M63. U tabeli 1.3, predstavljene su najznačajnije DEA publikacije autora ove monografije sa određenim informacijama.

Tabela 1.3 Najznačajnije DEA publikacije autora monografije (2013-2020)

DEA publikacija	Kategorija	Oblast
Ralević, Dobrodolac i sar. (2020a)	M21a	Poštanski saobraćaj
Blagojević, Ralević i sar. (2020)	M22	Poštanski saobraćaj
Ralević, Dobrodolac i sar. (2015)	M22	Poštanski saobraćaj
Milutinović, Dobrodolac i sar. (2020)	M23	Poštanski saobraćaj
Ralević, Dobrodolac i sar. (2016)	M23	Poštanski saobraćaj
Ralević, Dobrodolac i sar. (2014)	M23	Poštanski saobraćaj
Dragojlović, Ralević i sar. (2014)	M23	Ekonomija
Dobrodolac i sar. (2019)	M33	Poštanski saobraćaj
Ralević i sar. (2019a)	M33	Transport
Ralević i sar. (2014)	M33	Elektronska trgovina
Dobrodolac, Ralević i sar. (2014)	M33	Poštanski saobraćaj
Ralević, Dobrodolac i sar. (2020b)	M51	Menadžment
Ralević i sar. (2019b)	M51	Menadžment
Ralević, Dobrodolac i sar. (2013)	M51	Menadžment

U daljem tekstu ove sekcije precizno i sažeto opisać će se DEA publikacije koje su predstavljene u tabeli 1.3. U vezi s tim, autori monografije će ukazati na najznačajnije rezultate koji su dobijeni u svakoj od ovih publikacija.

Doprinos u radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2020a\)](#) se odnosi na poštanske operatore koji su imenovani kao davaoci univerzalne usluge i koji predstavljaju nezamenljiv i integralni deo poštanske industrije u svakoj savremenoj zemlji Evrope i sveta. Istraživanje koje je sprovedeno u ovom radu bilo je verifikovano i testirano na 29 odabranih evropskih davalaca univerzalne poštanske usluge za dva izolovana perioda, 2003. i 2017. godinu, korišćenjem DEA pristupa i MBA (engl. *Malmquist Based Approach*) koncepta. S jedne strane, dobijeni rezultati omogućavaju da se optimizuju upotrebljeni resursi i identifikuju primeri dobre operativne prakse davalaca univerzalne usluge. Dalje, rezultati otkrivaju sve ostale imenovane poštanske operatore (IPO) koji pokazuju neumerenost u korišćenju resursa - imaju višak u broju zaposlenih, višak jedinica poštanske mreže i dostavnih vozila, kao i uvećane operativne troškove i/ili imaju deficit u ostvarenim rezultatima - pokazuju odstupanje od optimalne vrednosti za ostvarene pismonosne pošiljke, pakete, kao i za operativne prihode. Za ove IPO rezultati dobijeni u ovom radu obezbeđuju smernice i preporuke za poboljšanje obavljanja univerzalne usluge. S druge strane, rezultati omogućavaju da se izvede analiza produktivnosti imenovanih operatora. Ovo obezbeđuje da se utvrdi promena produktivnosti - da li je došlo do poboljšanja ili pogoršanja produktivnosti tokom vremena, kao i da se ispituju izvori promene produktivnosti u smislu tehnologije i efikasnosti obavljanja univerzalne usluge.

U radu [Blagojević, Ralević i sar. \(2020\)](#) predstavljen je integrisani pristup za analiziranje troškovne efikasnosti poštanske mreže imenovanog poštanskog operatora. Naime, poštanska mreža IPO je sistem pristupnih tačaka i svih vrsta sredstava međusobno povezanih u jedinstvenu tehničko-tehnološku celinu, koju davalac univerzalne poštanske usluge koristi za obavljanje ove usluge na celokupnoj teritoriji određene zemlje. Pored centara za sortiranje i poštanskih sandučića, integralni deo svake poštanske mreže u Evropi i svetu su jedinice poštanske mreže za pružanje usluga korisnicima. Ove jedinice mogu da budu dostavne i isporučne (jedinice bez dostave). Dostavna jedinica (engl. *Delivery Unit*) podrazumeva jedinicu koja izvršava obe glavne aktivnosti u tehnološkom procesu prenosa pošiljke vezane za poštu kao jedinicu koja pruža usluge korisnicima: prijem pošiljaka (engl. *Collection*) i dostavu pošiljaka (engl. *Last-mile Delivery*). S druge strane, isporučna jedinica (engl. *Non-delivery Unit*) je odgovorna samo za aktivnosti prijema

pošiljaka. Integrisani pristup predstavljen u ovom radu omogućava merenje troškovne efikasnosti za dostavne i isporučne jedinice poštanske mreže. Predloženi pristup je verifikovan i testiran na poštanskoj mreži odabranog IPO, a rezultati su izvedeni korišćenjem DEA metode. Da bi se primenila ova metoda, bilo je potrebno da se prethodno identifikuju jedinice poštanske mreže koje rade u istim ili sličnim uslovima, kao i da se one svrstaju u određene klustere ili grupe. Na taj način se rešava i prevazilazi problem heterogenosti ovih jedinica i obezbeđuje se poređenje troškovne efikasnosti uporedivih jedinica, kao i troetapna analiza: jedinice-klasteri-mreža. Konačno, to dopušta dekompoziciju troškovne efikasnosti na nivou svake etape koja može da utvrdi izvore neefikasnosti poštanske mreže u smislu radne efikasnosti, uslova u kojima jedinice rade s obzirom na njihove lokacije, kao i alokacije resursa u odnosu na jedinice mreže. Korisno je istaći da su jedinice poštanske mreže brojne i heterogene, pri čemu postoje različiti uslovi u kojima određene jedinice rade. Zbog toga, korišćenje DEA pristupa za merenje troškovne efikasnosti poštanske mreže nije dopušteno ukoliko se ove jedinice ne grupišu prema kriterijumu međusobno uporedivih. U vezi s tim, na primer, međusobno su neuporedive dostavne jedinice sa isporučnim jedinicama, ili jedinice bez dostave koje rade u gradskim ili ruralnim uslovima. U ovom radu, urađena je segmentacija jedinica poštanske mreže u određene klustere prema kriterijumu međusobno uporedivih jedinica što je omogućilo primenu DEA metode i dobijanje korisnih smernica i konkretnih načina za poboljšanje troškovne efikasnosti mreže. Rezultati su pokazali da su glavni izvori neefikasnosti neadekvatna alokacija resursa u odnosu na jedinice poštanske mreže. Ovde, slično kao u radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2016\)](#), rezultati su pokazali da ekonomija obima ima pozitivan uticaj na efikasnost jedinica poštanske mreže. Konačno, autori su naglasili da je razumevanje troškovne efikasnosti od suštinskog značaja kada se razmatraju promene u gustini jedinica poštanske mreže. Da bi se donela odluka koja se odnosi na ove promene, potrebno je izvršiti analizu troškovne efikasnosti svake jedinice poštanske mreže.

U radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2015\)](#) predstavljeno je merenje profitne efikasnosti imenovanog poštanskog operatora korišćenjem DEA metode. Posmatrani skup je obuhvatio 27 IPO iz zemalja Evropske unije (EU) i Srbije. Ovde, optimum je definisan u smislu vrednosnog cilja IPO gde se efikasnost meri poređenjem posmatranog i optimalnog profita. U ovom

radu razmatrano je nekoliko problema. Prvi problem je merenje profitne efikasnosti, na osnovu koga se određuju operatori koji nemaju optimalan odnos troškova i prihoda. Za tu svrhu izabran je BCC DEA model (Banker i sar, 1984). Drugi problem je identifikacija uticajnih opservacija. To su IPO iz posmatranog skupa koji su okarakterisani kao "nestandardni" jer utiču negativno na objektivnost analize. Oni su otkriveni primenom AP DEA modela koji se zasniva na konceptu super efikasnosti. Treći problem je rangiranje imenovanih poštanskih operatera prema postignutom učinku. U ovom radu, posebno je istaknuto da je pregledom literature u (WOS, 2014) za period 1996-2014, utvrđeno da ne postoje studije koje na ovaj način razmatraju ekonomsku efikasnost u poštanskom saobraćaju. Tako, ovaj rad, pored toga što ima praktičan značaj u rešavanju problema optimizacije troškova i prihoda, predstavlja novi primer primene DEA metode u poštanskom saobraćaju. Konačno, ovde su izvedeni rezultati koji su pokazali da IPO iz Nemačke, Velike Britanije, Malte, Slovenije i Španije imaju optimalan odnos troškova i prihoda, pa kao takvi predstavljaju dobre primere raspodele troškova i prihoda za ostale neefikasne operatore.

Važan deo u organizaciji rada IPO je donošenje odluke u vezi sa promenama u infrastrukturi poštanske mreže. IPO odlučuje o takvim pitanjima na osnovu finansijske analize, definisanih kvalitativnih parametara u skladu sa međunarodnim propisima i nametnutim obavezama od nadležne regulatorne agencije. U radu Milutinović, Dobrodolac i sar. (2020), ranije poznata metoda za analizu postojeće poštanske mreže, nadograđena je novim pristupom zasnovanim na primeni DEA metode i fuzzy logike. Predloženi novi pristup utvrđuje koja od razmatranih jedinica poštanske mreže treba da se zatvori ili reorganizuje u neki drugi oblik, imajući u vidu minimizaciju negativnih efekata, kako finansijskih, tako i socijalnih. Predloženi pristup daje indekse za sve razmatrane poštanske jedinice, što omogućava donosiocu odluke da rangira važnost svake jedinice. Autori su demonstrirali primenjivost predložene metodologije na osnovu realnih podataka prikupljenih u izabranom okrugu Srbije, i pružili analizu rezultata za skup razmatranih seoskih dostavnih pošta.

U radu Ralević, Dobrodolac i sar. (2016) procenjena je troškovna efikasnost (CE) za 1194 dostavne jedinice poštanske mreže IPO u Srbiji (JP "Pošta Srbije"), na osnovu višeulaznog i višeizlaznog modela rada dostavne jedinice. Za tu svrhu, primenjena je neparаметarska DEA

metoda i odgovarajući algoritam za klasterovanje. Dobijeni rezultati su ukazali da je posmatrana dostavna mreža troškovno neefikasna (CE = 40%). Dalje, cilj ovog rada bio je da otkrije izvore neefikasnosti. U vezi s tim, utvrđeno je da ovi izvori uključuju čistu tehničku efikasnost (PTE), razmernu efikasnost (SE) i alokativnu efikasnost (AE). Na osnovu ovih indikatora efikasnosti, zaključeno je da nivo troškovne efikasnosti može biti poboljšan. Kada se razmatraju SE ocene, uočava se da lokacija dostavne jedinice ima veliki uticaj na troškovnu neefikasnost, tj. broj stanovnika po dostavnom području. Dodatno, iako je PTE indikator efikasnosti (generalno se odnosi na radnu efikasnost) relativno visok (88%), postoji mogućnost za poboljšanje. Konačno, alokativna efikasnost vodi do poboljšanja troškovne efikasnosti na osnovu realokacije resursa. Ovde, utvrđeno je da najmanje 794 dostavne jedinice imaju mogućnost za poboljšanje na osnovu realokacije resursa. Dalje, visoke varijacije troškovne efikasnosti su primećene po dostavnim jedinicama. Moguće objašnjenje za ovaj fenomen je u činjenici da imenovani poštanski operatori pružaju usluge čak i u onim područjima gde to nije ekonomski opravdano. Odgovornost kreatora politike iz poštanskog sektora je da donese odluku u vezi sa obimom univerzalne poštanske usluge koja treba da bude obezbeđena unutar države. U tom smislu, predloženi model za merenje troškovne efikasnosti može biti uspešno upotrebljen. Na primer, ako je cilj da se smanje izdvajanja za univerzalnu poštansku uslugu, rezultati dobijeni u ovom radu određuju područja gde treba redefinisati obim ove usluge. Obrnuto, ako je interes društva da ova usluga ostane na istom nivou ili da se njen obim poveća, izvedeni rezultati predstavljeni u ovom radu, potvrđuju hipotezu da je ova usluga dodatni trošak za IPO. Konačno, analiziran je uticaj ekonomije obima na efikasnost dostavnih jedinica gde je pokazano da ona ima snažniji uticaj na efikasnost malih jedinica u poređenju sa velikim.

Značajna tema u DEA konceptu je RTS (engl. *Return to Scale*) klasifikacija određene DMU koja funkcioniše u posmatranom skupu jedinica odlučivanja. Naime, u radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2014\)](#) posmatrane jedinice odlučivanja su imenovani poštanski operatori iz zemalja članica EU i Srbije kao zemlji kandidatu. U ovom radu, upotrebom originalnog CCR DEA modela ([Charnes i sar, 1978](#)), izvršena je analiza osetljivosti vezano za resurse koje IPO koristi obavljajući svoju delatnost. Razvoj ovog analitičkog procesa urađen je na osnovu skupa realnih podataka. Procene i implikacije su izvedene u empirijskoj studiji pomoću CCR RTS

metode i MPSS (engl. *Most Productive Scale Size*) koncepta. Prvo, procenjena je RTS klasifikacija svih posmatranih poštanskih uprava. Nakon toga, utvrđeni su intervali stabilnosti izvdene RTS klasifikacije za svakog CCR neefikasnog operatora. Konačno, u ovom radu određene su ciljne vrednosti ulaza i izlaza za sve neefikasne imenovane poštanske operatore iz posmatranog skupa.

U radu [Dragojlović, Ralević i sar. \(2014\)](#) predstavljena je primena DEA metode u oblasti fiskalne ekonomije. Konkretno, u ovom radu, autori su procenjivali nivo usluga koje poreska uprava pruža poreskim obveznicima. Na osnovu izvedenih rezultata, date su korisne preporuke za poboljšanje efikasnosti rada Poreske uprave u Srbiji.

U radu [Dobrodolac i sar. \(2019\)](#) predlaže se pristup za definisanje strateških pravaca u poštanskoj industriji. Ovaj pristup podrazumeva primenu MCR (engl. *Market Compatibility Ratio*) metode i DEA metode. MCR metoda se koristi za izračunavanje koeficijenta kompatibilnosti tržišta. Ova metoda daje informaciju o nivou sličnosti između dva ili više tržišta. Prema tome, ona može da se koristi kao metoda za poređenje poštanskih tržišta između različitih zemalja, i kao takva može da doprinese dizajniranju strateških pravaca u poslovanju. U ovom radu, tržište poštanskih usluga u Srbiji se upoređivalo sa tržištima poštanskih usluga odabranih evropskih zemalja na osnovu MCR pokazatelja. S druge strane, DEA metoda je bila upotrebljena za merenje efikasnosti poštanskih operatora koji obavljaju poštanske usluge na posmatranim tržištima. Konačno, analizom rezultata dobijenih korišćenjem ove dve metode, utvrđeno je da tržište poštanskih usluga u Srbiji ima najviše sličnosti sa tržištima poštanskih usluga u Hrvatskoj i Slovačkoj. Autori su u radu naveli da izvođenje rezultata na ovaj način može da se koristi za donošenje strateških odluka. Na primer, dobijanjem informacije o sličnosti sa nekim tržištem poštanskih usluga, kreatori politike i analitičari u poštanskom sektoru mogu predvideti kako bi se određena odluka odrazila na domaće tržište u slučaju da je neko slično tržište već doživelo takvu promenu. U vezi s tim, na primer, kreatori politike iz Srbije mogu da procene efekte liberalizacije tržišta poštanskih usluga analiziranjem posledica koje su izazvane liberalizacijom u Hrvatskoj ili Slovačkoj.

Glavni cilj u radu [Ralević i sar. \(2019a\)](#) bio je da se predstavi radikalno i neradikalno merenje efikasnosti na odabranom numeričkom primeru koji je uključio više jedinica odlučivanja koje rade u oblasti transporta

korišćenjem DEA pristupa. Konkretno, na posmatranom skupu DMU, primenjeni su ulazno orijentisani i izlazno orijentisani radijalni i neradijalni DEA modeli, u zavisnosti 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 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, pronađeno je kako se upotreba i potrošnja ulaza odražavaju na izlaze. U vezi s tim, uočeno je da DMU može biti efikasna ili neefikasna u korišćenju ulaza u odnosu na ostvarene izlaze. Za posmatrani slučaj jedinica odlučivanja koje obavljaju distribuciju robe, s jedne strane, pronađene su optimalne vrednosti u vezi sa brojem vozača, potrošnjom goriva i troškovima, dok su, s druge strane, određene optimalne vrednosti u vezi sa ciljnim prihodima i brojem jedinica prevezene robe. Pored toga, rezultati merenja efikasnosti su potvrdili pretpostavku da i radijalni i neradijalni modeli ocenjuju efikasnost tako što određuju istu granicu efikasnosti, ali za neefikasne DMU mogu da naprave različite optimalne ciljne vrednosti za ulaze i izlaze. Konačno, rezultati su potvrdili da je ocenjivanje efikasnosti neradijalnim merenjem u poređenju sa radijalnim merenjem strože za svaku neefikasnu DMU.

U radu [Ralević i sar. \(2014\)](#) analizira se stanje imenovanih poštanskih operatora u oblasti elektronske trgovine. Ovi operatori čine značajnu komponentu u elektronskoj trgovini, pre svega u smislu dostave naručenih proizvoda, ali i pružanja drugih usluga, kao što su, na primer, finansijske, usluge skladištenja robe, marketinga, prodaje. U radu se koristi originalni CCR DEA model za merenje efikasnosti funkcionisanja elektronske trgovine u pojedinim zemljama. Kao uzorak, posmatra se stanje u 19 izabраниh zemalja EU. Uticajni faktori koji su razmatrani su broj stanovnika, veličina teritorije, prihodi koji se ostvaruju u oblasti elektronske trgovine, cene pojedinih poštanskih usluga i bruto domaći proizvod. Dobijeni rezultati u ovom radu omogućavaju da se sagleda nivo razvijenosti elektronske trgovine u posmatranim zemljama. Pored toga, rezultati ukazuju na mogućnosti koje se mogu iskoristiti u budućnosti u ovoj oblasti.

U radu [Dobrodolac, Ralević i sar. \(2014\)](#) autori su predložili model optimizacije za rešavanje kombinatornog problema ograničenih resursa. Optimizacija se izvodi na osnovu merenja efikasnosti korišćenjem DEA metode. Predloženi model obezbeđuje dva paralelna procesa. Prvi proces

je povezan sa klasifikacijom DMU na efikasne ili neefikasne u zavisnosti od CCR i BCC DEA ocena efikasnosti. Drugi proces zahteva da se uradi analiza osetljivosti vezano za upotrebu i potrošnju resursa koje DMU koristi za postizanje rezultata rada. Predloženi optimizacioni model je bio testiran i verifikovan kroz istraživanje koje je sprovedeno na skupu od 27 DMU, koje su bile imenovani poštanski operatori iz odabranih evropskih zemalja.

U radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2020b\)](#) predstavljeno je radijalno merenje efikasnosti na odabranom numeričkom primeru koji uključuje više 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 su ukazali 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.

U radu [Ralević i sar. \(2019b\)](#) upotrebljena je DEA metoda za merenje tehničke efikasnosti mreže linija sistema javnog gradskog transporta putnika (JGTP). Tako, pokazano je kako mogu da se odrede preporuke za poboljšanje svake linije na mreži koja je tehnički neefikasna - linije koje postižu manji nivo kvaliteta sagledan iz perspektive korisnika. Vrednovanje kvaliteta linija na mreži linija sistema JGTP pomoću DEA metode je prihvatljivo jer istovremeno ova metoda uzima u obzir višestruke ulaze i višestruke izlaze i objektivno procenjuje kvalitet svake linije na mreži. Linije manjeg kvaliteta su određene na osnovu izračunatih ocena tehničke efikasnosti, i za ove linije su pronađeni primeri dobre prakse kao uzori kojima treba da teže neefikasne linije. Zapravo, linije koje su primeri dobre prakse postižu nivo kvaliteta koji treba da bude imperativ za neefikasne linije. Na taj način, cela posmatrana mreža linija sistema JGTP, u ovom slučaju to je bila mreža linija sistema JGTP u gradu Nišu, imala bi ujednačen kvalitet pružanja usluga sa stanovišta korisnika. Ovde, autori su ukazali da buduća istraživanja mogla bi da obuhvate razmatranje potrebnih troškova za predloženu mrežu linija, kao i fizičku mogućnost za poboljšanje kvaliteta svake neefikasne linije na mreži posebno.

U radu [Ralević, Dobrodolac i sar. \(2013\)](#) predložen je pristup za merenje prihodne efikasnosti koji je bio kategorizovan po tipu raspoloživih podataka, tj. presek podataka za jedan vremenski period. Ovde, autori su

pokazali kako DEA metoda može da se upotrebi za merenje prihodne efikasnosti u poštanskom saobraćaju. Analitički rezultati su izvedeni na odabranom skupu imenovanih poštanskih operatora korišćenjem BCC DEA modela. Optimalni rezultati su predstavljeni kao ocene prihodne efikasnosti i dualne promenljive. To je omogućilo da se IPO razvrstaju u dve grupe - prihodno efikasne i prihodno neefikasne, kao i da se odrede primeri dobre prakse i utvrde ciljne vrednosti za prihode za sve neefikasne operatore. Na primer, utvrđeno je da IPO iz Srbije pokazuje prihodnu neefikasnost, kao i da je za ovog operatora primer dobre operativne prakse IPO iz Slovenije.

2. DEA MODELI ZA MERENJE EFIKASNOSTI

DEA metoda, predstavljena u prvom poglavlju monografije, koristi se za merenje efikasnosti višeulazne i višeizlazne DMU koja pripada posmatranom skupu jedinica odlučivanja. Kao što je bilo utvrđeno u prethodnom poglavlju, 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 - ulazi se minimiziraju, dok se izlazi održavaju na trenutnim vrednostima, drugi slučaj je izlazno orijentisani - izlazi se maksimiziraju, a ulazi održavaju na trenutnim nivoima. S druge strane, generalno, u DEA metodi koriste se dva pristupa za ocenjivanje efikasnosti. Jedan pristup je radijalni (tradicionalni), drugi pristup je neradijalni. Shodno tome, razvijen je veliki broj DEA modela za merenje efikasnosti koji mogu, prema [Fukuyama \(2014\)](#), da se razvrstaju u pet kategorija:

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

U ovom poglavlju autori će uvesti i opisati određene DEA modele. Zapravo, njihova namera je da čitaocima približe teorijsko predstavljanje i praktičnu upotrebu ovih modela.

2.1 Radijalni DEA modeli

Radijalni DEA modeli ocenjuju efikasnost DMU koristeći radijalno merenje, koje podrazumeva proporcionalno smanjenje ulaza ili proporcionalno povećanje izlaza. Kao takvi, ovi modeli odražavaju maksimalnu ulaznu/izlaznu stopu povećanja/smanjenja koja je zajednička za sve ulaze i izlaze. Tako, radijalna merenja efikasnosti optimizuju sve ulaze i izlaze posmatrane DMU u određenom odnosu jer ova merenja pretpostavljaju da se svi ulazi i izlazi ponašaju na

proporcionalan način. U ovoj sekciji monografije biće predstavljena dva najznačajnija radijalna DEA modela - CCR DEA model i BCC DEA model.

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.

2.1.1 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 [Charnes i sar. \(1978\)](#). 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 (2.1), dok je izlazno orijentisani radijalni DEA model određen kao problem linearnog programiranja sa (2.2).

$$\text{Min } \left\{ \theta^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.1)$$

$$\text{Max } \left\{ \phi^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.2)$$

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.

2.1.2 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 [Banker i sar. \(1984\)](#). 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 (2.3) i (2.4), respektivno.

$$\text{Min } \left\{ \theta^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.3)$$

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.

$$\text{Max } \left\{ \phi^* \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.4)$$

U modelima (2.1)–(2.4), 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 (2.1) i (2.3) ili $\phi^* = 1$ – modeli (2.2) i (2.4), 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 izlaznom orijentacijom. Naime, veza između ove dve orijentacije je izvedena u radu [Seiford i Thrall \(1990\)](#), gde su autori pokazali ako je θ^* optimalno rešenje modela (2.1) ili (2.3), postoji odgovarajuće optimalno rešenje ϕ^* modela (2.2) i (2.4), tako da je $\phi^* = \frac{1}{\theta^*}$.

2.1.3 Primena CCR i BCC DEA modela na numeričkom primeru

Na sledećem odabranom numeričkom primeru pokazaće se primena CCR i BCC DEA modela. Neka se razmatra 7 jedinica odlučivanja koje koriste dva ulaza za dobijanje izlaza, kao što je to predstavljeno u tabeli 2.1. 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 2.1 Podaci o ulazima i izlazima za odabrani skup jedinica odlučivanja (izvor: [Ralević i sar, 2020b](#))

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

Merenje efikasnosti posmatranih DMU iz uzorka koji je dat u tabeli 2.1 korišćenjem CCR i BCC DEA modela zahteva da se primene i izračunaju modeli (2.1) i (2.3) - ulazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli ili (2.2) i (2.4) - izlazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli za svaku posmatranu DMU. Da li će se koristiti modeli (2.1) i (2.3) ili modeli (2.2) i (2.4) 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 (2.1), na primer na DMU 3, može biti prikazana na sledeći način:

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

Uz ograničenje:

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

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

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

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

Kada se izračuna model (2.1) 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 (2.2) na DMU 3, za podatke predstavljene u tabeli 2.1, može biti napisana na sledeći način:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} 15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 &\leq 25 \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 &\leq 15 \\ 10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 &\geq 20\phi \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7 \end{aligned}$$

Kada se izračuna model (2.2) 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 (2.3) na DMU 3 je:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} 15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 &\leq 25\theta \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 &\leq 15\theta \\ 10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 &\geq 20 \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7 \end{aligned}$$

Kada se izračuna model (2.3) 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 (2.4) na DMU 3 je:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} 15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 &\leq 25 \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 &\leq 15 \\ 10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 &\geq 20\phi \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7 \end{aligned}$$

Kada se izračuna model (2.4) 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 primeru DMU 3, primena modela (2.1)-(2.4) može da se izvrši za sve ostale DMU iz posmatranog skupa. Tako izvedeni rezultati su predstavljani u tabelama 2.2 i 2.3, a publikovani su u radu [Ralević i sar. \(2020b\)](#).

Numerički primer razmatran u ovoj sekciji mogao je da uključi veći broj jedinica odlučivanja, kao i veći broj ulaza i izlaza. Kao što je na to ukazano u prvom poglavlju monografije, veći broj DMU čiji je rad adekvatno modeliran sa odgovarajućim brojem ulaza i izlaza daje korisne i smislene rezultate. Naime, namera autora je bila da na jednostavnom primeru pokažu kako se primenjuju CCR i BCC DEA modeli obe orijentacije kao najistaknutiji predstavnici radijalnih DEA modela, kao i druga izvođenja koja će biti predstavljena u ovom poglavlju.

Analizirajući rezultate iz tabela 2.2 i 2.3, 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.

Tabela 2.2 Ulazno orijentisane CCR i BCC DEA ocene efikasnosti (izvor: [Ralević i sar, 2020b](#))

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

Tabela 2.3 Izlazno orijentisane CCR i BCC DEA ocene efikasnosti (izvor: [Ralević i sar, 2020b](#))

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

U stvarnosti, između ostalog, CCR DEA model se uspešno koristi za merenje ukupne tehničke efikasnosti (engl. *Overall Technical Efficiency*), dok se BCC DEA model uspešno upotrebljava za merenje čiste tehničke efikasnosti (engl. *Pure Technical Efficiency*) (PTE) koja se odnosi na radnu efikasnost. Konačno, uticaj okoline u kojoj DMU radi može da se ispita ocenom razmerne efikasnosti (engl. *Scale Efficiency*) (SE) koja predstavlja odnos CCR i BCC ocene efikasnosti ($SE \text{ ocena} = \frac{CCR \text{ ocena}}{BCC \text{ ocena}}$). 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 DEA modeli mogu da otkriju izvore neefikasnosti, tj. da li su oni prouzrokovani neefikasnim radom ili nekonkurentnim uslovima rada ili i jednim i drugim. Ovakav pristup

analize DMU bio je primenjen u radovima [Ralević i sar. \(2014, 2016\)](#), [Blagojević i sar. \(2020\)](#). U radu [Ralević i sar. \(2014\)](#), na posmatranom uzorku imenovanih poštanskih operatora (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 operatora, iako imaju dobar odnos rezultata i resursa, pokazuju neefikasnost u radu. Takvi primeri su mogli da se uoče kod imenovanih poštanskih operatora 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). U radu [Ralević i sar. \(2016\)](#) analizirana je dostavna mreža imenovanog poštanskog operatora u Srbiji koja je 2011. godine imala 1194 dostavne jedinice. Ovde, DMU označava dostavnu jedinicu poštanske mreže. Radna efikasnost je bila okarakterisana PTE ocenom, a procenjena je na oko 88%. Autori su ukazali na to da je dobijeni rezultat sličan sa rezultatom koji je dobijen u radu [Deprins i sar. \(1984\)](#), gde su analizirane poštanske jedinice u Belgiji (prosečna radna efikasnost bila je procenjena na oko 90%). Pored toga, autori su istakli da postoje mogućnosti za poboljšanje radne efikasnosti iako je ona relativno visoka. Naime, osnovna pretpostavka u studijama koje ispituju vezu između ljudskog kapitala (engl. *Human Capital*) i učinka je da znanje, veštine i sposobnosti (engl. *Knowledge, Skills and Abilities*) (KSA) zaposlenih imaju direktan uticaj na rezultate rada. Učinak, efikasnost i KSA su direktno proporcionalni, što znači da povećanje nivoa KSA ima pozitivan uticaj na učinak i efikasnost, i obrnuto ([Wright i McMahan, 2011](#)). Što se tiče uticaja okruženja unutar kojeg dostavne jedinice rade, na osnovu rezultata SE ocena, pokazano je da lokacija dostavne jedinice ima veliki uticaj na troškovnu neefikasnost. Na primer, analiziranjem prosečnih vrednosti PTE i SE indikatora efikasnosti, pronađeno je da na troškovnu efikasnost utiču u

većoj meri uslovi okruženja (0.554) nego radna efikasnost (0.887). U radu [Blagojević i sar. \(2020\)](#) korišćen je sličan pristup analize efikasnosti poštanske mreže kao u radu [Ralević i sar. \(2016\)](#). Za razliku od ovog rada, u radu [Blagojević i sar. \(2020\)](#), pored dostavnih jedinica, sprovedena je analiza efikasnosti i isporučnih jedinica poštanske mreže IPO u Crnoj Gori ("Pošta Crne Gore") za 2017. godinu, gde je razmatrano 47 dostavnih i 28 isporučnih jedinica.

2.1.4 Određivanje optimalnih ulaza i izlaza neefikasnih DMU

U ovoj sekciji monografije biće pokazano kako se određuju optimalne vrednosti za ulaze i izlaze kod DMU koje su identifikovane kao neefikasne. Ove DMU koje imaju ulazne i/ili izlazne slakove mogu da se otkriju, između ostalog, upotrebom radijalnih CCR i BCC DEA modela, kao što je to bilo predstavljeno u prethodnoj sekciji na odabranom numeričkom primeru. Da bi se odredile optimalne vrednosti za ulaze i izlaze, treba za svaku neefikasnu DMU razviti i rešiti model (2.5) ili (2.6) korišćenjem optimalne vrednosti θ^* ili ϕ^* dobijene ulazno ili izlazno orijentisanim CCR DEA modelom, respektivno.

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.5)$$

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi^* y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.6)$$

S druge strane, ulazni slakovi i izlazni slakovi kao ključni za optimizaciju neefikasnih DMU mogu da se odrede rešavanjem modela (2.7) ili (2.8) koji upotrebljavaju θ^* ili ϕ^* dobijene ulazno orijentisanim ili izlazno orijentisanim BCC DEA modelom, respektivno.

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.7)$$

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi^* y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.8)$$

U modelima (2.5)–(2.8), 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, DMU₀ je efikasna ako i samo ako je $\theta^* = 1$ (model (2.1) ili (2.3)) ili $\phi^* = 1$ (model (2.2) ili (2.4)), kao i dobijene vrednosti $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ za svako i i r . U ovom slučaju, DMU₀ 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 DMU₀ slabo efikasna, tj. nije Pareto efikasna bez obzira na

to što su njene ulazne i izlazne vrednosti smeštene na ulaznoj ili izlaznoj izokvanti.

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 (2.9) kada se koriste ulazno orijentisani radijalni DEA modeli ili (2.10) kada se upotrebljavaju izlazno orijentisani radijalni DEA modeli.

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} = \theta_o^* x_{io} - s_i^{-*} \\ y_{ro}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = y_{ro} + s_r^{+*} \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} = x_{io} - s_i^{-*} \\ y_{ro}^* &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = \phi_o^* y_{ro} + s_r^{+*} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Kako se u stvarnosti određuju optimalne vrednosti za ulaze i izlaze kod neefikasnih DMU, biće prikazano korišćenjem numeričkog primera koji je predstavljen u prethodnoj sekciji. Za tu svrhu biće upotrebljeni rezultati koji su dobijeni upotrebom CCR i BCC DEA modela, a koji su prikazani u tabelama 2.2 i 2.3. Rezultati u kolonama 2 i 4 tabele 2.2 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 (2.5) na DMU 3 može biti prikazana na sledeći način:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} 15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- &= 25\theta_{CCR}^* \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- &= 15\theta_{CCR}^* \end{aligned}$$

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Primena modela (2.7) na DMU 3 je:

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

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25\theta_{BCC}^*$$
$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15\theta_{BCC}^*$$
$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20$$
$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 = 1$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Da bi se izračunao model (2.5) za DMU 3, potrebno je uvrstiti optimalna rešenja dobijena za DMU 3 modelom (2.1). 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 (2.5) na DMU 3 daje optimalna rešenja $s_1^- = s_2^- = s_1^+ = 0$. Primena modela (2.7) 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 (2.3), donosi ista optimalna rešenja kao model (2.5), 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 2.3 pokazuju da za DMU 3 važi da je $CCR = 1.047$ i $BCC = 1.000$. Primena modela (2.6) na DMU 3 može biti predstavljena na sledeći način:

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

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- = 25$$
$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- = 15$$
$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ = 20\phi_{CCR}^*$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Primena modela (2.8) na DMU 3 je:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- &= 25 \\10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- &= 15 \\10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ &= 20\phi_{CCR}^* \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j &= 1,2,3, \dots, 7\end{aligned}$$

Izračunavanje modela (2.6) i (2.8) za DMU 3 izvodi se analogno modelu (2.5) i (2.7), respektivno. Dakle, da bi se primenio model (2.6), potrebno je koristiti optimalna rešenja dobijena modelom (2.2) (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 (2.8) zahteva da se koriste rezultati dobijeni modelom (2.4) (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 (2.6) i (2.8), primenjena na DMU 3, potvrđuju rešenja modela (2.5) i (2.7) 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 (2.9) ili (2.10). Kada se primeni (2.9) na DMU 3 dobija se:

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= 10\lambda_4 + 50\lambda_7 = 25\theta_{CCR}^* - s_1^- = 23.881 \\x_{23}^* &= 20\lambda_4 + 20\lambda_7 = 15\theta_{CCR}^* - s_2^- = 14.328 \\y_{13}^* &= 25\lambda_4 + 30\lambda_7 = 20 + s_1^+ = 20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= 25\lambda_3 = 25\theta_{BCC}^* - s_1^- = 25 \\x_{23}^* &= 15\lambda_3 = 15\theta_{BCC}^* - s_1^- = 15 \\y_{13}^* &= 20\lambda_3 = 20 + s_1^+ = 20\end{aligned}$$

Kada se primeni (2.10) na DMU 3 dobija se:

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= 10\lambda_4 + 50\lambda_7 = 25 - s_1^- = 25 \\x_{23}^* &= 20\lambda_4 + 20\lambda_7 = 15 - s_2^- = 15 \\y_{13}^* &= 25\lambda_4 + 30\lambda_7 = 20\phi_{CCR}^* + s_1^+ = 20.938\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= 25\lambda_3 = 25 - s_1^- = 25 \\x_{23}^* &= 15\lambda_3 = 15 - s_1^- = 15 \\y_{13}^* &= 20\lambda_3 = 20\phi_{BCC}^* + s_1^+ = 20\end{aligned}$$

Prema rezultatima dobijenim primenom (2.9) i (2.10) 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 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 2.4 i 2.5, a objavljeni su u radu [Ralević i sar. \(2020b\)](#).

Tabela 2.4 Optimizacija - ulazno orijentisani CCR i BCC kriterijumi efikasnosti (izvor: [Ralević i sar, 2020b](#))

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		

Tabela 2.5 Optimizacija - izlazno orijentisani CCR i BCC kriterijumi efikasnosti (izvor: [Ralević i sar, 2020b](#))

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		

2.2 Neradijalni DEA modeli

Kao što je to utvrđeno u ovoj monografiji, pored radijalnog merenja efikasnosti, koje pripada tradicionalnom DEA konceptu, postoji i neradijalni DEA pristup merenja efikasnosti. Značajna i dominantna karakteristika ovog pristupa predstavljenog u radu [Färe i Lovell \(1978\)](#) je to što ne dopušta postojanje ulaznih i izlaznih slakova na granici efikasnosti. Dalje, za razliku od radijalnog merenja, neradijalno merenje efikasnosti dopušta neproporcionalna smanjenja pozitivnih ulaza ili povećanja pozitivnih izlaza. Ovde, pozitivni ulazi i izlazi podrazumevaju ulazne i izlazne promenljive koje imaju vrednosti veće od nule. Neradijalna merenja utiču direktno na slakove i mogu da odbace različite odnose originalnih ulaza i izlaza ([Ralević i sar, 2019a](#)). 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.

2.2.1 Neradijalni DEA modeli unutar CRS i VRS

Za razliku od radijalnih DEA modela, koji optimizuju sve ulaze ili izlaze posmatrane DMU u određenom odnosu, neradijalni DEA modeli dopuštaju neradijalno smanjenje pozitivnih ulaza ili povećanje pozitivnih izlaza. Ovde će biti predstavljena dva neradijalna DEA modela. Za DMU_0 , prvi neradijalni DEA model pretpostavlja da ulazno-izlaznu transformaciju obavlja CRS tehnologija, dok kod drugog neradijalnog DEA modela ulazno-izlaznu transformaciju obavlja VRS tehnologija. Za DMU_0 ulazno i izlazno orijentisani neradijalni DEA modeli unutar CRS su određeni sa (2.11) i (2.12), respektivno.

$$\text{Min} \left\{ \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \theta_i \leq 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.11)$$

$$\text{Max} \left\{ \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \phi_r y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \phi_r \geq 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.12)$$

Za DMU_o ulazno i izlazno orijentisani neradijalni DEA modeli unutar VRS su određeni sa (2.13) i (2.14), respektivno.

$$\text{Min} \left\{ \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \theta_i \leq 1 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.13)$$

$$\text{Max} \left\{ \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \phi_r y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \phi_r \geq 1 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.14)$$

U funkciji cilja modela (2.11)-(2.14), ε označava ne-Arhimedovo ε koje u modelima (2.11) i (2.13) dopušta minimiziranje preko θ_i (ulazno orijentisane neradikalne ocene efikasnosti) i optimizaciju koja uključuje s_r^+ , dok u modelima (2.12) i (2.14) dopušta maksimiziranje preko ϕ_r (izlazno orijentisane neradikalne ocene efikasnosti) i optimizaciju koja uključuje s_i^- .

2.2.2 Aditivni DEA model

Pored prethodno predstavljenih neradikalnih DEA modela, u ovoj sekciji monografije biće predstavljen aditivni DEA modeli (engl. *The additive model*). Ovde, treba istaći da postoje i drugi neradikalni DEA modeli, uz napomenu da detaljan pregled ovih modela može da se pronađe u [Thanassoulis i sar. \(2008\)](#). Aditivni DEA model, za razliku od CCR i BCC DEA modela, razmatra mogućnost simultanog smanjenja ulaza i povećanja izlaza. Model je predložen u radu [Charnes i sar. \(1985\)](#), a zasnovan je na ulaznim i izlaznim slakovima. Prema tome, rešenje ovog modela istovremeno pravi informacije o racionalizaciji određenih ulaza i definisanju ciljnih vrednosti određenih izlaza za neefikasne DMU. Za DMUo aditivni DEA model unutar CRS i VRS određen je sa (2.15) i (2.16), respektivno.

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.15)$$

Nedostatak aditivnog DEA modela je u tome što ne može da obezbedi ponderaciju ulaza i izlaza u slučajevima kada ne postoji jednakost ulaza i izlaza u vrednosnom smislu. Preciznije, ovaj model ne može da obezbedi uključivanje mišljenja eksperata o vrednostima pojedinih ulaza i izlaza. Zbog toga je u radu [Ali i sar. \(1995\)](#) ovaj model modifikovan u ponderisani aditivni DEA model koji je unutar CRS i VRS određen sa (2.17) i (2.18), respektivno. Ulazne težine w_i^- i izlazne

težine w_r^+ kao pondere određuje korisnik kroz vrednosni sud o značaju pojedinih ulaza i izlaza.

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.16)$$

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m w_i^- s_i^- + \sum_{r=1}^s w_r^+ s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.17)$$

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^m w_i^- s_i^- + \sum_{r=1}^s w_r^+ s_r^+ \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (2.18)$$

2.2.3 Primena neradijalnih DEA modela na numeričkom primeru

Primena neradijalnih DEA modela, opisanih u prethodnoj sekciji monografije, pokazaće se na istom numeričkom primeru kao za slučaj CCR i BCC radijalnih DEA modela. Naime, ideja je da se uporede rezultati oba merenja - ulazno i izlazno orijentisanih radijalnih i neradijalnih DEA merenja efikasnosti. Neradijalno merenje efikasnosti posmatranih DMU iz primera predstavljenog u tabeli 2.1 zahteva da se primene i izračunaju modeli (2.11)-(2.14). Obrazloženje o tome koji model od ova četiri treba upotrebiti je isto kao i u slučaju upotrebe radijalnih DEA modela.

Primena modela (2.11), na primer na DMU 5, može da se predstavi na sledeći način:

$$\theta^* = \min \left(\frac{1}{2}\theta_1 + \frac{1}{2}\theta_2 - \varepsilon s_1^+ \right)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} 15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 &= 30\theta_1 \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 &= 20\theta_2 \\ 10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ &= 15 \\ \theta_1 &\leq 1 \\ \theta_2 &\leq 1 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7 \end{aligned}$$

Kada se izračuna model (2.11) za DMU 5, dobijaju se optimalna rešenja $\theta^* = 0.400$, $\theta_1 = 0.200$, $\theta_2 = 0.600$, $\lambda_4 = 0.600$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$. Ulazno orijentisana neradijalna ocena efikasnosti unutar CRS za DMU 5 je 0.400, dok je primer dobre prakse za ovu jedinicu DMU 4. Dalje, rezultati pokazuju da oba ulaza ove jedinice treba da se smanje tako što će se tekuće vrednosti prvog ulaza (30) i drugog ulaza (20) pomnožiti sa 0.200 ($\theta_1 = 0.200$) i 0.600 ($\theta_2 = 0.600$), respektivno. Prema tome, za DMU 5, optimalna vrednost za prvi ulaz je 6, a za drugi ulaz 12 kada se izlaz održava na tekućem nivou (15).

Primena modela (2.12) na DMU 5, za podatke u tabeli 2.1, može biti predstavljena na sledeći način:

$$\phi^* = \max(\phi_1 - \varepsilon s_1^+)$$

Uz ograničenje:

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

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

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 = 15\phi_1$$

$$\phi_1 \geq 1$$

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

Kada se izračuna model (2.12) za DMU 5, dobijaju se optimalna rešenja $\phi^* = \phi_1 = 1.833$, $\lambda_4 = \lambda_7 = 0.500$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$. Prema tome, izlazno orijentisana neradikalna ocena efikasnosti unutar CRS za DMU 5 je 1.833. Prema ovom modelu, primeri dobre prakse za neefikasnu DMU 5 su DMU 4 i DMU 7. Konačno, ciljna vrednost za tekući izlaz (15) treba da bude 27.500 kada se ulazi održavaju na tekućim nivoima (30 i 20). Ova vrednost se dobija kada se tekuća vrednost izlaza pomnoži sa 1.833 ($\phi_1 = 1.833$).

Primena modela (2.13) na DMU 5 je:

$$\theta^* = \min\left(\frac{1}{2}\theta_1 + \frac{1}{2}\theta_2 - \varepsilon s_1^+\right)$$

Uz ograničenje:

$$15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 = 30\theta_1$$

$$10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 = 20\theta_2$$

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

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

$$\theta_1 \leq 1$$

$$\theta_2 \leq 1$$

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

Kada se izračuna model (2.13) za DMU 5, dobijaju se optimalna rešenja $\theta^* = 0.556$, $\theta_1 = 0.444$, $\theta_2 = 0.667$, $\lambda_1 = 0.667$, $\lambda_4 = 0.333$ i $\lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = 0$. Ulazno orijentisana neradikalna ocena efikasnosti unutar VRS za DMU 5 je 0.556, a primeri dobre prakse za neefikasnu DMU 5 su DMU 1 i DMU 4. Prema rezultatima ovog modela, DMU 5 može da postane efikasna ako smanji tekuće vrednosti oba ulaza na

nivo od 13.33 za slučaj kada se izlaz održava na tekućem nivou (15). Ova ciljna vrednost za oba ulaza se dobija kada se vrednosti prvog ulaza (30) i drugog ulaza (20) pomnože sa 0.444 ($\theta_1 = 0.444$) i 0.667 ($\theta_2 = 0.667$), respektivno.

Primena modela (2.14) na DMU 5 je:

$$\phi^* = \max(\phi_1 - \varepsilon s_1^+)$$

Uz ograničenje:

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

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

$$10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 = 15\phi_1$$

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

$$\phi_1 \geq 1$$

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

Kada se izračuna model (2.14) za DMU 5, dobijaju se identična rešenja kao kada se model (2.12) primeni na DMU 5, tj. $\phi^* = \phi_1 = 1.833$, $\lambda_4 = \lambda_7 = 0.500$ i $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$. Dakle, između ostalog, za DMU 5 izlazno orijentisane neradijalne ocene efikasnosti su iste unutar CRS i VRS pretpostavke.

Analogno primeru DMU 5, primena modela (2.11)-(2.14) može da se izvrši za sve ostale DMU iz posmatranog numeričkog primera. Rezultati izvedeni na ovaj način koji se odnose na neradijalne ocene efikasnosti i primere dobre prakse za neefikasne DMU predstavljeni su u tabelama 2.6 i 2.7. Pored toga, optimalne vrednosti za ulaze i ciljne vrednosti za izlaz za sve neefikasne DMU, prema neradijalnom kriterijumu efikasnosti, predstavljene su u tabelama 2.8 i 2.9.

Merenje efikasnosti koje je sprovedeno na odabranom numeričkom primeru pokazalo je da jedinice odlučivanja koje su efikasne prema radijalnom kriterijumu efikasnosti, efikasne su i prema neradijalnom kriterijumu efikasnosti. Ovi rezultati su potvrdili pretpostavku da oba merenja ocenjuju efikasnost tako što određuju istu granicu efikasnosti. U ovom konkretnom slučaju, kada se primene određeni ulazno orijentisani radijalni i neradijalni DEA modeli, granica efikasnosti je određena sa DMU 4 i DMU 7. Obrnuto, kada se primene određeni

izlazno orijentisani radijalni i neradijalni DEA modeli, granica efikasnosti je definisana sa DMU 1, DMU 3, DMU 4 i DMU 7. Pored toga, na osnovu ovih rezultata, može da se uoči da je neradijalno merenje strože u ocenjivanju efikasnosti od radijalnog merenja. To znači da ocene efikasnosti izvedene ulazno orijentisanim neradijalnim DEA modelima su manje ili jednake od ocena efikasnosti dobijenih ulazno orijentisanim radijalnim DEA modelima. S druge strane, ocene dobijene izlazno orijentisanim neradijalnim DEA modelima su veće ili jednake od ocena dobijenih izlazno orijentisanim radijalnim DEA modelima. Shodno tome, optimalne vrednosti za ulaze i ciljne vrednosti za izlaze, kao i odgovarajući benčmarkovi za neefikasne DMU mogu da se razlikuju kada se upotrebljavaju radijalni i neradijalni DEA modeli.

Tabela 2.6 Ulazno orijentisane neradijalne ocene efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	Ocene unutar CRS	Benčmarkovi	Ocene unutar VRS	Benčmarkovi
DMU 1	0.53333	DMU 4	1.00000	Efikasna
DMU 2	0.39273	DMU 4	0.43939	DMU 1, 4
DMU 3	0.85000	DMU 4, 7	1.00000	Efikasna
DMU 4	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna
DMU 5	0.40000	DMU 4	0.55556	DMU 1, 4
DMU 6	0.44444	DMU 4	0.44444	DMU 4
DMU 7	1.00000	Efikasna	1.00000	Efikasna

Tabela 2.7 Izlazno orijentisane neradijalne ocene efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	Ocene unutar CRS	Benčmarkovi	Ocene unutar VRS	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

Tabela 2.8 Optimizacija - ulazno orijentisani neradikalni kriterijumi efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	x_1^*	x_2^*	y_1^*	x_1^*	x_2^*	y_1^*
DMU 1	4.000	8.000	10.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 2	8.000	16.000	20.000	11.667	16.667	20.000
DMU 3	17.500	15.000	20.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 4	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		
DMU 5	6.000	12.000	15.000	13.333	13.333	15.000
DMU 6	10.000	20.000	25.000	10.000	20.000	25.000
DMU 7	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		

Tabela 2.9 Optimizacija - izlazno orijentisani neradikalni kriterijumi efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	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		

Na kraju ove sekcije monografije ostalo je još da se predstave primene aditivnog i ponderisanog DEA modela. Kao što je to već utvrđeno, prvi model može da razmatra simultano smanjenje ulaza i povećanje izlaza, dok drugi model, pored toga, može da uvrsti i mišljenje eksperata o vrednosti pojedinih ulaza i izlaza.

Primena modela (2.15) na DMU 5 - aditivni DEA model unutar CRS, za podatke u tabeli 2.1, može da se predstavi kao:

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

Uz ograničenje:

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

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

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

$$\begin{aligned}s_1^- &\geq 0 \\ s_2^- &\geq 0 \\ s_1^+ &\geq 0 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7\end{aligned}$$

Pimena modela (2.16) - aditivni DEA model unutar VRS na DMU 5 je:

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

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}15\lambda_1 + 55\lambda_2 + 25\lambda_3 + 10\lambda_4 + 30\lambda_5 + 45\lambda_6 + 50\lambda_7 + s_1^- &= 30 \\ 10\lambda_1 + 25\lambda_2 + 15\lambda_3 + 20\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + 20\lambda_7 + s_2^- &= 20 \\ 10\lambda_1 + 20\lambda_2 + 20\lambda_3 + 25\lambda_4 + 15\lambda_5 + 25\lambda_6 + 30\lambda_7 - s_1^+ &= 15 \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 &= 1 \\ s_1^- &\geq 0 \\ s_2^- &\geq 0 \\ s_1^+ &\geq 0 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 7\end{aligned}$$

Kada se izračuna model (2.15) za DMU 5, dobijaju se optimalna rešenja $s_1^- = 24$, $s_2^- = 8$ i $s_1^+ = 0$, a optimalna rešenja modela (2.16) primenjenog na DMU 5 su $s_1^- = 20$, $s_2^- = 0$ i $s_1^+ = 10$. Prema modelu (2.15), optimalne vrednosti za ulaze (x_{13}^* i x_{23}^*) i ciljna vrednost za izlaz (y_{13}^*) za DMU 5 su:

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= x_{15} - s_1^- = 30 - 24 = 6 \\ x_{23}^* &= x_{25} - s_2^- = 20 - 8 = 12 \\ y_{13}^* &= y_{15} + s_1^+ = 15 + 0 = 15\end{aligned}$$

Prema modelu (2.16), optimalne vrednosti za ulaze i ciljna vrednost za izlaz za posmatranu DMU 5 su:

$$\begin{aligned}x_{13}^* &= x_{15} - s_1^- = 30 - 20 = 10 \\ x_{23}^* &= x_{25} - s_2^- = 20 - 0 = 20 \\ y_{13}^* &= y_{15} + s_1^+ = 15 + 10 = 25\end{aligned}$$

Primena ponderisanog aditivnog DEA modela unutar CRS i VRS zahteva da se odrede ponderi za sve ili neke ulaze i/ili izlaze. Ovo zavisi od toga kakav značaj imaju pojedini ulazi i izlazi za analizu efikasnosti. Kod aditivnog DEA modela pretpostavlja se da su svi ulazi i

izlazi podjednako važni sa stanovišta efikasnosti. U ovom slučaju ponderi za sve posmatrane ulaze i izlaze su isti i jednaki 1. Dakle, da bi se primenio ponderisani aditivni DEA model, potrebno je odrediti pondere za sve ili određene ulaze i izlaze. Za posmatrani primer iz tabele 2.1, neka je za ulaz 1, $w_1^- = 0.3$, a za ulaz 2, $w_2^- = 0.7$. Za ovakvu pretpostavku, to znači da je ulaz 2 važniji od ulaza 1 za analizu efikasnosti. Konačno, za izlaz 1 ponder je jednak jedinici ($w_1^+ = 1$) jer se posmatra samo jedan izlaz. Pimena modela (2.17) - ponderisani aditivni DEA model unutar CRS na DMU 5 je:

$$\text{Max } w_1^- s_1^- + w_2^- s_2^- + w_1^+ s_1^+$$

Uz ograničenje:

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

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

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

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

$$s_1^- \geq 0$$

$$s_2^- \geq 0$$

$$s_1^+ \geq 0$$

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

Pimena modela (2.18) - ponderisani aditivni DEA model unutar VRS na DMU 5 je:

$$\text{Max } w_1^- s_1^- + w_2^- s_2^- + w_1^+ s_1^+$$

Uz ograničenje:

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

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

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

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

$$s_1^- \geq 0$$

$$s_2^- \geq 0$$

$$s_1^+ \geq 0$$

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

Kada se izračunaju modeli (2.17) i (2.18) za DMU 5, dobijaju se ista optimalna rešenja $s_1^- = 20$, $s_2^- = 0$ i $s_1^+ = 10$. Zbog toga su optimalne vrednosti za ulaze i ciljna vrednost za izlaz za DMU 5 jednake prema

oba ova modela. Pažljivi čitalac može da uoči da se ova rešenja podudaraju sa rešenjima modela (2.16), što nije povezano, već se radi o slučajnosti. Analogno prema DMU 5, primena modela (2.15)-(2.18) može da se uradi za sve ostale DMU iz posmatranog primera. Dobijeni rezultati predstavljeni su u tabelama 2.10-2.13.

Tabela 2.10 Optimalne vrednosti za slakove - aditivni DEA model (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	s_1^-	s_2^-	s_1^+	s_1^-	s_2^-	s_1^+
DMU 1	11.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DMU 2	47.000	9.000	0.000	45.000	5.000	5.000
DMU 3	7.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DMU 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DMU 5	24.000	8.000	0.000	20.000	0.000	10.000
DMU 6	35.000	10.000	0.000	35.000	10.000	0.000
DMU 7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela 2.11 Optimalne vrednosti za slakove - ponderisani aditivni DEA model (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	s_1^-	s_2^-	s_1^+	s_1^-	s_2^-	s_1^+
DMU 1	10.000	0.000	2.500	0.000	0.000	0.000
DMU 2	42.500	0.000	11.250	45.000	5.000	5.000
DMU 3	7.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DMU 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DMU 5	20.000	0.000	10.000	20.000	0.000	10.000
DMU 6	30.000	0.000	12.500	35.000	10.000	0.000
DMU 7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Prema oba modela, aditivnom i ponderisanom aditivnom DEA modelu unutar CRS, rezultati pokazuju da su DMU 4 i DMU 7 efikasne, jer su vrednosti ulaznih i izlaznih slakova za ove jedinice jednake 0 (tabele 2.10 i 2.11 kolone 2-4). Kada se ova dva modela primene unutar VRS na posmatranom numeričkom primeru, rezultati identifikuju DMU 1, DMU 3, DMU 4 i DMU 7 kao efikasne jedinice (tabele 2.10 i 2.11 kolone 5 - 7).

Tabela 2.12 Optimizacija - aditivni DEA model (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	x_1^*	x_2^*	y_1^*	x_1^*	x_2^*	y_1^*
DMU 1	4.000	8.000	10.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 2	8.000	16.000	20.000	10.000	20.000	25.000
DMU 3	17.500	15.000	20.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 4	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		
DMU 5	6.000	12.000	15.000	10.000	20.000	25.000
DMU 6	10.000	20.000	25.000	10.000	20.000	25.000
DMU 7	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		

Tabela 2.13 Optimizacija - ponderisani aditivni DEA model (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

DMU	CRS transformacija			VRS transformacija		
	x_1^*	x_2^*	y_1^*	x_1^*	x_2^*	y_1^*
DMU 1	5.000	10.000	12.500	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 2	12.500	25.000	31.250	10.000	20.000	25.000
DMU 3	17.500	15.000	20.000	Efikasna - tekući nivoi		
DMU 4	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		
DMU 5	10.000	20.000	25.000	10.000	20.000	25.000
DMU 6	15.000	30.000	37.500	10.000	20.000	25.000
DMU 7	Efikasna - tekući nivoi			Efikasna - tekući nivoi		

Rezultati predstavljeni u tabelama 2.12 i 2.13, što se tiče efikasnih jedinica, potvrdili su prethodne rezultate merenja efikasnosti dobijenih određenim radijalnim i neradijalnim DEA modelima.

2.3 DEA programski paketi i razvojna okruženja

Ručno rešavanje prethodno definisanih modela primenjenih na svaku DMU, posebno kada postoji veći broj ulaza i izlaza, što je najčešće slučaj u praksi, bio bi spor i mukotrpan posao, podložan greškama (Ralević, 2014). Zbog toga su se razvili komercijalni i nekomercijalni softveri koji mogu da se koriste za rešavanje određenih DEA modela. Neki od poznatijih komercijalnih softvera su:

- DEA Solver Pro (<http://www.saitech-inc.com/>),
- Frontier Analyst (<http://www.banxia.com/>),

- OnFront (<http://www.emq.com/>),
- Warwick DEA (<http://www.deazone.com/>).

S druge strane, neki od poznatijih nekomercijalnih softver su:

- DEA Excel Solver (<http://www.deafrontier.net>),
- DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.php>),
- EMS (<http://www.wiso.tu-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems>),
- Pioneer (<http://faculty.smu.edu/barr/pioneer/>).

Svi nabrojani softveri imaju osobinu da mogu da rešavaju obe orijentacije efikasnosti, ulaznu i izlaznu. Detaljan pregled karakteristika ovih softverskih paketa je predstavljen u radu Barr (2004).

Svi proračuni efikasnosti u ovoj monografiji su izvršeni korišćenjem nekomercijalnog DEA-excel solvera. U ovoj sekciji monografije prikazaće se karakteristike softvera, kao i uputstva za rešavanje DEA modela koji su bili izabrani i korišćeni u monografiji. To su CCR DEA model, BCC DEA model, određene neradikalne modele unutar CRS i VRS, aditivni i ponderisani aditivni DEA model unutar CRS i VRS, kao i modeli za izračunavanje Malmkvistovog pokazatelja produktivnosti (engl. *Malmquist Productivity Index*) (MPI). Pored DEA-excel solvera, postoje i drugi komercijalni i nekomercijalni softveri koji mogu da se uspešno koriste za rešavanje pojedinih DEA modela iz skupa navedenih, kao što je predstavljeno u tabelama 2.14 i 2.15.

Tabela 2.14 Komercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela (izvor: Barr, 2004)

DEA model	DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA
CCR DEA model	+	+	+	+
BCC DEA model	+	+	+	+
Neradikalni DEA model unutar CRS	+	-	-	+
Neradikalni DEA model unutar VRS	+	-	-	+
Aditivni DEA model	+	-	-	+
Ponderisani aditivni DEA model	+	-	-	+
Malmkvistov pokazatelj produktivnosti	+	+	+	-

Tabela 2.15 Nekomercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela (izvor: Barr, 2004)

DEA model	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
CCR DEA model	+	+	+	+
BCC DEA model	+	+	+	+
Neradikalni DEA model unutar CRS	+	-	-	-
Neradikalni DEA model unutar VRS	+	-	-	-
Aditivni DEA model	+	-	+	-
Ponderisani aditivni DEA model	+	-	+	-
Malmkvistov pokazatelj produktivnosti	+	+	+	-

U tabelama 2.14 i 2.15 oznaka "+" znači da određeni softver može da reši određeni DEA model, dok oznaka "-" znači da određeni softver ne može da reši određeni DEA model.

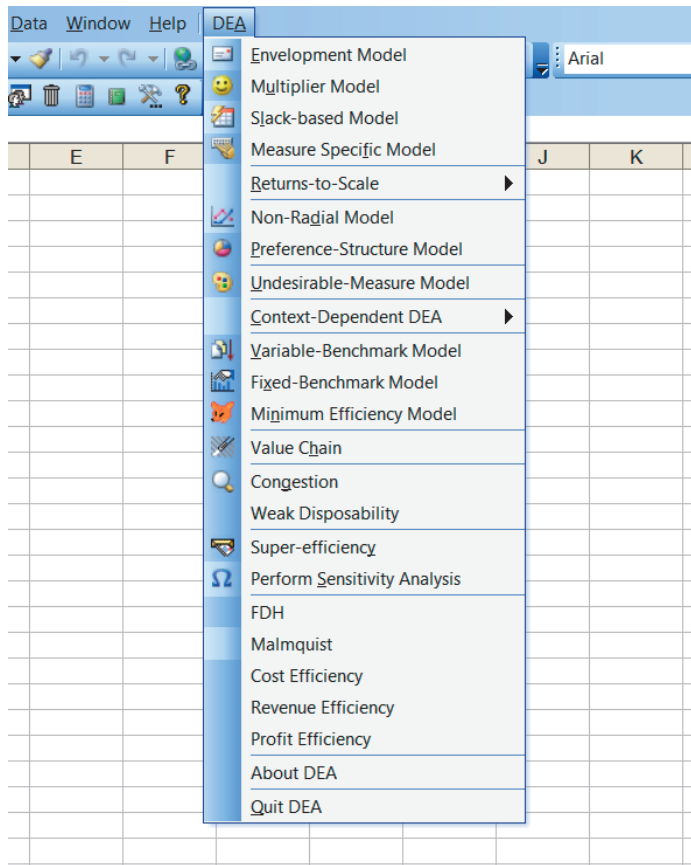
2.3.1 Karakteristike i upotreba DEA-excel solvera

DEA-excel solver zahteva operativni sistem Microsoft Windows, Microsoft Excel 97 ili noviju verziju. Ovaj softver je detaljno opisan i predstavljen u Zhu (2003). Pored modela koji su korišćeni u monografiji, DEA-excel solver omogućava rešavanje i drugih DEA modela koji se nude u meniju ovog softvera prikazanog na slici 2.1.

Softver koristi Excel Solver koji ne postavlja granicu u broju DMU, broju ulaza i broju izlaza. Međutim, kod nekih verzija solvera postoje ograničenja broja promenljivih i uslova, što je prikazano u tabeli 2.16.

Tabela 2.16 Ograničenja broja promenljivih i uslova nekih Excel Solver verzija (izvor: <http://www.solver.com/>)

Problem veličina	Standard Excel Solver	Premium Solver	Premium Solver Platform
Promenljive x uslovi	200 x 200	1000 x 8000	2000 x 8000



Slika 2.1 DEA-excel solver meni

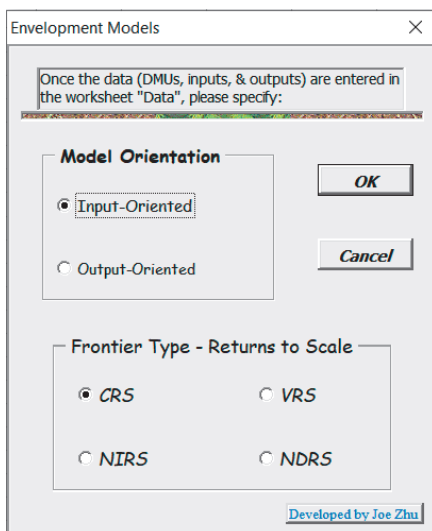
Podaci o DMU treba da se unesu u radni list (Worksheet) pod nazivom "Data". Unos podataka za opšti slučaj kada postoji n DMU koje koriste m ulaza za stvaranje s izlaza treba da se izvrši na način kao što je predstavljeno na slici 2.2.

Negativni podaci ili podaci koji nisu predstavljeni brojem smatraju se nevažećim podacima. Softver pre rešavanja određenog DEA modela proverava da li su svi podaci važeći. Ako radni list sa podacima o DMU sadrži negativne ili nenumeričke podatke, softver će prekinuti rešavanje modela i locirati nevažeće podatke.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	DMU	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3	...	Ulaz m		Izlaz 1	Izlaz 2	Izlaz 3	...	Izlaz s
2	DMU 1	14	7	30		18		38	36	70		47
3	DMU 2	10	9	25		15		45	54	86		65
4	DMU 3	7	12	40		10		40	60	45		78
5	.											
6	.											
7	.											
8	DMU n	18	25	45		24		55	95	80		92

Slika 2.2 Format radnog lista za unos podataka o DMU

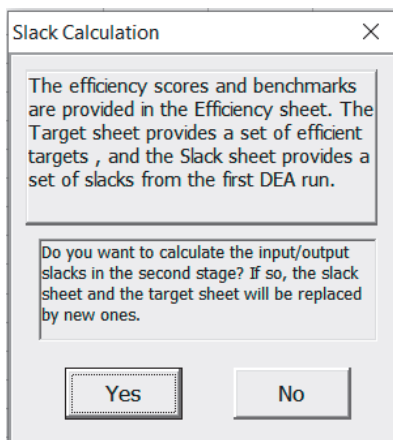
Za pokretanje CRS i VRS modela koji su u DEA-excel solveru grupisani i nazvani kao "Envelopment Model", potrebno je izabrati stavku "Envelopment Model" iz menija. Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Envelopment Models" kao što je predstavljeno na slici 2.3. Ovaj dijlog okvir omogućava rešavanje CRS i VRS modela unutar određene orijentacije, ulazne ili izlazne.



Slika 2.3 Dijalog okvir za rešavanje CRS i VRS modela

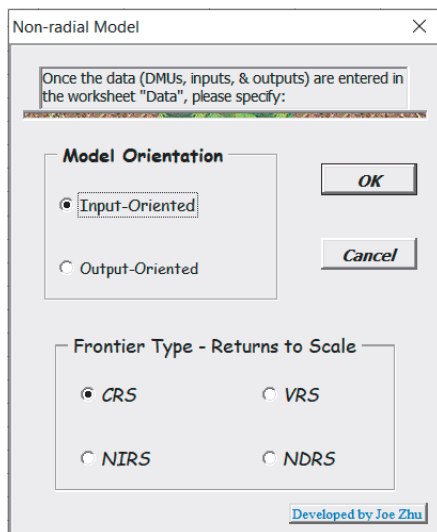
Izveštaj o ocenama efikasnosti i benčmarkovima se daje u radnom listu pod nazivom "Efficiency". Posle toga, u drugom koraku, pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Slack Calculation" kao na slici 2.4, koji omogućava da se odrede vrednosti za slakove, kao i optimalni ulazi i ciljne vrednosti za izlaze. Ovi izveštaji se daju u radnim listovima pod nazivima "Target" i "Slack". Korisno je napomenuti da se u ovom

softveru CRS model odnosi na CCR DEA model, a VRS model na BCC DEA model.



Slika 2.4 Dijalog okvir za određivanje slakova i efikasnih ulaza i izlaza

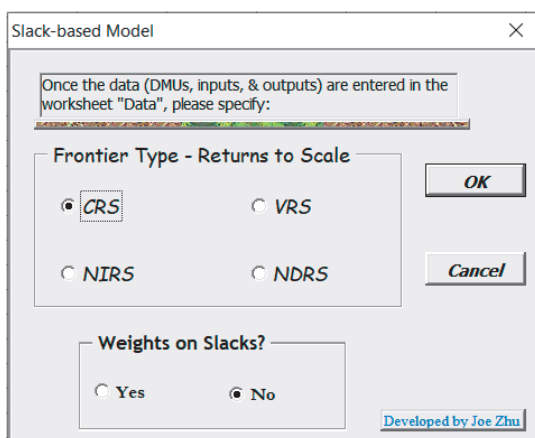
Određeni neradijalni model se u DEA-excel solveru pokreće tako što se izabere stavka "Non-Radial Model" iz menija. Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Non-radial Model" kao što je predstavljeno na slici 2.5.



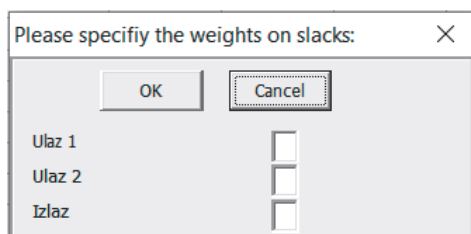
Slika 2.5 Dijalog okvir za rešavanje neradijalnih DEA modela

Između ostalog, dijalog okvir na slici 2.5 omogućava rešavanje neradijalnog modela unutar CRS i VRS sa ulaznom ili izlaznom orijentacijom. Izveštaj o analizi efikasnosti se daje u prvom koraku u radnim listovima pod nazivima "Target", "Slack" i "Efficiency".

Da bi mogao da se pokrene aditivni DEA model unutar CRS ili VRS, potrebno je u meniju izabrati stavku "Slack-based Model". Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Slack-based Model" kao što je prikazano na slici 2.6. Ovaj dijalog okvir omogućava izračunavanje ulaznih i izlaznih slakova za oba slučaja – kada su svi ulazi i izlazi podjednako važni sa stanovišta efikasnosti i kada se zahteva ponderacija ulaza i/ili izlaza od strane eksperata. Dijalog okvir za ponderaciju ulaza i/ili izlaza pojavljuje se u drugom koraku. Na slici 2.7 predstavljen je ovaj dijalog okvir kada se posmatraju dva ulaza i jedan izlaz, kao što je to bio slučaj na odabranom primeru predstavljenom u tabeli 2.1.



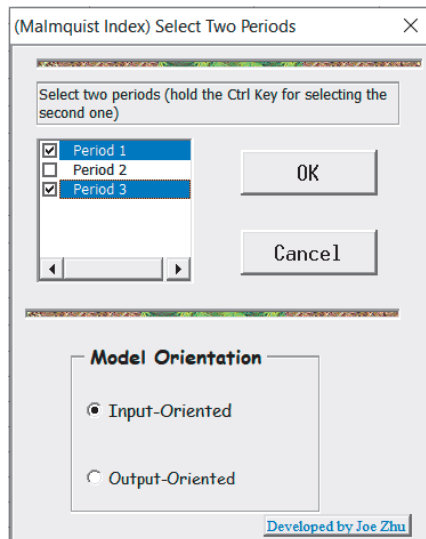
Slika 2.6 Dijalog okvir za rešavanje aditivnog DEA modela



Slika 2.7 Dijalog okvir za ponderaciju ulaza i/ili izlaza

Izveštaj o vrednostima za ulazne i izlazne slakove se daje u radnom listu pod nazivom "Slack Report", dok se optimalne vrednosti za ulaze i ciljne vrednosti za izlaze daju u radnom listu pod nazivom "Efficient Target". Da čitalac ne bi došao u zabunu, treba istaći da u DEA-excel solveru "Slack-based Model" se odnosi na aditivni DEA model.

Modeli za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja mogu da se koriste ako postoje informacije o DMU za najmanje dva vremenska perioda. U zavisnosti od toga koliko se perioda posmatra, podaci o DMU za vremenske periode treba da se unesu u radne listove pod nazivom "Period 1", "Period 2", "Period 3" itd. Modeli za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja se tada mogu pokrenuti ako se u meniju izabere stavka "Malmquist". Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "(Malmquist Index) Select Two Periods" kao što je prikazano na slici 2.8. Ovaj dijalog okvir omogućava izračunavanje ulaznih i izlaznih Malmkvistovih pokazatelja za bilo koja dva vremenska perioda.



Slika 2.8 Dijalog okvir za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja

Na primer, ako postoje tri vremenska perioda pri čemu treba izračunati ulazne Malmkvistove pokazatelje za prvi i treći vremenski period, tada treba definisati dijalog okvir kao na slici 2.8. U tom slučaju, izveštaj o Malmkvistovim pokazateljima daje se u radnim listovima pod nazivima "Malmquist Index", "M Period 1", "M Period 3 - Period 1", "M Period 3" i

"M Period 1 - Period 3". Malmkvistovi pokazatelji produktivnosti će biti uvedeni i predstavljeni u trećem poglavlju monografije. Oni će biti upotrebljeni za merenje produktivnosti koje dopušta da se otkrije doprinos i uticaj tehnologije na obavljanje univerzalne poštanske usluge.

3. SPROVOĐENJE DEA METODE ZA MERENJE EFIKASNOSTI UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE

U ovom poglavlju monografije autori će predstaviti sprovođenje DEA metode za slučaj kada se meri efikasnost univerzalne poštanske usluge (engl. *Universal Service Obligation*). Naime, ova usluga, koja će biti detaljno opisana u ovom poglavlju, postoji u svim zemljama Evrope i sveta koje su članice Svetskog poštanskog saveza (engl. *Universal Postal Union*), a definiše se kao usluga od opšteg interesa i posebne važnosti za državu, privredu i stanovništvo. Univerzalna poštanska usluga predstavlja skup poštanskih usluga koje se obavljaju na celoj teritoriji određene zemlje, u okviru propisanog kvaliteta, po pristupačnim cenama i pod jednakim uslovima za sve korisnike, bez diskriminacije. Generalno, obim ove usluge je uniforman u svim zemljama, a najmanje i najveće dimenzije pošiljaka u međunarodnom poštanskom saobraćaju moraju biti u skladu sa važećim aktima Svetskog poštanskog saveza. Na nivou Evropske unije (EU), obim univerzalne poštanske usluge je propisan Direktivom 97/67/EC ([Evropska unija, 1997](#)), dok je u Republici Srbiji u skladu sa [Zakonom o poštanskim uslugama](#) i zahtevima nacionalnog regulatornog tela (Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge - RATEL).

Kao što je poznato, svaka zemlja članica Svetskog poštanskog saveza treba da odredi najmanje jednog poštanskog operatora kao imenovanog poštanskog operatora (IPO) (engl. *Designated Postal Operator*) koji će obavljati univerzalnu uslugu. U Republici Srbiji, prema [Zakonu o poštanskim uslugama](#) ("Sl. glasnik RS", br. 77/2019), ovu uslugu obavlja javni poštanski operator JP "Pošta Srbije", uz napomenu da davalac univerzalne usluge može da bude svaki poštanski operator koji poseduje licencu. Davalac univerzalne poštanske usluge obavlja ovu uslugu na celoj teritoriji određene zemlje koristeći poštansku mrežu – centre za sortiranje, poštanske sandučice, kao i integralni deo svake poštanske mreže u Evropi i svetu, dostavne jedinice (engl. *Delivery Units*) i isporučne jedinice (engl. *Non-delivery Units*). U vezi s tim, u poštanskoj industriji poznato je da univerzalna usluga predstavlja dodatni trošak za imenovanog operatora i da se finansira na neki od načina koji su poznati u teoriji i praksi, kao što su npr. postojanje

rezervisanog područja, razni modaliteti kompenzacionih fondova, kao i finansiranje iz državnog budžeta. Dakle, imperativ je, kako sa stanovišta države, tako i sa stanovišta IPO, da se univerzalna poštanska usluga obavlja efikasno. Upravo je to autorima bio motiv da sprovedu DEA metodu kako bi izveli analizu efikasnosti ove usluge. Kao što je utvrđeno u tehničkom rešenju pod nazivom "Model za merenje efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge" (Ralević i sar, 2020c), merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge omogućava da se optimizuju upotrebljeni resursi i identifikuju primeri dobre operativne prakse davalaca univerzalne usluge. Dalje, rešenje otkriva sve ostale imenovane operatore koji pokazuju neumerenost u korišćenju resursa i/ili imaju deficit u ostvarenim rezultatima, a takođe za ove IPO pronalazi smernice i preporuke za poboljšanje obavljanja univerzalne usluge. S druge strane, merenje produktivnosti omogućava da se izvede analiza produktivnosti imenovanih operatora. Ovo dopušta da se otkrije doprinos i uticaj tehnologije na obavljanje univerzalne poštanske usluge – da li je došlo do poboljšanja ili pogoršanja produktivnosti tokom vremena, kao i da se ispituju izvori promene produktivnosti u smislu tehnologije i efikasnosti obavljanja univerzalne usluge. Za dobijanje konkretnih rezultata u vezi sa merenjem efikasnosti ove usluge, tehničko rešenje zahteva upotrebu tradicionalnog radijalnog DEA merenja. U ovom poglavlju monografije, za razliku od tehničkog rešenja, autori će, pored tradicionalnog DEA merenja, uvesti i razmatrati merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge korišćenjem neradijalnog DEA merenja.

3.1 Specifičnosti i karakteristike poštanskih usluga

Evropska unija (1997) je Direktivom 97/67/EC uspostavila okvir za regulisanje poštanskih usluga čime je obezbeđeno pružanje univerzalne poštanske usluge u svakoj zemlji članici. U našoj zemlji, obavljanje poštanskih usluga je određeno [Zakonom o poštanskim uslugama](#), a zasniva se na sledećim načelima:

- obezbeđivanje uslova za ravnomeran razvoj poštanskih usluga na teritoriji Republike Srbije,
- obezbeđivanje dostupnosti univerzalne poštanske usluge, propisanog kvaliteta i po pristupačnim cenama, svim građanima

- u Republici Srbiji, uz zadovoljenje potreba specifičnih društvenih grupa, uključujući osobe sa invaliditetom,
- obezbeđivanje ravnopravnosti, zabrane diskriminacije i visokog nivoa zaštite interesa korisnika poštanskih usluga,
 - obezbeđivanje uslova za ravnopravno poslovanje poštanskih operatora,
 - podsticanja konkurencije, ekonomičnosti i delotvornosti u obavljanju poštanske delatnosti,
 - obezbeđivanje razvoja poštanske delatnosti,
 - usklađivanje obavljanja delatnosti u oblasti poštanskih usluga sa srpskim i međunarodnim standardima,
 - nepovredivosti tajnosti pisama i drugih sredstava opštenja,
 - omogućavanje ravnopravnog pristupa poštanskoj mreži i poštanskim uslugama,
 - obezbeđivanje održivosti univerzalne poštanske usluge.

3.1.1 Značaj poštanskih usluga

Već je spomenuto da se poštanska usluga smatra uslugom od opšteg interesa i posebne važnosti za državu, privredu i stanovništvo. Često se u inostranoj literaturi sreće izraz *Services of general economic interest* (SGEI) kada se govori o poštanskom saobraćaju, transportnim mrežama, ili nekim socijalnim uslugama. Ove usluge predstavljaju ekonomske aktivnosti koje državni organi identifikuju kao posebno važne i koje ne bi postojale, ili bi postojale u različitom obliku, odnosno pod drugačijim uslovima, ukoliko ne bi bilo javne intervencije.

Saobraćajni sistem svake zemlje za cilj ima prevoz ljudi i dobara i prenos informacija, iz čega proističe da je poštanski saobraćaj deo saobraćajnog sistema. Značaj poštanskog saobraćaja sagledava se i kroz sadržaj osnovnih aktivnosti koje čine ovu delatnost. Zbog prirode poštanskog saobraćaja, koja podrazumeva isprepletenost komunikacija, logistike i oglašavanja, ove aktivnosti se sastoje u prenosu informacija između prostorno razdvojenih subjekata, u organizovanju prenosa robnih pošiljaka između prostorno razdvojenih proizvodno-prodajnih mesta, kao i u segmentu usluga dodatne vrednosti koje podrazumevaju npr. prenos direktne pošte (Grgurović i sar, 2013). Upravo zbog organizovanja prenosa robnih pošiljaka bez njihove fizičke promene, poštanski saobraćaj, kao deo saobraćaja uopšte, omogućuje završavanje

procesa reprodukcije za sve proizvode čije se mesto proizvodnje ne poklapa sa mestom potrošnje. Polazeći od toga da je cilj svakog proizvodnog ciklusa zadovoljenje potreba proizvođača i korisnika i od toga da je poštanski saobraćaj jedna od onih saobraćajnih grana koja robu ili stvari stavlja na raspolaganje korisnicima u uslovima maksimalne brzine, redovnosti i sigurnosti, može se reći da je reč o značajnom faktoru u ekonomiji zemlje. Funkcija prenosa informacija između prostorno razdvojenih subjekata, koja, između ostalog, omogućuje efikasno funkcionisanje privrede, ugrađuje u poštu posebno značajnu ekonomsku funkciju. Pored toga, poštanske usluge predstavljaju vitalni deo infrastrukture društva i osnov za razvoj privrednih, kulturnih i socijalnih aktivnosti, kao i osnov za razvoj finansijskih usluga.

Može se zaključiti da se kao posebna karakteristika poštanskog sistema, osim prenosa poštanskih pošiljaka, izdvaja bavljenje i drugim delatnostima. Takve delatnosti dodaju ekonomski aspekt poštanskom saobraćaju i samim poštanskim operatorima, koji pružaju usluge korisnicima. Kao najznačajnije ekonomske funkcije, koje su prethodno spomenute i koje poštanski sektor/operator ostvaruje, predstavljene su u radu [Dobrodolac i sar. \(2016\)](#).

Poštanski sektor doprinosi bruto domaćem proizvodu (BDP). BDP predstavlja ukupnu produkciju roba i usluga, ostvarenu u nacionalnoj ekonomiji, bez obzira na vlasništvo. To podrazumeva da BDP uključuje vrednost produkcije stranih lica (kompanija) u zemlji, a isključuje aktivnosti firmi u vlasništvu domaćih rezidenata u inostranstvu. Poštanski sektor doprinosi u različitom obimu BDP-u u različitim zemljama. Može se reći da je svetski prosek oko 1%. Pored navedenog ekonomskog doprinosa, doprinos poštanskog sektora ogleda se u činjenici da su poštanski operatori, kao i ostali učesnici na tržištu, relativno veliki poslodavci. Prihodi koji ostvaruju zaposleni u ovom sektoru odražavaju se i na ostale sektore privrede kroz određenu potrošnju zaposlenih i njihovih porodica. U poštanskom sektoru je zaposlen značajan broj ljudi, na primer, JP "Pošta Srbije" ima oko 15 hiljada zaposlenih, dok u poštanskom sektoru Evropske unije radi oko 2 miliona ljudi.

Osnovna uloga poštanskog saobraćaja je prenos informacija i povezivanje ljudi. Poštanski saobraćaj, za razliku od ostalih vidova saobraćaja, obeležen je obavezom pokrivanja celokupne teritorije države

sopstvenom mrežom i kapacitetima. Takvo neprekidno prisustvo pošte u svakom naseljenom mestu omogućuje svakom licu, bilo gde da se nalazi, da može da ostvari pravo komuniciranja i prenosa informacija. To pravo se realizuje putem univerzalne poštanske usluge. Univerzalna poštanska usluga, kao svojevrsan vid infrastrukturne platforme, obezbeđuje korisniku, bez obzira na to da li se radi o pojedincu ili pravnom licu, pravo i mogućnost lične i poslovne komunikacije na nacionalnom i globalnom nivou. Ovo je posebno značajno za korisnike u ruralnim područjima. Iako je funkcija prenosa informacija znatno smanjena pojavom elektronskih oblika komunikacija, ona je i dalje važna. Neki od brojnih primera su prenos časopisa i novina, različitih obaveštenja i poziva, informacije u vezi glasačkih aktivnosti, informacija za čije uručenje je potrebna pismena potvrda.

Poštanska mreža obezbeđuje prenos dokumentacije, tj. razmenu poslovnih informacija i ugovora, što povećava efikasnost poslovanja privrednih subjekata. Na primer, poslovni subjekti, umesto da troše vreme na međusobne susrete i sastanke, mogu odgovarajuće formalnosti obaviti korišćenjem poštanskih usluga.

Pošta se pojavljuje i kao posrednik u razmeni robe između prostorno razdvojenih proizvodno-prodajnih mesta. Za izvršenje ove funkcije pošta koristi prvenstveno sopstvene prevozne resurse, ali se pojavljuje i kao veliki korisnik transportnih kapaciteta ostalih vidova saobraćaja (vazdušni, železnički, drumski). U smislu prenosa robe, mogu se izdvojiti tri poslovne celine, kao što su distribucija robe za treća lica, optimizacija skladišta i elektronska trgovina. Pošta ima mogućnost da vrši distribuciju robe za treća lica. Na primer, mala i srednja preduzeća koja imaju potrebu za transportom robe ne moraju da kupuju sopstvena vozila, da upošljavaju radnike, niti da se bave održavanjem vozila, već taj posao mogu da povere pošti. Pošta ima korist jer može bolje da iskoristi svoje transportne kapacitete. Optimizacija skladišta, tj. nabavka rezervnih delova, poseban je segment u kojem poštanski operatori mogu da doprinesu. Poznato je da je poslovni prostor skup, a takođe i sama vrednost zaliha, tako da brza i efikasna poštanska usluga u značajnoj meri može optimizovati potreban skladišni prostor i same zalihe trećih lica. Kada korisnik može da se osloni na kvalitetnu poštansku uslugu, njegove zalihe ne moraju biti velike, jer, u slučaju potrebe, zalihe se brzo mogu dopuniti putem pošte. Razvojem novih informacionih i komunikacionih tehnologija supstitucija poštanskih

usluga postaje sve izraženija. Naime, supstituisanje tradicionalnih poštanskih usluga uslugama elektronske trgovine u najširem smislu poslednjih godina doživljava ekspanziju. Poštanski operatori pribegavaju razvijanju novih ponuda, baziranih na konvergenciji tradicionalnih i novih tehnologija, odnosno kombinaciji fizičkih i elektronskih usluga. Po takvom scenariju, ono što je izgledalo kao najveća pretnja razvoju poštanskog sektora može lako da se pretvori u jednog od njegovih najjačih aduta. S druge strane, čitava lepeza hibridnih (elektronsko-finansijsko-poštanskih) usluga postaju okosnica diversifikacije usluga koje pružaju moderni poštanski operatori u cilju očuvanja svoje tržišne pozicije. Pored toga, većina poštanskih operatera je proširila svoje poslovanje i na obavljanje drugih usluga kao što su elektronsko plaćanje, elektronsko fakturisanje ili npr. izdavanje digitalnih sertifikata.

Poštanski sistemi imaju značajan potencijal u oblasti marketinških usluga. Imajući u vidu razgranatu mrežu i tehničku opremljenost koju poseduju pošte, postoji niz mogućnosti u ovoj oblasti. Na ovom mestu biće navedene tri, koje su najznačajnije po mišljenju autora: direktna pošta, reklamiranje u pošti i personalizovana poštanska marka. Direktna pošta je vrsta pošiljke koja sadrži identične reklamne, propagandne, marketinške i oglasne poruke koje se šalju velikom broju primalaca i nema karakter ličnog dopisivanja. Može biti adresovana i neadresovana. Predviđene dimenzije odgovaraju dimenzijama pisma. Sredstva direktne pošte su letak (reklamna poruka, flajer), kovetirana reklamna poruka, katalog, reklamni uzorak, sredstva poslovne reprezentacije (kalendar, rokovnik). Glavna karakteristika direktnog marketinga, pa tako i direktne pošte, jeste težnja da se subjekat koji se oglašava obrati tačno definisanoj ciljnoj grupi kako bi efekat marketinga maksimizirao, a troškovi minimizirali. Da bi se ovaj cilj postigao, potrebno je da poštanski operatori koji se bave ovim poslom poseduju odgovarajuće baze podataka na osnovu kojih će definisati ciljne grupe u zavisnosti od potreba klijenata. Prema istraživanju koje je sprovedeno u Pošti Slovenije, 86% stanovništva makar jednom mesečno uđe u neku od pošta. Ovaj podatak ukazuje na veliki marketinški potencijal koji poseduje sama poštanska mreža. Pošta Srbije nudi niz mogućnosti reklamiranja u samoj pošti: putem plakata, holdera, flajera na šalterima, izlaganjem različitih brendiranih predmeta, promocijama u poštama, kao i putem različitih elektronskih medija. Personalizovana poštanska

marka je poštanska usluga koja omogućava da korisnik kreira svoju ličnu marku, bilo da je reč o fizičkom ili pravnom licu, radi marketinške aktivnosti, obeležavanja značajnih jubileja i događaja ili lične promocije. Personalizovane poštanske marke štampaju se na specijalnom papiru, sa svim elementima poštanske marke - nominalna vrednost za pismo mase do 20 grama, naziv zemlje i zupčanje. Koristi se za plaćanje poštarine za pismonosne usluge u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, a pisma se mogu predati na šalterima svih pošta ili ubacivanjem u poštanski sandučić. Takođe, postoji mogućnost i personalizacije same koverta.

U savremenom svetu, proizvođači imaju mogućnost da svoje proizvode plasiraju i na najudaljenijim tržištima. Na primeru Pošte Srbije, usluga koja je značajna u ovoj oblasti je Postexport. Ova usluga podrazumeva prenos robe u međunarodnom saobraćaju koju Pošta Srbije pruža privrednim društvima i preduzetnicima u svim poštama u Srbiji. Neke od osnovnih karakteristika ove usluge su: jednostavnost korišćenja - na osnovu zaključenog ugovora sa Poštom Srbije, usmeno deklarisanje robe na šalterima svih pošta, vrednost robe koja se izvozi može biti do 1000 evra po jednoj fakturi za istog primaoca, ne postoji ograničenje u pogledu učestalosti slanja paketa, mogućnost izvoza robe u bilo koju od više od 240 zemalja sveta, pojednostavljen postupak izvoza uz obrazac - Izvozni carinski list CP-72 i njegov dodatak i dva originala fakture. Na ovaj način, privrednici smanjuju svoje troškova izvoza i štede vreme.

Pošta se pojavljuje kao faktor socijalne i finansijske inkluzije. Razvoj lokalnih samouprava, kao i socijalna i finansijska inkluzija, često su veoma zavisne od prisutnosti pošte u nekom regionu, naročito ukoliko je to ruralni deo zemlje. Socijalna inkluzija je proces koji omogućava da oni koji su u riziku od siromaštva i društvene isključenosti dobiju mogućnost i sredstva koja su potrebna za puno učešće u ekonomskom, društvenom i kulturnom životu, ali i dostizanju životnog standarda i blagostanja koji se smatraju prihvatljivim u društvu u kojem žive. Socijalna inkluzija osigurava veće učešće građana u donošenju odluka, što utiče na njihove živote i ostvarenje osnovnih prava. Može se definisati i kao višedimenzionalni proces koji jača povezanost pojedinca i zajednice. Finansijska inkluzija je jedna od dimenzija socijalne inkluzije. Jedna od mogućih definicija finansijske inkluzije je dostupnost i blagovremeno pružanje finansijskih usluga i proizvoda socijalno i ekonomski ugroženijim društvenim grupama, po pristupačnim cenama.

3.1.2 Vrste poštanskih usluga

Poštanske usluge koje obavljaju poštanski operatori obuhvataju prijem, preradu, prevoz i uručenje poštanskih pošiljaka u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju. Ove usluge mogu se posmatrati kao univerzalna poštanska usluga i ostale poštanske usluge. Kao što je to već spomenuto, univerzalna poštanska usluga je usluga od opšteg interesa i predstavlja skup poštanskih usluga koje se obavljaju u kontinuitetu na celokupnoj teritoriji Republike Srbije, u okviru propisanog kvaliteta, po pristupačnim cenama i pod jednakim uslovima za sve korisnike. Prema [Zakonu o poštanskim uslugama](#), ova usluga obuhvata prijem, preradu, prevoz i uručenje:

- pismonosnih pošiljaka mase do 2 kilograma,
- pismena u sudskom, upravnom i prekršajnom postupku, bez obzira na limite,
- prijem paketa mase do 10 kilograma u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju,
- uručenje paketa mase do 20 kilograma u međunarodnom poštanskom saobraćaju,
- sekograma mase do 7 kilograma bez naplate poštarine u unutrašnjem poštanskom saobraćaju.

Pored toga, univerzalna poštanska usluga u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju obuhvata i prijem, prenos i isplatu poštanske uputnice. Najmanje i najveće dimenzije pošiljaka u međunarodnom poštanskom saobraćaju moraju biti u skladu sa važećim aktima Svetskog poštanskog saveza.

Poštanska Direktiva 97/67/EC propisuje da prijem i uručenje poštanskih pošiljaka u okviru univerzalne usluge, IPO mora da obavlja najmanje 5 dana nedeljno svim stanovnicima, uz moguća izuzeća koja propisuje regulator. Na tržištu poštanskih usluga EU ova izuzeća se kreću najviše do 10% stanovnika, i to u zemljama sa specifičnim geografskim područjem. [Zakon o poštanskim uslugama](#) u našoj zemlji, kao i prateći dokumenti imenovanog poštanskog operatora, takođe su predvideli dostavu svakog radnog dana, uz izuzeća kada se radi o posebnim okolnostima i geografskim uslovima, kao što je to određeno u tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Režimi dostave

Dostavno područje (DP)	Broj dostave u toku nedelje	Broj stanovnika
Dostavno područje tipa 1	Svakog radnog dana	Preko 3500
Dostavno područje tipa 2	2 ili 3	Od 750 do 3500
Dostavno područje tipa 3	1	Do 750

Tabela 3.2 Broj stanovnika i domaćinstava po dostavnom području (izvor: RATEL, 2019)

Dostavno područje (DP)	Stanovnici		Domaćinstva	
	broj	%	broj	%
Dostavno područje tipa 1	4,893,709	68.09	1,966,658	68.75
Dostavno područje tipa 2	1,550,089	21.57	587,481	20.54
Dostavno područje tipa 3	742,933	10.34	306,341	10.71
Ukupno	7,186,731	100.00	2,860,480	100.00

Analizirajući podatke o broju stanovnika i domaćinstava po dostavnim područjima koji su predstavljeni u tabeli 3.2, uočava se da je oko 68% stanovnika i 69% domaćinstava obuhvaćeno svakodnevnom dostavom. Dalje, na širem dostavnom području nalazi se oko 22% stanovnika i 21% domaćinstava koji su obuhvaćeni dostavom 2 ili 3 dana nedeljno. Konačno, oko 10% stanovnika i 11% domaćinstava se nalazi na najširem dostavnom području kojima se dostava vrši jednom nedeljno.

Ostale poštanske usluge, koje nisu tema ove monografije, prema [Zakonu o poštanskim uslugama](#), obuhvataju prijem, preradu, prevoz i uručenje:

- paketa mase preko 10 kilograma u unutrašnjem poštanskom saobraćaju,
- paketa mase preko 10 kilograma u međunarodnom poštanskom saobraćaju, u polazu,
- paketa mase preko 20 kilograma u međunarodnom poštanskom saobraćaju, u dolazu;
- usluge dodatne vrednosti,
- dopunske usluge.

Za razliku od univerzalne poštanske usluge koju obavljaju IPO na osnovu licence, ostale poštanske usluge mogu obavljati svi poštanski operatori na osnovu dozvole. Korisno je istaći da su usluge dodatne

vrednosti one poštanske usluge koje imaju posebne zahteve u pogledu kvaliteta i načina prijema, prerade, prevoza i uručenja. Na primer, ovim uslugama smatraju se:

- kurirske usluge, koje podrazumevaju prijem poštanske pošiljke na adresi pošiljaoca i direktan prevoz i uručenje na adresi primaoca, bez prerade,
- ekspres usluge, koje podrazumevaju prijem, preradu, prevoz i uručenje poštanskih pošiljaka u najkraćim i garantovanim rokovima,
- usluge elektronskog praćenja od prijema do uručenja poštanske pošiljke,
- usluge pri kojima pošiljalac, radi dodatnih uputstava u vezi sa uručenjem poštanske pošiljke, ima direktnu komunikaciju sa licem koje neposredno obavlja poštansku uslugu,
- uručenje pošiljke sa ugovorenim vremenom uručenja.

Konačno, dopunske poštanske usluge su usluge koje sadrže poseban način postupanja u toku prijema, prerade, prevoza i uručenja poštanskih pošiljaka. Na primer, dopunskim poštanskim uslugama smatraju se usluge po zahtevu primaoca i pošiljaoca. Ovi zahtevi se mogu podneti u bilo kojoj fazi obavljanja poštanskih usluga do uručenja.

S obzirom na karakteristike univerzalne poštanske usluge, važi da ona nije ponuđena na komercijalnoj osnovi. Zbog toga finansijska pozicija IPO, po pravilu, ima negativan bilans ako se posmatra samo segment univerzalne usluge. Razlog je to što nije profitabilno opsluživati svakog korisnika na celoj teritoriji zemlje. U vezi s tim, jedno od glavnih strateških pitanja u poštanskom sektoru jeste problem finansiranja troškova univerzalne usluge. Finansijski mehanizmi za ovu svrhu analizirani u radovima [Gautier i Paolini \(2010\)](#) i [Oxera \(2007\)](#) su postojanje rezervisanog područja, razni modaliteti kompenzacionih fondova, kao i finansiranje iz državnog budžeta. Rezervisano područje kao mehanizam finansiranja je tradicionalni pristup za finansiranje univerzalne poštanske usluge u evropskom poštanskom sektoru. Ovaj koncept funkcioniše tako što stvara monopol u pružanju određenih usluga. Ovim monopolom operator može da uspostavi jedinstvenu cenu za celu teritoriju zemlje bez opasnosti od ulaska konkurencije. Budući da je namera modernih ekonomija liberalizacija tržišta, u poštanskom sektoru najveći broj evropskih zemalja smanjuje ili ukida

rezervisani sektor. Stanje u ovoj oblasti u zemljama Evropske unije je opisano u Direktivi 2002/39/EC ([Evropska Unija, 2002](#)) i Direktivi 2008/06/EC ([Evropska Unija, 2008](#)).

U slučaju Republike Srbije, postojeći [Zakon o poštanskim uslugama](#) predviđa postojanje rezervisanog područja. Naime, rezervisane poštanske usluge, koje su deo univerzalne poštanske usluge, poverene su imenovanom poštanskom operatoru. Dakle, IPO je ovlašćen da rezervisane poštanske usluge obavlja kako u unutrašnjem, tako i u međunarodnom poštanskom saobraćaju. Ove usluge obuhvataju prijem, preradu, prevoz i uručenje pismonosnih poštanskih pošiljaka mase do 50 grama, pismena u sudskom, upravnom i prekršajnom postupku, kao preporučenih poštanskih pošiljaka, bez obzira na limite, kao i prijem, prenos i isplatu poštanskih uputnica. Pored toga, [Zakon o poštanskim uslugama](#) omogućava da davalac univerzalne poštanske usluge ima pravo na naknadu za nepravedno finansijsko opterećenje koje će se primenjivati od dana pristupanja Republike Srbije Evropskoj uniji. U tom trenutku, pravo regulisanog monopola na tržištu poštanskih usluga će biti ukinuto, ali IPO stiće pravo na naknadu neto troška nastalog u obavljanju univerzalne poštanske usluge, ako dokaže da su troškovi veći od ostvarenih prihoda u prethodnoj godini i predstavljaju nepravedan teret za poslovanje poštanskog operatora. Na ovom mestu korisno je navesti da je neto trošak svaki trošak koji je neophodan za obavljanje univerzalne poštanske usluge i koji je sa tom uslugom povezan. On se izračunava kao razlika između neto troška IPO, koji posluje sa obavezom obavljanja univerzalne usluge, i neto troška koji bi davalac univerzalne usluge imao da nema obavezu obavljanja ove usluge. Ovde, [Zakon o poštanskim uslugama](#) zahteva da se kod obračuna neto troška izbegnu višestruki obračuni svih direktnih i indirektnih koristi i troškova u obavljanju univerzalne poštanske usluge. Ovaj obračun uključuje troškove univerzalne poštanske usluge koji se mogu izvršavati samo sa gubitkom, kao i sve direktne i indirektno koristi koje IPO ima na osnovu obavljanja univerzalne usluge. Na primer, direktne i indirektno koristi obuhvataju prihode od univerzalne poštanske usluge, kao i prihode od usluga koje ne čine univerzalnu uslugu, a davalac univerzalne usluge ih ne bi ostvario kada ne bi obavljao ovu uslugu.

U ovoj sekciji, pre nego što će se razmatrati zastupljenost univerzalne usluge na tržištu poštanskih usluga, autori žele da se kratko osvrnu na

vrste poštanskih pošiljaka zbog peglednosti i lakšeg praćenja budućeg teksta. Kao što je na to ukazano, poštanske usluge koje obavljaju poštanski operatori obuhvataju prijem, preradu, prevoz i uručenje poštanskih pošiljaka u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju. Generalno, poštanske pošiljke mogu da budu registrovane i neregistrovane. Registrovane pošiljke su poštanske pošiljke za koje poštanski operator izdaje pošiljaocu potvrdu o prijemu pošiljke, o kojima vodi posebnu evidenciju i koje se primaocu uručuju uz potpis. Najčešći modaliteti ovih pošiljaka su sledeći:

- preporučena poštanska pošiljka,
- vrednosna poštanska pošiljka,
- otkupna poštanska pošiljka,
- paketi sa ili bez označene vrednosti,
- pošiljka sa potvrđenim uručenjem.

Za preporučenu poštansku pošiljku korisnik može da dobije, na svoj zahtev, dokaz o uručanju. U ovom slučaju radi se o pošiljci sa potvrđenim uručenjem. Vrednosna poštanska pošiljka je osigurana za slučaj gubitka, oštećenja ili umanjenja sadržine pošiljke do visine vrednosti koju je naveo pošiljalac. Otkupna poštanska pošiljka je vrednosna poštanska pošiljka pri čijem uručanju se od primaoca preuzima iznos novca koji je na pošiljci naveo pošiljalac i koji poštanski operator dostavlja pošiljaocu na tekući račun, naznačenu adresu ili se isplaćuje u prostorijama poštanskog operatora.

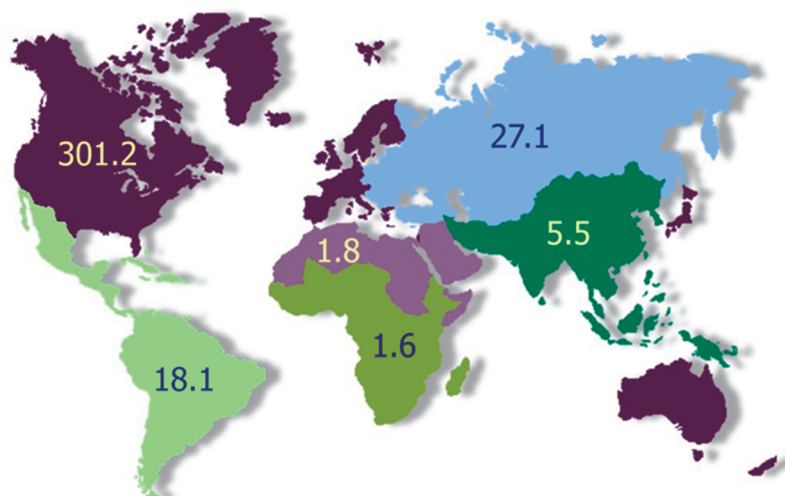
Za razliku od registrovanih pošiljaka, neregistrovana pošiljka je poštanska pošiljka za koju poštanski operator prilikom prijema ne izdaje potvrdu o prijemu pošiljke. Pored toga, poštanski operator o ovoj pošiljci ne vodi evidenciju ni u jednoj od faza obavljanja poštanske usluge.

3.1.3 Tržište poštanskih usluga u svetu i Republici Srbiji

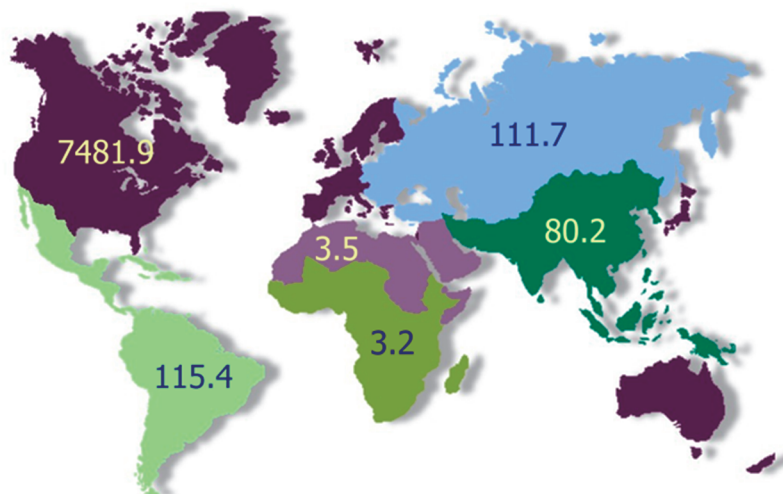
Prema podacima Evropske unije, za 28 zemalja članica, pružaoci univerzalne usluge su distribuirali preko 99 milijardi pismonosnih pošiljaka i skoro 2 milijarde paketa za 2014. godinu ([Evropska komisija, 2015](#)). Dalje, podaci za ovu godinu beleže ukupan obim pismonosnih pošiljaka u iznosu od 327 milijardi pošiljaka, što ukazuje na pad obima u odnosu na 2013. godinu za 2.6%. Od prikazanog ukupnog obima

pismonosnih pošiljaka, nacionalni saobraćaj su činile 324 milijarde pošiljaka (99.9% ukupnog saobraćaja, tj. obima pošiljaka), a međunarodni saobraćaj preko 3 milijarde pošiljaka (1% ukupnog saobraćaja). Na slici 3.1 prikazan je broj pismonosnih pošiljaka po glavi stanovnika u svetu za 2014. godinu. Zaključuje se da je taj broj najveći u industrijalizovanim zemljama (301.2). Zatim je taj broj znatno manji u evropskim zemljama u razvoju (27.1), potom u Latinskoj Americi (18.1), zatim u Aziji i Pacifiku (5.5), u arapskim zemljama (1.8) i najmanji u Africi (1.6). Svetski prosek za 2014. godinu bio je 45.4 pisama po glavi stanovnika, dok je ukupan obim paketskih pošiljaka bio 7.3 milijarde paketa. Nacionalni saobraćaj je činilo 7.2 milijarde paketa (98.6% ukupnog saobraćaja), a međunarodni saobraćaj 101 milion paketa (1.4% ukupnog saobraćaja). Svetski prosek je iznosio 1022.7 paketa na 1000 stanovnika. Raspodela broja paketa po glavi stanovnika na svetskom nivou za 2014. godinu prikazana je na slici 3.2.

Generalno, u poštanskoj industriji, kada se razmatra tržište na nivou EU, postoji trend smanjenja poštanskih usluga već dugi niz godina. Međutim, ovo nije slučaj kada se posmatra tržište poštanskih usluga u našoj zemlji. Pored toga, pojedine zemlje EU, kao što su, na primer, Austrija, Mađarska i Finska, beleže rast broja poštanskih usluga.



Slika 3.1 Broj pisama po glavi stanovnika (izvor: [Universal Postal Union, 2015](#))



Slika 3.2 Broj paketa na 1000 stanovnika (izvor: [Universal Postal Union, 2015](#))

U Republici Srbiji, u 2018. godini, zabeležen je rast broja poštanskih usluga, pri čemu je nastavljen trend povećanja obima ovih usluga drugu godinu zaredom. Konkretno, operatori poštanskih usluga u Republici Srbiji su u 2018. godini realizovali oko 325 miliona poštanskih usluga, što je za 1% više u poređenju sa 2017. godinom ([RATEL, 2019](#)). Prema tome, u proseku u našoj zemlji za 2018. godinu, uručena je 131 poštanska pošiljka po domaćinstvu ili 45 poštanskih pošiljaka po stanovniku. Za ovu godinu, na tržištu poštanskih usluga 59 poštanskih operatora je obavljalo usluge, uključujući i imenovanog poštanskog operatora (JP "Pošta Srbije"). Razmatrajući ove operatore, interesantno je navesti da je 25 poštanskih operatora obavljalo ekspres usluge u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, 2 operatora je obavljalo ekspres usluge u međunarodnom poštanskom saobraćaju, 6 operatora je obavljalo ekspres usluge kako u unutrašnjem tako i u međunarodnom poštanskom saobraćaju, dok je 26 operatora obavljalo kurirske usluge. Kod operatora koji obavljaju ekspres usluge u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, u 2018. godini je uočeno da neki operatori prestaju samostalno da obavljaju poštanske usluge i obavljaju ih u ime i za račun većih poštanskih operatora. Poštanska industrija u našoj zemlji od obavljanja poštanskih usluga u 2018. godini ostvarila je prihod od oko 166 miliona evra (približno 0,4% BDP) ([RATEL, 2019](#)). Konačno, statistički podaci pokazuju da je broj zaposlenih u poštanskoj industriji

u našoj zemlji oko 19,000 (18,883 zaposlena u 2018. godini) što je 0.92% od ukupnog broja zaposlenih u Republici Srbiji, gde je u 2018. godini zabeležen rast od 1.5% (RATEL, 2019). Ovde, treba naglasiti da 80% zaposlenih u poštanskoj industriji je zaposleno u JP "Pošta Srbije" (15,121 zaposlen u 2018. godini). U tabeli 3.3 dat je pregled broja zaposlenih od 2014. do 2018. godine za imenovanog poštanskog operatora i ostale poštanske operatore u našoj zemlji.

Tabela 3.3 Raspodela zaposlenih u poštanskoj industriji Republike Srbije (izvor: RATEL, 2019)

Poštanski operatori	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
JP "Pošta Srbije"	15,015	14,965	14,868	14,980	15,121
Ostali poštanski operatori	2,615	2,751	3,096	3,629	3,762
Ukupno	17,630	17,716	17,964	18,609	18,883

Kada se razmatra tržište poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2018. godini, kao što je prikazano u tabeli 3.4, univerzalna poštanska usluga je učestvovala sa 89.1% (289,512 poštanskih usluga) u ukupnom obimu usluga, dok su ostale poštanske usluge imale učešće od oko 10.9% (35,314 poštanskih usluga). Podaci iz tabele 3.4 pokazuju da je u 2018. godini univerzalna usluga ostvarila 44.7% ukupnog prihoda (8,755,539.00 hiljada dinara), dok su ostale poštanske usluge ostvarile 55.3% ukupnog prihoda (10,851,478.03 hiljade dinara).

Tabela 3.4 Tržište poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2018. godini (izvor: RATEL, 2019)

Vrsta usluge	Obim		Prihod	
	u hiljadama	%	u hiljadama din.	%
Univerzalna poštanska usluga	289,512	89.1	8,755,539.00	44.7
Ostale poštanske usluge	35,314	10.9	10,851,478.03	55.3
Ukupno	324,826	100.0	19,607,017.03	100.0

Nastavljen je trend smanjenja učešća univerzalne poštanske usluge u ukupnom obimu i prihodu (RATEL, 2019). S druge strane, postoji rast učešća ostalih poštanskih usluga, kako u ukupnom obimu, tako i u ukupnom prihodu. Ovde treba imati u vidu da konstantan rast broja ostalih poštanskih usluga postoji u svim evropskim zemljama.

Učešće rezervisanih poštanskih usluga u obimu univerzalne usluge stalno raste. U 2018. godini ovo učešće je bilo oko 98%. Pismonosne pošiljke mase do 20 grama su najmasovnije pošiljke u rezervisanim uslugama (91,84% u 2018. godini), dok pošiljake između 20 i 100 grama nastavljaju trend smanjenja (6,27% u 2018. godini). U 2018. godini zabeležen je rast obima preporučanih pisama (9%), sudskih pisama (8%) i uputnica (7%) (RATEL, 2019). Najveći pad obima usluga unutar univerzalne poštanske usluge u 2018. godini bio je kod pošiljaka koje su zastupljene u malom obimu - paketi sa označenom vrednošću (49%), vrednosna pisma sa otkupninom (22%), vrednosna pisma (4%) i adresovana direktna pošta (3%).

Kada se razmatra ukupan prihod od poštanskih usluga JP "Pošta Srbije", postoji pad učešća u prihodu od rezervisanih usluga. U 2018. godini rezervisane usluge su ostvarile 72,1% ukupnog prihoda, usluge koje nisu rezervisane unutar univerzalne usluge čine 4,9% ukupnog prihoda, a ostale poštanske usluge ostvaruju 23% ukupnog prihoda (RATEL, 2019). Kada se posmatra prihod od univerzalne usluge, najveće učešće imaju pismonosne pošiljke mase do 20 grama (87,24%), a zatim pošiljke mase između 20 i 100 grama (8,49%) (RATEL, 2019). Rezervisane usluge ostvaruju preko 95% prihoda u univerzalnoj poštanskoj usluzi. Interesantno je spomenuti da JP "Pošta Srbije" unutar univerzalne usluge ostvaruje preko 85% u obimu i 75% u ukupnom prihodu na osnovu zaključenih ugovora sa pravnim licima o obavljanju poštanskih usluga, neregistrovanih i sudskih pisama.

Za razliku od univerzalne usluge u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, koja ima pad u obimu, univerzalna usluga u međunarodnom poštanskom saobraćaju ima rast. Treba istaći da je obim univerzalne usluge u međunarodnom poštanskom saobraćaju mnogo manji od obima univerzalne usluge u unutrašnjem saobraćaju. Stoga, autori smatraju da bi statistički podaci u vezi sa univerzalnom uslugom u međunarodnom poštanskom saobraćaju vezano za obim i prihod nepotrebno opteretilo čitaoca ove monografije.

Kada se posmatraju ostale poštanske usluge, ekspres usluge u unutrašnjem poštanskom saobraćaju su ostvarile najveći obim (97.6%) i prihod (83.4%) u 2018. godini u poređenju sa drugim poštanskim uslugama. Za razliku od ovih usluga, ekspres usluge u međunarodnom poštanskom saobraćaju ostvarile su znatno manji obim (1.8%) i prihod (16%). Konačno, kurirske usluge u našoj zemlji u 2018. godini imale su

učešće od 0.6%, kako u obimu tako i u ukupnom prihodu. U tabeli 3.5 predstavljena je raspodela ostalih poštanskih usluga prema obimu i ostvarenom prihodu za posmatranu 2018. godinu.

Tabela 3.5 Struktura ostalih poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2018. godini (izvor: [RATEL, 2019](#))

Vrsta usluge	Obim		Prihod	
	u hiljadama	%	u hiljadama din.	%
Unutrašnje ekspres usluge	34,497	97.6	9,049,282	83.4
Međunarodne ekspres usluge	622	1.8	1,734,340	16.0
Kurirske usluge	194	0.6	67,855	0.6
Ukupno	35,314	100.0	10,851,478	100.0

Postoji rast ekspres usluga u unutrašnjem poštanskom saobraćaju (14% povećanje 2018. godine u poređenju sa 2017. godinom), kao i rast ekspres usluga u međunarodnom poštanskom saobraćaju (5% povećanje 2018. godine u poređenju sa 2017. godinom) ([RATEL, 2019](#)).

3.1.4 Rokovi za uručenje poštanskih pošiljaka

Rok za uručenje poštanskih pošiljaka je vreme od prijema poštanske pošiljke do njenog uručenja. Prema [Zakonu o poštanskim uslugama](#) naše zemlje, u ove rokove ne računaju se:

- vreme kašnjenja zbog nepotpune i netačne adrese,
- vreme kašnjenja zbog više sile,
- neradni dani i dani kada se ne obavlja dostava poštanskih pošiljaka.

Ako je poštanska pošiljka primljena posle poslednje otpreme pošiljaka iz pristupne tačke poštanskog operatora, rok za uručenje poštanskih pošiljaka se produžava za jedan radni dan. Poštanski operator može sa korisnicima koji predaju veći broj poštanskih pošiljaka da ugovori i drugačije rokove za uručenje, ali ne duže od pet radnih dana od dana prijema pošiljaka.

Prijem i uručenje poštanskih pošiljaka u okviru univerzalne poštanske usluge obavlja se najmanje pet dana u nedelji, osim u dane državnih i verskih praznika, više sile i ugroženosti zdravlja i sigurnosti zaposlenih kod poštanskih operatora. Prema [Zakonu o poštanskim uslugama](#),

davalac univerzalne poštanske usluge dužan je da najmanje pet dana u nedelji obezbedi dostupnost univerzalne poštanske usluge i to:

- uz minimalno jedan prijem poštanske pošiljke, osim u posebnim okolnostima i geografskim uslovima, kada se garantuje najmanje jedan prijem nedeljno unapred određenim radnim danom,
- uz jedno uručenje poštanske pošiljke na adresi primaoca, osim u posebnim okolnostima i geografskim uslovima, kada se garantuje najmanje jedno uručenje nedeljno unapred određenim radnim danom,
- postavljanjem poštanskih sandučića, zbirnih sandučića i automata, a u skladu sa propisanom gustom pristupnih tačaka.

Obavljanje pojedinih usluga koje pripadaju univerzalnoj poštanskoj usluzi može se pravnim aktom nadležnog državnog organa prekinuti ili obustaviti u cilju zaštite opšteg interesa, javnog morala, javne bezbednosti, krivične istrage, javne politike, kao i u drugim određenim slučajevima.

U skladu sa propisima određene zemlje, poštanski operator je u obavezi da prenese odgovarajući procenat pošiljaka u vremenskom ograničenju (engl. *Time Limit*) (TL) koji je određen relacijom (3.1). U ovoj relaciji, D označava dan prijema pošiljke, n predstavlja broj radnih dana koji protekne od dana prijema pošiljke i dana kada je pošiljka uručena primaocu.

$$TL = D + n \quad (3.1)$$

U Evropskoj uniji, standardi kvaliteta za poštanski saobraćaj u pogledu brzine prenosa specificirani su na osnovu poštanske direktive EU (Direktiva 97/67/EC, izmenjena i dopunjena Direktivom 2002/39/EC i izmenjena i dopunjena Direktivom 2008/06/EC), kao što je to prikazano u tabeli 3.6. Ove standarde države članice treba da ispune ne samo na zbirnom nivou unutar Unije, već i na bilateralnom nivou.

Tabela 3.6 Standardi kvaliteta unutar Evropske unije

Vremensko ograničenje	Cilj
D + 3	85% pošiljaka
D + 5	97% pošiljaka

U Republici Srbiji, u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, kvalitet za obavljanje univerzalne poštanske usluge treba da bude u skladu sa standardom SRPS EN 13850:2014, kao što je to predstavljeno u tabeli 3.7.

Tabela 3.7 Standardi kvaliteta unutar Republike Srbije (izvor: [SRPS EN 13850:2014](#))

Vremensko ograničenje	Cilj
D + 1	85%
D + 2	90%
D + 3	95%

Na osnovu podataka ([RATEL, 2019](#)), za rokove $D + 2$ i $D + 3$ dostignuti su rezultati propisani standardom SRPS EN 13850:2014, dok je rezultat za rok $D + 1$ značajno ispod propisanog standarda. Korisno je istaći da u međunarodnom poštanskom saobraćaju, kvalitet obavljanja univerzalne usluge je propisan od strane Svetskog poštanskog saveza. Ovaj standard se odnosi na $D + 5$ i iznosi 80%.

3.2 Novi koncept univerzalne poštanske usluge

Kada se govori o univerzalnoj poštanskoj usluzi u Republici Srbiji, značajno je spomenuti i novi koncept ove usluge koji je predložen u [Ralević \(2014\)](#), kao i u [Dobrodolac i sar. \(2016\)](#). U ovom delu prikazaće se prihodna analiza u funkciji različitih cena novog koncepta univerzalne poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije".

Pri novom konceptu univerzalne poštanske usluge, u odnosu na tradicionalan koncept, menjaju se zahtevi u pogledu tehnološkog procesa prenosa pošiljaka što u najvećoj meri utiče na poslednju fazu u tom procesu – dostavu (engl. *Last-mile delivery*). Ideja je da imenovani poštanski operator može da ponudi univerzalnu poštansku uslugu sa unapred definisanim rokom prenosa za svaku pojedinačnu pošiljku. Tehnološki proces bi se mogao organizovati tako da postoji povišen obim pošiljaka za dostavu u određenim danima u nedelji u odnosu na druge radne dane. Sa jedne strane, takva dostava (po vršnim danima) bi omogućila racionalizaciju resursa imenovanog poštanskog operatora, tj. smanjenje broja stalno zaposlenih koji su angažovani na dostavi. Sa druge strane, to bi zahtevalo povećanje broja radnika sa skraćenim radnim vremenom.

U cilju pružanja univerzalne poštanske usluge na teritoriji cele države, imenovani poštanski operator u Srbiji (JP "Pošta Srbije") angažuje različite resurse. Poštanska mreža ovog operatora sastoji se od oko 1500 pošta, 3890 šaltera, 3550 dostavnih rejonu, 2060 poštanskih sandučića, 3 regionalna poštansko-logistička centra, 17 poštansko-logističkih centara, 1 međunarodnog poštansko-logističkog centra, 3 pošte carinjenja, 2 inostrana odeljka, 1500 vozila, od kojih je oko 400 putničkih, 730 dostavnih i 370 teretnih vozila, kao i jednog od najvažnijih resursa - oko 15000 zaposlenih. Ovi podaci ukazuju na činjenicu da se radi o jednoj od najvećih infrastrukturnih i logističkih mreža u državi.

Imajući u vidu da se univerzalna poštanska usluga razvija u skladu sa tehnološkim i ekonomskim razvojem i potrebama korisnika, glavni cilj novog koncepta ove usluge bio bi da se redefiniše koncept poštanske usluge na način da se izvrši racionalizacija resursa dostave imenovanog poštanskog operatora. U novom konceptu, pošiljalac bi specificirao rok u kojem želi da mu se pošiljka prenese, pa se ostvareni rezultati imenovanog operatora ne bi merili na globalnom, tj. prosečnom nivou u skladu sa odgovarajućim propisima, već prema potrebama korisnika. Tako, pošiljalac bi se opredeljivao za uslugu prenosa koji bi se obavio u vremenskom ograničenju $D+1$, tj. u roku od jednog dana od vremena predaje pošiljke na prenos ili za drugu vrstu prenosa koji bi podrazumevao duži rok. Logično je da bi, u zavisnosti od tipa odabrane usluge, pošiljalac plaćao različitu cenu. Međutim, značaj novog koncepta nije u samoj ponudi novog koncepta usluga i novi marketinški pristup, već je akcenat na činjenici da se ovakvim tipom nove ponude menjaju zahtevi u pogledu tehnološkog procesa prenosa pošiljaka. Ono što je posebno važno jeste da se značajno menjaju obaveze koje se odnose na poslednju fazu u tehnološkom procesu prenosa pošiljke - dostavu. Imajući u vidu da se radi o fazi koja podrazumeva najveće troškove za jednog operatora poštanskih usluga u odnosu na sve druge faze, jasno je da je racionalizacija resursa u toj fazi od izuzetnog značaja za poštanske organizacije.

Novi koncept univerzalne poštanske usluge zahteva da se dostava vrši svakog dana samo za one pošiljke koje su primljene na prenos sa rokom od jednog dana za uručenje primaocu. Za sve ostale pošiljke dostava bi bila vršena tri puta nedeljno ili dva puta nedeljno. Ovaj koncept imao bi za posledicu činjenicu da je obim saobraćaja na dostavi u znatnoj meri veći dva ili tri određena dana u nedelji.

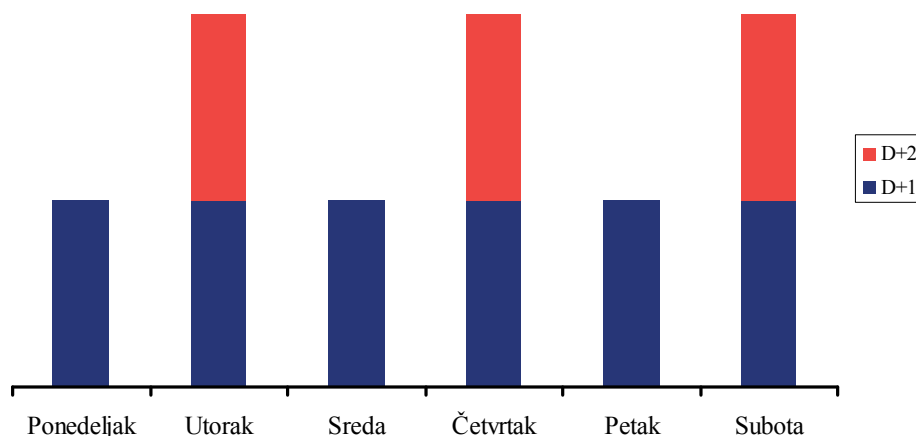
Za obim saobraćaja koji podrazumeva prenos pošiljaka sa rokom od jednog dana, dostavu bi vršilo tačno onoliko stalno zaposlenih koliko je potrebno za svakodnevni rad, tj. za sve radne dane u nedelji. Dva ili tri određena dana u nedelji za koje važi da je obim saobraćaja veći, bili bi angažovani radnici sa skraćenim radnim vremenom, što podrazumeva manje troškove za poštanskog operatora. Značajno je istaći da u ovakvom konceptu ne bi bilo podele između dostavljača u smislu da stalno zaposleni vrše dostavu hitnijih pošiljaka, a radnici sa skraćenim radnim vremenom vrše dostavu ostalih pošiljaka. Zbog racionalizacije troškova, svaki dostavljač vršio bi dostavu svih vrsta pošiljaka. U cilju raspodele određenih pošiljaka pojedinim dostavljačima, mogla bi da se koriste odgovarajuća softverska rešenja koja bi kao osnovne ulazne parametre trebalo da koriste dužinu pređenog puta dostavljača i rokove uručenja. Primer ovog tipa softvera ponudila je, na primer, kompanija "GIRO" iz Kanade svojom aplikacijom nazvanom "GeoRoute".

Novi koncept univerzalne poštanske usluge, u zavisnosti od toga koja je alternativa prenosu pošiljke u vremenskom ograničenju $D+1$, može da se koncipira na tri različita načina. U tabeli 3.8 prikazane su tri alternative prenosa pošiljke. Prvi način prenosa pošiljke podrazumeva da je alternativa prenosu pošiljke u vremenskom ograničenju $D+1$, rok $D+2$; drugi način za alternativu vremenskom ograničenju $D+1$ ima vremensko ograničenje $D+3$; treći način karakteriše se time što vremensko ograničenje $D+1$ ima alternativu $D+2$ ili $D+3$.

Tabela 3.8 Potencijalne alternative pri novom konceptu univerzalne poštanske usluge (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

Načini prenosa pošiljke	Vremensko ograničenje
Alternativa I	$D+1$ ili $D+2$
Alternativa II	$D+1$ ili $D+3$
Alternativa III	$D+1$, $D+2$ ili $D+3$

Alternativa I predstavlja slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u roku $D+1$ vremensko ograničenje $D+2$. Za ovaj način prenosa pošiljke, organizacija dostave u toku radne nedelje je predstavljena na slici 3.3.



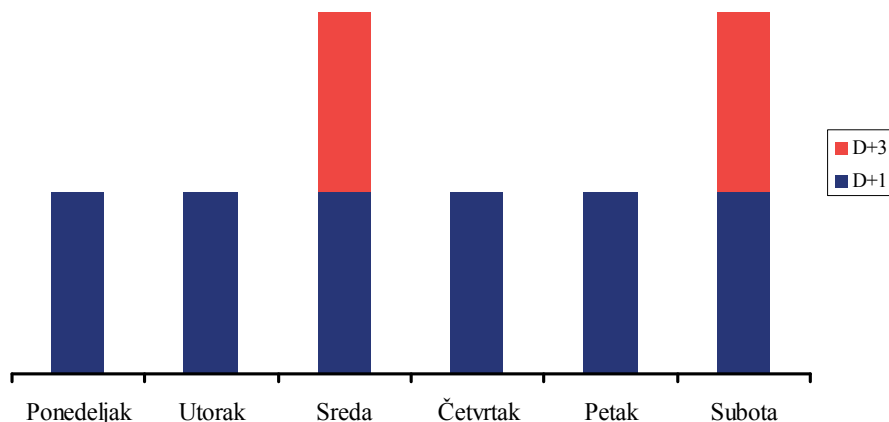
Slika 3.3 Organizacija dostave kod alternative I (izvor: [Ralević, 2014](#))

Organizacija dostave kod alternative I, kao što je to prikazano na slici 3.3, imala bi tri vršna dana (utorak, četvrtak i subotu) u toku radne nedelje. Ponedjeljkom bi se vršila dostava $D+1$ pošiljaka koje su predate na prenos prethodne sedmice u subotu. U utorak bi se vršila dostava pošiljaka $D+1$ koje su predate na prenos u ponedjeljak i pošiljaka $D+2$ koje su predate na prenos prethodne sedmice u subotu i u ponedjeljak tekuće sedmice. U sredu bi bila organizovana dostava samo $D+1$ pošiljaka predatih u utorak. U četvrtak bi se dostavljale pošiljke $D+1$ od srede i $D+2$ od utorka i srede. U petak bi se vršila dostava samo $D+1$ pošiljaka od četvrtka. Konačno, u subotu bi se vršila dostava $D+1$ pošiljaka od petka i $D+2$ pošiljaka od četvrtka i petka. Subota se uvodi kao dan za dostavu. Imajući u vidu da je ovaj dan za mnoge neradan, to bi moglo da omogući da se relativno lako pronađu radnici koji bi bili angažovani na dostavi po potrebi.

Alternativa II predstavlja slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u vremenskom ograničenju $D+1$ vremensko ograničenje $D+3$. Na slici 3.4 prikazana je organizacija dostave u toku radne nedelje za ovaj način prenosa pošiljke.

Ponedjeljkom, kao što je to prikazano na slici 3.4, bila bi organizovana dostava samo $D+1$ pošiljaka koje su predate na prenos prethodne sedmice u subotu. U utorak bi se vršila dostava samo $D+1$ pošiljaka od ponedjeljka. Sreda bi predstavljala prvi vršni dan u radnoj nedelji za organizaciju dostave. Tog dana bi se vršila dostava $D+1$ pošiljaka

predatih na prenos u utorak, $D+3$ pošiljaka predatih na prenos prethodne sedmice u subotu, kao i pošiljke koje su predate na prenos u ponedjeljak i utorak sa vremenskim ograničanjem $D+3$. U četvrtak i petak bi se vršila dostava samo onih pošiljaka koje su predate na prenos dan ranije kao $D+1$ pošiljke. Konačno, subota bi bila drugi vršni dan u radnoj nedelji za organizaciju dostave. Tada bi se dostavljale pošiljke $D+1$ od petka, kao i pošiljke $D+3$ od srede, četvrtka i petka.



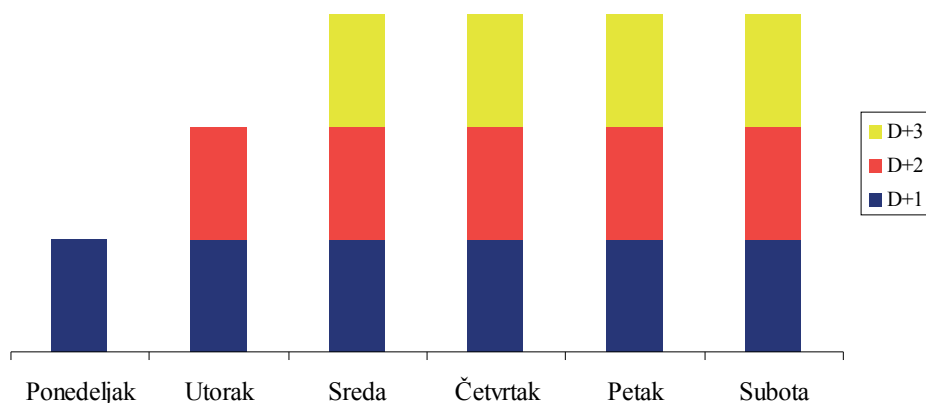
Slika 3.4 Organizacija dostave kod alternative II (izvor: [Ralević, 2014](#))

Alternativa III je slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u roku od 24 časa vremensko ograničenje $D+2$ ili $D+3$. Za ovaj način prenos pošiljke, organizacija dostave u toku radne nedelje je prikazana na slici 3.5.

Kao i kod prethodne dve alternative, i u ovom slučaju (slika 3.5) ponedjeljkom bi bila organizovana dostava samo $D+1$ pošiljaka koje su predate na prenos prethodne sedmice u subotu. U utorak bi se vršila dostava $D+1$ pošiljaka od ponedjeljka i $D+2$ pošiljaka koje su predate na prenos u subotu. U sredu bi se dostavljale pošiljke $D+1$ od utorka, $D+2$ od ponedjeljka, kao i $D+3$ pošiljke od subote. Od četvrtka do kraja radne nedelje dostavljale bi se pošiljke sa vremenskim ograničanjem od 24h, 48h i 72h, gde bi se dostava organizovala analogno sredi.

Svrha uvođenja novog koncepta univerzalne poštanske usluge jeste mogućnost da se racionalizuje dostava na osnovu toga što bi određenih radnih dana u nedelji bio povišen obim pošiljaka za dostavu u odnosu na druge dane. Na osnovu poređenja prethodne tri alternative, može da

se zaključiti da alternativa II ima najveći potencijal za racionalizaciju dostave jer ima najmanji broj dana sa vršnim saobraćajem. Konkretni efekti nove organizacije tehnološkog procesa prenosa pošiljaka mogli bi biti predmet daljih istraživanja. To zahteva sprovođenje analize osetljivosti vezano za troškove za svaku alternativu posebno.



Slika 3.5 Organizacija dostave pri alternativivi III (izvor: [Ralević, 2014](#))

U daljem tekstu biće ispitane posledice uvođenja alternative II sa aspekta prihoda za slučaj IPO u Srbiji. Iskustvo Pošte Holandije (PostNL), koja je promenila tradicionalni sistem dostave i uvela dostavu po vršnim danima, uz smanjenje broja stalno zaposlenih i angažovanje radnika sa skraćenim radnim vremenom, pokazalo je u praksi da daje pozitivne ekonomske efekte. Kakvi bi mogli da budu ovi efekti kod drugih poštanskih operatora, između ostalog, zavisi od ekonomskih uslova koji postoje u određenim zemljama.

3.2.1 Prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom

Prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom za slučaj JP "Pošta Srbije" za vremenski period od 2015. do 2025. godine izvršeno je primenom Basovog modela ([Bass, 1969](#)). Ovaj model našao je široku primenu, pre svega u prognoziranju prihvatanja novih usluga i tehnologija. Basov difuzioni model opisuje proces prihvatanja nove usluge kroz interakciju između postojećih korisnika i potencijalnih korisnika ([Radojičić i Bakmaz, 2010](#)).

3.2.1.1 Formulacija Basovog modela

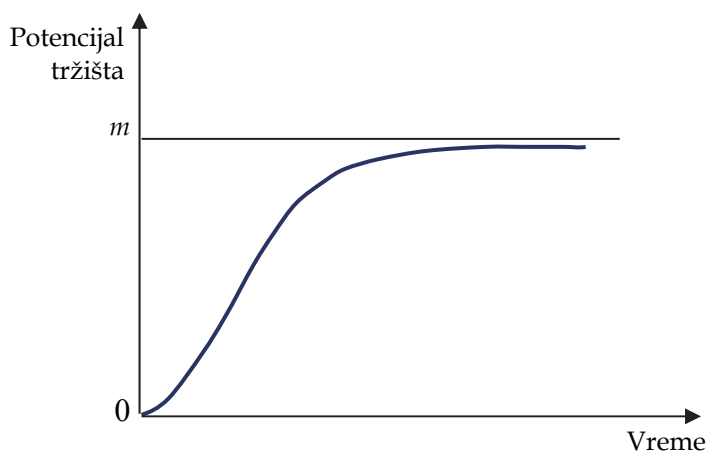
Prema modelu predstavljenom u radu Bass (1969), proces prihvatanja nove usluge je rezultat dva nezavisna uticaja. Prvi uticaj na taj proces imaju masovni mediji koji putem reklama utiču na inovativne korisnike da prihvate novu uslugu. Drugi uticaj na brzinu difuzije ima usmeno prenošenje iskustva korisnika koji su već prihvatili novu uslugu. Ovaj efekat je u literaturi poznat kao WoM (engl. *Word of Mouth*) efekat. U poređenju ova dva uticaja na brzinu difuzije, u radu Lilien i sar. (2007) je ukazano da WoM efekat ima veći uticaj. Oba uticaja su u ovom modelu kvantifikovana kroz vrednosti parametra inovacije i parametra imitacije, respektivno. Parametar inovacije predstavlja verovatnoću inicijalnog prihvatanja nove usluge odmah nakon pojavljivanja usluge na tržištu, a njegova vrednost se reflektuje na društveni sistem. Parametar imitacije je verovatnoća kasnijeg prihvatanja inovacije u društvu. Generalno, prema ovom modelu, u prihvatanju nove usluge učestvuju inovatori i imitatori, a novi korisnici se formiraju onda kada inovatori usmeno prenesu svoja iskustva imitatorima.

Basov model pripada modelima rasta koji proces difuzije predstavljaju kroz tri faze: početni rast koji je obično spor, zatim sledi faza brzog rasta, i poslednja faza u kojoj se rast usporava i asimptotski približava potencijalu tržišta. Na slici 3.6 je predstavljena grafička ilustracija Basovog modela.

Polazna hipoteza Basovog modela je da postoji linearna zavisnost između verovatnoće prihvatanja nove usluge $P(t)$ i kumulativnog broja korisnika $N(t)$ u nekom trenutku vremena t , kao što je to prikazano formulom (3.2).

$$P(t) = p + \frac{q}{m} N(t) \quad (3.2)$$

U jednačini (3.2), p označava parametar inovacije, q predstavlja parametar imitacije, dok parametar m označava potencijal tržišta, tj. sve potencijalne korisnike nove usluge.



Slika 3.6 Grafički prikaz Basovog modela

Na osnovu Bajesove (Bayes) teoreme, koja se koristi u teoriji verovatnoće za izračunavanje uslovne verovatnoće, važi da je

$$P(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}, \text{ gde je } F(t) \text{ funkcija raspodele verovatnoće, a } f(t)$$

gustina raspodele verovatnoće. Korišćenjem ove teoreme i polazne hipoteze Basovog modela koja je opisana u (3.2), može da se dobije relacija prikazana u (3.3).

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + \frac{q}{m} N(t) \quad (3.3)$$

Kumulativan broj korisnika koji su prihvatili novu uslugu na intervalu $[0, t]$ može da se predstavi relacijom (3.4), gde je $s(t)$ intenzitet prihvatanja nove usluge (broj novih korisnika).

$$N(t) = \int_0^t s(t) dt = m \int_0^t f(t) dt = mF(t) \quad (3.4)$$

Na osnovu relacija (3.3) i (3.4), intenzitet prihvatanja nove usluge u trenutku t može da bude izražen kao što je to prikazano u jednakosti (3.5).

$$s(t) = pm + (q - p)N(t) - \frac{q}{m} N^2(t) \quad (3.5)$$

Prema Basovom modelu, difuzioni proces se može predstaviti diferencijalnom jednačinom (3.6).

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left(p + \frac{q}{m} N(t) \right) (m - N(t)) \quad (3.6)$$

Ako u početnom trenutku $t = 0$ važi da je $N(0) = 0$, rešenje diferencijalne jednačine (3.6) predstavlja vremensku zavisnost difuzionog procesa kao što je to prikazano sa (3.7).

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (3.7)$$

Konačno, na osnovu relacija (3.5) i (3.7), dobija se osnovni oblik Basovog modela prikazan sa (3.8).

$$s(t) = pm + (q - p)m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} - qm \left(\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right)^2 \quad (3.8)$$

Iz (3.8), može da se zaključi da će broj novih korisnika $s(t)$ u trenutku kada $t \rightarrow 0$ biti pm . To znači da u početnom trenutku intenzitet prihvatanja nove usluge zavisi samo od broja inovatora i potencijala tržišta. Kada $t \rightarrow \infty$ broj novih korisnika će biti jednak nuli. Ova implikacija potvrđuje da će u nekom trenutku vremena kumulativan broj korisnika da se približi asimptotski potencijalu tržišta jer u tom trenutku više neće biti novih korisnika. Korisno je istaći da iz (3.8), može da se izvede trenutak vremena t^* kada postoji najveći broj novih korisnika. Može da se pokaže da u trenutku $t^* = \frac{\ln q - \ln p}{p + q}$ postoji prvi

izvod funkcije $s(t)$, kao i da se u t^* menja znak prvog izvoda ove funkcije. Prethodna dva uslova su potreban i dovoljan uslov da funkcija $s(t)$ ima ekstremum u vremenskom trenutku t^* . Dalje, može da se pokaže da na intervalu od $(0, t^*)$ funkcija $s(t)$ raste, dok na intervalu od (t^*, ∞) funkcija $s(t)$ opada, što znači da će u trenutku t^* funkcija $s(t)$ dostići maksimum $s(t^*)$.

3.2.1.2 Izračunavanje parametara Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge

Prema Mahajan i Wind (1985), primenljivost Basovog modela zavisi od uspešnosti procene njegovih parametara. Parametri p i q mogu se proceniti pre uvođenja nove usluge na tržište ili na osnovu statističke baze podataka, ukoliko takva baza postoji. Prvi način (pre uvođenja nove usluge) da se procene ovi parametri zahteva primenu metoda za istraživanje tržišta kao što su: metode ankete (engl. *Survey Method*), Delfi metoda (engl. *Delphi Method*), uzbunjivanje mozgova (engl. *Brainstorming*), komparativna metoda (engl. *Comparison Method*) ili korišćenje analogije sa nekom drugom uslugom za koju su parametri p i q poznati. Drugi način (nakon uvođenja nove usluge) da se procene parametri p i q podrazumeva korišćenje različitih matematičkih tehnika od kojih su najznačajnije (Satoh, 2001):

- metoda najmanjih kvadrata, OLS (engl. *Ordinary Least Squares*),
- procena maksimalne verodostojnosti, MLE (engl. *Maximum Likelihood Estimation*),
- nelinearna metoda najmanjih kvadrata, NLS (engl. *Nonlinear Least Squares*).

Za posmatrani slučaj nove poštanske usluge, parametri p i q su određeni korišćenjem analogije sa brojem ekspres pošiljaka u JP "Pošta Srbije". Ekspres pošiljke bile su uvedene kod ovog operatora kao nova usluga 2002. godine. Posmatran je period od januara 2003. do decembra 2012. godine (videti tabelu 3.9). Matematička tehnika koja je izabrana za ovu svrhu je metoda najmanjih kvadrata. Kada se metoda najmanjih kvadrata primeni na regresionu analogiju za osnovni oblik Basovog modela koji je predstavljen u (3.8), dobija se funkcija cilja kao što je to predstavljeno u (3.9).

$$S(a, b, c) = \sum_{t=1}^n (s_t - a - b N_{t-1} - c N_{t-1}^2)^2 \quad (3.9)$$

Regresioni parametri a , b i c se izračunavaju preko uslova minimiziranja ($\frac{\partial S}{\partial a} = 0$, $\frac{\partial S}{\partial b} = 0$ i $\frac{\partial S}{\partial c} = 0$) funkcije $S(a, b, c)$ na osnovu kojih se može formirati sistem od tri linearne jednačine (3.10) sa tri nepoznate (a , b i c). Regresioni parametri se dobijaju kada se reši dati sistem jednačina (7.10). Konačno, parametri Basovog modela p i q se izračunavaju kao $p = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}$ i $q = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}$.

$$\begin{aligned} an + b \sum_{t=1}^n N_{t-1} + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 &= \sum_{t=1}^n s_t \\ a \sum_{t=1}^n N_{t-1} + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 &= \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1} \\ a \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^4 &= \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1}^2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Tabela 3.9 Broj ekspres pošijaka (2003-2012) (izvor: [Ralević, 2014](#))

Godina	Ekspres pošiljke
2003	205,481
2004	516,243
2005	783,702
2006	1,262,334
2007	1,950,128
2008	2,632,730
2009	2,717,231
2010	3,233,102
2011	4,020,254
2012	4,799,189

U tabeli 3.10 date su vrednosti koje su potrebne za određivanje regresionih parametara a , b i c za slučaj kada se posmatraju ekspres

pošiljke prikazane u tabeli 3.9. Ovi parametri, kao što je to već utvrđeno, omogućavaju da se odrede p i q parametri Basovog modela.

Tabela 3.10 Vrednosti za izračunavanje parametara Basovog modela (izvor: [Ralević, 2014](#))

t	Godina	s_t	$N_{(t-1)}$	$N_{(t-1)}^2$	$N_{(t-1)}^3$	$N_{(t-1)}^4$	$s_t N_{(t-1)}$	$s_t N_{(t-1)}^2$
1	2003	0.205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2004	0.516	0.205	0.042	0.009	0.002	0.106	0.022
3	2005	0.784	0.722	0.521	0.376	0.271	0.566	0.408
4	2006	1.262	1.505	2.266	3.412	5.136	1.900	2.861
5	2007	1.950	2.768	7.660	21.202	58.683	5.397	14.939
6	2008	2.633	4.718	22.258	105.013	495.439	12.421	58.601
7	2009	2.717	7.351	54.032	397.166	2919.412	19.973	146.816
8	2010	3.233	10.068	101.362	1020.493	10274.171	32.550	327.712
9	2011	4.020	13.301	176.915	2353.142	31299.022	53.473	711.244
10	2012	4.799	17.321	300.024	5196.780	90014.486	83.128	1439.873
Σ		22.120	57.959	665.081	9097.592	135066.623	209.515	2702.476

Na osnovu (3.10) i izračunatih vrednosti iz tabele 3.10, dobija se $a = 0.556$, $b = 0.386$ i $c = -0.009$. Za tako dobijene vrednosti a , b i c , parametri Basovog modela p i q su $p = 0.012$ i $q = 0.398$. Generalno, dobijeni rezultati za parametre p i q pokazuju da na tržištu poštanskih usluga u Republici Srbiji postoji oko 1.2% inovatora i oko 40% imitatora.

3.2.1.3 Izračunavanje potencijala tržišta Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge

Ukupni potencijal tržišta čine svi potencijalni korisnici usluge. U proceni ovog parametra mogu učestvovati: ukupna populacija, broj domaćinstava, ekonomski status pojedinaca i društva u celini, demografska struktura, natalitet, prisustvo konkurencije na tržištu, navike korisnika ([Radojičić i sar, 2013](#)).

Za posmatranu novu poštansku uslugu pretpostavlja se da je potencijal tržišta, m , postojeće tržište pismonosnih i paketskih pošiljaka u Republici Srbiji. Pri tome, u pismonosne pošiljke ubrajaju se pisma, dopisnice, tiskovine i sekogrami, dok su paketske pošiljke paketi sa

označenom vrednošću i registrovanim brojem prijema. Ovde se ne ubrajaju paketi koji se odnose na ekspres pošiljke iz razloga što ova usluga podrazumeva dodatni kvalitet kao što je npr. dolazak kurira na adresu pošiljaoca i dostava paketa na adresu primaoca i nije u sklopu koncepta nove usluge.

Dakle, određivanje parametra m Basovog modela za novu poštansku uslugu zahteva da se proceni potencijal tržišta pismonosnih i paketskih pošiljaka. Za potrebe ove studije, potencijalom tržišta smatraće se ukupan broj pismonosnih i paketskih pošiljaka za 2025. godinu. Za slučaj JP "Pošta Srbije", potencijal tržišta određen je korišćenjem analize vremenskih serija (eng. *Time Series Analysis*), na osnovu statističkih podataka o broju pismonosnih i paketskih pošiljaka navedenih u tabeli 3.11, za period vremena od 2003. do 2012. godine.

Analiza vremenskih serija spada u statističke trend metode. Generalno, ove metode analiziraju posmatrane statističke podatke, pronalaze pravila po kojima se oni ponašaju, i na kraju, na osnovu uspostavljenih pravila vrše projekciju podataka na budućnost. Ova analiza obuhvata metode za analizu vremenskih serija podataka da bi izdvojila značajne statističke i druge karakteristike podataka. Tako, analiza vremenskih serija predviđa buduće vrednosti podataka na osnovu prethodno uočenih vrednosti.

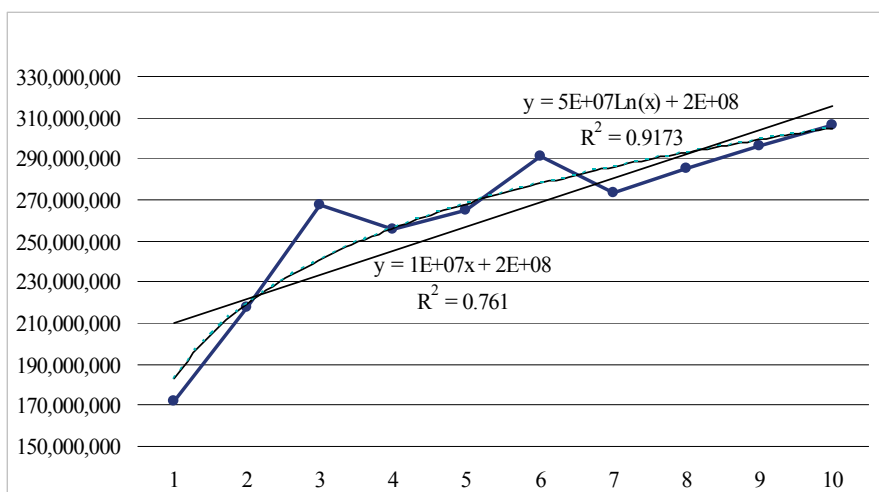
Vremenska serija se karakteriše nizom posmatranja (opservacija) realizacije jedne promenljive u toku više uzastopnih i jednakih vremenskih intervala. Ako se pretpostavi da je promenljiva Y_i realizacija promenljive Y u trenutku t_i , ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), tada je vremenska serija definisana skupom $\{Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n\}$. Posmatranjem kako se promenljiva Y menja u vremenu nekada može da se utvrdi kakva relacija postoji između Y i t , što omogućava da se predvidi realizacija promenljive Y_{n+k} u budućem t_{n+k} ($k = 1, 2, 3, \dots$) trenutku. Matematičke krive koje se koriste u analizi vremenskih serija podataka su različite. Na primer, mogu da se koriste eksponencijalne krive, logističke krive, polinomijalne krive, linearne prave, kao i ekstrapolacije dobijene slobodnom rukom.

Za slučaj JP "Pošta Srbije", vremenska serija se sastoji od deset opservacija, tj. ukupan broj pismonosnih i paketskih pošiljaka po godini koje su ostvarene od strane ovog operatora za vremenski period 2003-2012. Ova vremenska serija je grafički predstavljena na slici 3.7.

Tabela 3.11 Broj pismonosnih i paketskih pošiljaka (2003-2012) (izvor: [Ralević, 2014](#))

Godina	Pismonosne pošiljke	Paketske pošiljke	Ukupno
2003	170,610,410	1,156,033	171,766,443
2004	216,489,851	1,125,112	217,614,963
2005	266,096,680	1,099,765	267,196,445
2006	254,231,396	1,408,282	255,639,678
2007	264,363,440	881,242	265,244,682
2008	290,091,805	744,108	290,835,913
2009	272,684,936	628,464	273,313,400
2010	284,754,082	518,560	285,272,642
2011	295,316,223	514,868	295,831,091
2012	305,758,709	503,275	306,261,984

Dalje, istražen je trend između ukupnog broja ostvarenih pošiljaka i vremena. Na osnovu upoređivanja Pirsonovog koeficijenta korelacije (engl. *Pearson Correlation Coefficient*), između linearnog trenda (0.8724) i logaritamskog trenda (0.9578), pronađeno je da postoji logaritamski trend između ukupnog broja ostvarenih pošiljaka i vremena. Rezultati prognoziranja potencijala tržišta koji su dobijeni ekstrapolacijom logaritamskog trenda, predstavljeni su u tabeli 3.12.



Slika 3.7 Posmatrana vremenska serija (izvor: [Dobrodolac i sar, 2016](#))

Tabela 3.12 Prognoziran ukupan broj pošiljaka (2015-2025) (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

Godina	Ukupan broj pošiljaka
2015	328,247,468
2016	331,952,866
2017	335,402,510
2018	338,629,436
2019	341,660,667
2020	344,518,588
2021	347,221,949
2022	349,786,614
2023	352,226,122
2024	354,552,123
2025	356,774,711

Prema rezultatima iz tabele 3.12, prognozirani potencijal tržišta za 2025. godinu je ukupno 356,774,711 pismonosnih i paketskih pošiljaka. Kako korisnici kod novog koncepta poštanske usluge mogu izabrati novu $D+1$ ili tradicionalnu $D+3$ poštansku uslugu, da bi se odredio parametar m Basovog modela, potrebno je izvršiti raspodelu ukupnog broja pošiljaka na $D+1$ ili $D+3$ usluge u odnosu na cenu. Za tu svrhu, sproveden je pilot projekat u kome je anketirano 214 korisnika koji su slali pošiljke u unutrašnjem poštanskom saobraćaju i koji u datom trenutku nisu koristili ekspres uslugu. Istraživanje je sprovedeno na teritoriji Beograda, Novog Sada, Niša, Kragujevca, Kruševca, Uba i Prokuplja. Distribucija odgovora koji se odnose na odabir $D+1$ usluge, a u zavisnosti od procentualnog povećanja cene u odnosu na postojeću koju je korisnik upravo platio, prikazana je u tabeli 3.13. Rezultati prikazani u ovoj tabeli su pokazali kakva je spremnost korisnika da plate višu cenu koja se odnosi za $D+1$ uslugu u odnosu na postojeću cenu za $D+3$ uslugu. Na primer, 16,82% ispitanika (36 ispitanika od ukupno 214) koji su odgovorili da nisu spremni da plate višu cenu podrazumeva da oni nisu zainteresovani za novu poštansku uslugu. Ostalih 83,18% ispitanika (178 ispitanika) spremni su da plate višu cenu za novu uslugu.

Rezultati u tabeli 3.13 dalje pokazuju koliko su ispitanici spremni da plate višu cenu za novu uslugu u odnosu na postojeću. Tako, na primer, oko 10% ispitanika (23 ispitanika od 214) je reklo da je spremno da za

novu uslugu plati 30% višu cenu u odnosu na postojeću. Kada se uzme u obzir broj onih koji su spremni da za novu uslugu plate 10% i 20% višu cenu u odnosu na postojeću, konačno se dobija da postoji oko 55% onih koji su spremni da plate 30% višu cenu (videti petu kolonu tabele 3.13). To znači da bi potencijal tržišta za novom poštanskom uslugom za 2025. godinu, u slučaju kada je povećanje cene od 30%, bio oko 194 miliona pošiljaka.

Tabela 3.13 Distribucija odgovora koji se odnose na izbor nove $D + 1$ usluge prema ceni (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

Povećanje cene (%)	Broj odgovora	Procentualni broj odgovora (%)	Kumulativan broj ispitanika	Procenat ispitanika (%)
0	36	16.82	0	0
50	67	31.31	67	31.31
40	26	12.15	93	43.46
30	23	10.75	116	54.21
20	30	14.02	146	68.22
10	32	14.95	178	83.18
Σ	214	100		

Analogno, može se izračunati potencijal tržišta za novom uslugom i u ostalim slučajevima povećanja cene (10%, 20%, 40% i 50%) u odnosu na postojeću (videti tabelu 3.14).

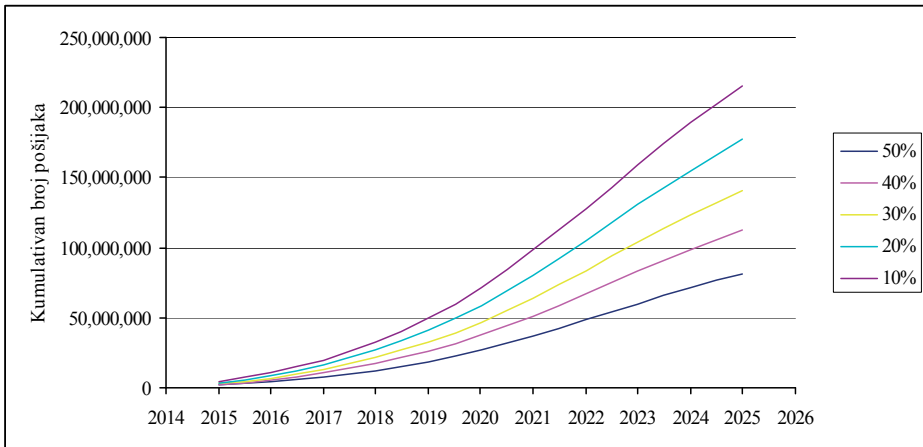
Tabela 3.14 Potencijal tržišta za novom poštanskom uslugom (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

I	Povećanje cene (%)	Potencijal tržišta (m_i)
1	50	111,706,162
2	40	155,054,289
3	30	193,407,571
4	20	243,391,708
5	10	296,765,205

3.2.1.4 Primena Basovog modela za procenu tražnje za novom poštanskom uslugom

Da bi se dobila procena tražnje za novom poštanskom uslugom za period vremena 2015-2025, ovde je ilustrovana primena Basovog

modela. Ova tražnja će biti procenjena za pet slučajeva povećanja cene (za 10%, 20%, 30%, 40% i 50%) za novom uslugom u odnosu na postojeću cenu za tradicionalnu uslugu. Prognoziran kumulativan broj pošiljaka nove usluge je dobijen korišćenjem izračunatih vrednosti za parametre p (0.012) i q (0.398) Basovog modela, kao i izvedenih vrednosti za m_i , ($i = 1,2,3, \dots, 5$), koje su predstavljene u tabeli 3.14.



Slika 3.8 Prognoziran kumulativan broj pošiljaka nove usluge (2015-2025) (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

Na osnovu dobijenih vrednosti parametara p , q i m_i , kumulativan broj pismonosnih i paketskih pošiljaka nove poštanske usluge prikazan je relacijom (3.11). Rezultati primene ove relacije predstavljene su na slici 3.8.

$$N_i(t) = m_i \frac{1 - e^{-0.41 t}}{1 + 33.17 e^{-0.41 t}}, \quad (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (3.11)$$

3.2.2 Prihodna analiza nove univerzalne poštanske usluge u funkciji različitih cena

Prihodna analiza nove poštanske usluge je izvedena na slučaju JP "Pošta Srbije" za period vremena 2015-2025. To je zahtevalo izračunavanje

potencijalnih ukupnih prihoda koji bi se ostvarili u ovom periodu, u slučaju implementacije nove poštanske usluge.

Posmatrani imenovani poštanski operator imao je za 2012. godinu ostvaren operativni prihod od 164.458.881 SDR (Ralević, 2014). Ako se uzme u obzir ukupan broj pismonosnih i paketskih pošiljaka u toj godini (306.261.984), dobija se prosečan prihod od 0.5370 SDR po jednoj pošiljci. Za slučaj povećanja cene od 50% za novu poštansku uslugu, tada bi prosečan prihod po jednoj takvoj pošiljci iznosio 0.8055 SDR. Za ovaj slučaj povećanja cene, uzimajući u obzir cenu za novu i tradicionalnu poštansku uslugu, kao i tražnju za svaku od ovih usluga, izvedena je prihodna analiza. Analitički rezultati su predstavljeni u tabeli 3.15.

Analogno, moguće je izvesti prihodnu analizu za slučajeve povećanja cene za $D+1$ uslugu od 40% (cena je 0.7518 SDR), 30% (cena je 0.6981 SDR), 20% (cena je 0.6444) i 10% (cena je 0.5907) u odnosu na cenu za $D+3$ uslugu (cena je 0.5370 SDR). Analitički rezultati za ove slučajeve su predstavljeni u tabelama 3.16, 3.17, 3.18 i 3.19, respektivno. Dodatno, u tabeli 3.20 prikazani su rezultati prihodne analize u slučaju bez povećanja cene, tj. kada postoji samo tradicionalna usluga bez mogućnosti izbora. Na osnovu izvedenih rezultata prihodne analize koja je izvršena u funkciji različitih cena poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije", može se zaključiti da bi najbolji efekat sa stanovišta prihoda bio kada bi cena za novu uslugu bila viša za 40% u odnosu na cenu za tradicionalnu uslugu.

Tabela 3.15 Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 50%

Godina	$D+1$ pošiljaka	Prihod od $D+1$ (SDR)	$D+3$ pošiljaka	Prihod od $D+3$ (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	1,654,307	1,332,544	326,593,161	175,380,527	176,713,072
2016	4,056,642	3,267,625	327,896,224	176,080,273	179,347,898
2017	7,484,910	6,029,095	327,917,600	176,091,751	182,120,846
2018	12,257,394	9,873,331	326,372,042	175,261,787	185,135,117
2019	18,676,742	15,044,116	322,983,925	173,442,368	188,486,484
2020	26,923,459	21,686,846	317,595,129	170,548,584	192,235,430
2021	36,914,208	29,734,395	310,307,741	166,635,257	196,369,651
2022	48,192,433	38,819,005	301,594,181	161,956,075	200,775,080
2023	59,952,489	48,291,730	292,273,633	156,950,941	205,242,671
2024	71,242,398	57,385,752	283,309,725	152,137,322	209,523,074
2025	81,253,067	65,449,345	275,521,644	147,955,123	213,404,468
Ukupno	368,608,049	296,913,783	3,412,365,005	1,832,440,007	2,129,353,791

Tabela 3.16 Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 40%

Godina	D+1 pošiljaka	Prihod od D+1 (SDR)	D+3 pošiljaka	Prihod od D+3 (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	2,296,269	1,726,335	325,951,199	175,035,794	176,762,129
2016	5,630,842	4,233,267	326,322,024	175,234,927	179,468,194
2017	10,389,467	7,810,801	325,013,043	174,532,004	182,342,805
2018	17,013,937	12,791,078	321,615,499	172,707,523	185,498,601
2019	25,924,343	19,489,921	315,736,324	169,550,406	189,040,327
2020	37,371,240	28,095,698	307,147,348	164,938,126	193,033,824
2021	51,238,948	38,521,441	295,983,001	158,942,872	197,464,313
2022	66,893,744	50,290,717	282,892,870	151,913,471	202,204,188
2023	83,217,349	62,562,803	269,008,773	144,457,711	207,020,514
2024	98,888,362	74,344,271	255,663,761	137,291,439	211,635,710
2025	112,783,720	84,790,801	243,990,991	131,023,162	215,813,963
Ukupno	511,648,221	384,657,133	3,269,324,833	1,755,627,435	2,140,284,568

Tabela 3.17 Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 30%

Godina	D+1 pošiljaka	Prihod od D+1 (SDR)	D+3 pošiljaka	Prihod od D+3 (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	2,864,261	1,999,541	325,383,207	174,730,782	176,730,323
2016	7,023,653	4,903,212	324,929,213	174,486,988	179,390,200
2017	12,959,342	9,046,917	322,443,168	173,151,981	182,198,898
2018	21,222,400	14,815,357	317,407,036	170,447,578	185,262,936
2019	32,336,831	22,574,342	309,323,836	166,106,900	188,681,242
2020	46,615,162	32,542,045	297,903,426	159,974,140	192,516,184
2021	63,913,101	44,617,736	283,308,848	152,136,851	196,754,587
2022	83,440,172	58,249,584	266,346,442	143,028,039	201,277,623
2023	103,801,484	72,463,816	248,424,638	133,404,031	205,867,847
2024	123,348,784	86,109,786	231,203,339	124,156,193	210,265,979
2025	140,681,212	98,209,554	216,093,499	116,042,209	214,251,763
Ukupno	638,206,402	445,531,889	3,142,766,652	1,687,665,692	2,133,197,581

Tabela 3.18 Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 20%

Godina	D+1 pošiljaka	Prihod od D+1 (SDR)	D+3 pošiljaka	Prihod od D+3 (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	3,604,498	2,322,739	324,642,970	174,333,275	176,656,013
2016	8,838,841	5,695,749	323,114,025	173,512,232	179,207,981
2017	16,308,546	10,509,227	319,093,964	171,353,459	181,862,686
2018	26,707,105	17,210,058	311,922,331	167,502,292	184,712,350
2019	40,693,942	26,223,176	300,966,725	161,619,131	187,842,308
2020	58,662,356	37,802,022	285,856,232	153,504,797	191,306,819
2021	80,430,765	51,829,585	266,791,184	143,266,866	195,096,451
2022	105,004,400	67,664,835	244,782,214	131,448,049	199,112,884
2023	130,627,877	84,176,604	221,598,245	118,998,258	203,174,861
2024	155,226,970	100,028,259	199,325,153	107,037,607	207,065,866
2025	177,038,781	114,083,790	179,735,930	96,518,194	210,601,985
Ukupno	803,144,081	517,546,046	2,977,828,973	1,599,094,158	2,116,640,204

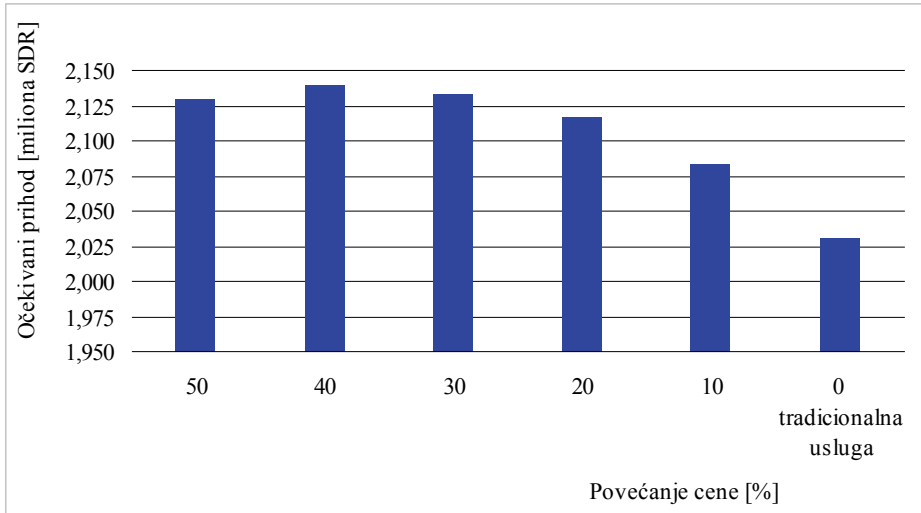
Tabela 3.19 Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 10%

Godina	D+1 pošiljaka	Prihod od D+1 (SDR)	D+3 pošiljaka	Prihod od D+3 (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	4,394,931	2,596,086	323,852,537	173,908,812	176,504,898
2016	10,777,115	6,366,042	321,175,751	172,471,379	178,837,420
2017	19,884,856	11,745,984	315,517,654	169,432,980	181,178,965
2018	32,563,720	19,235,389	306,065,716	164,357,290	183,592,679
2019	49,617,738	29,309,198	292,042,929	156,827,053	186,136,251
2020	71,526,455	42,250,677	272,992,133	146,596,775	188,847,452
2021	98,068,470	57,929,045	249,153,479	133,795,418	191,724,463
2022	128,030,870	75,627,835	221,755,744	119,082,834	194,710,669
2023	159,273,334	94,082,758	192,952,788	103,615,647	197,698,405
2024	189,266,775	111,799,884	165,285,348	88,758,232	200,558,116
2025	215,861,709	127,509,512	140,913,002	75,670,282	203,179,793
Ukupno	979,265,973	578,452,410	2,801,707,081	1,504,516,702	2,082,969,113

Tabela 3.20 Prihodna analiza, slučaj bez povećanja cene

Godina	D+1 pošiljaka	Prihod od D+1 (SDR)	D+3 pošiljaka	Prihod od D+3 (SDR)	Ukupan prihod (SDR)
2015	0	0	328,247,468	176,268,890	176,268,890
2016	0	0	331,952,866	178,258,689	178,258,689
2017	0	0	335,402,510	180,111,148	180,111,148
2018	0	0	338,629,436	181,844,007	181,844,007
2019	0	0	341,660,667	183,471,778	183,471,778
2020	0	0	344,518,588	185,006,482	185,006,482
2021	0	0	347,221,949	186,458,187	186,458,187
2022	0	0	349,786,614	187,835,412	187,835,412
2023	0	0	352,226,122	189,145,427	189,145,427
2024	0	0	354,552,123	190,394,490	190,394,490
2025	0	0	356,774,711	191,588,020	191,588,020
Ukupno	0	0	3,780,973,054	2,030,382,530	2,030,382,530

Zbog bolje preglednosti rezultata prihodne analize i međusobnog upoređivanja, na slici 3.9 predstavljeni su očekivani prihodi za posmatrane slučajeve povećanja cene. U slučaju povećanja cene od 40% za novu poštansku uslugu, za vremenski period od 2015. godine do 2025. godine, prihod od nove poštanske usluge bio bi 384.657.133 SDR, dok bi prihod od tradicionalne poštanske usluge bio 1.755.627.435 SDR (videti tabelu 3.16). U ukupnom, ostvareni prihod bi iznosio oko 2,14 milijardi SDR, što predstavlja najveću vrednost u poređenju sa ostala četiri slučaja.



Slika 3.9 Prognozirani ukupan prihod JP "Pošta Srbije" (2015-2025) (izvor: Dobrodolac i sar, 2016)

3.3 Segmentacija jedinica poštanske mreže imenovanog poštanskog operatora

U ovoj sekciji monografije predstavljeno je rešenje za segmentaciju jedinica poštanske mreže koje omogućava primenu DEA metode. Ovo rešenje je omogućilo da se jedinice poštanske mreže, koje su po prirodi heterogene, grupišu u međusobno uporedive jedinice. Rezultati predstavljeni u ovoj sekciji objavljeni su u [Raleić \(2014\)](#) i [Ralević i sar. \(2016\)](#).

Predloženo rešenje identifikuje jedinice poštanske mreže koje rade u istim ili sličnim uslovima i svrstava ih u određene klasterne ili grupe. Na taj način se rešava i prevazilazi problem heterogenosti ovih jedinica i obezbeđuje se poređenje efikasnosti uporedivih jedinica, kao i troetapna analiza: jedinice-klasteri-mreža. To dopušta dekompoziciju efikasnosti na nivou svake etape koja može da utvrdi izvore neefikasnosti poštanske mreže u smislu radne efikasnosti, uslova u kojima jedinice rade s obzirom na njihove lokacije, kao i alokacije resursa u odnosu na jedinice mreže. Konačno, koje konkretne rezultate donosi i kako u stvarnosti izgleda primena rešenja, prikazano je u [Ralević i sar. \(2016\)](#)

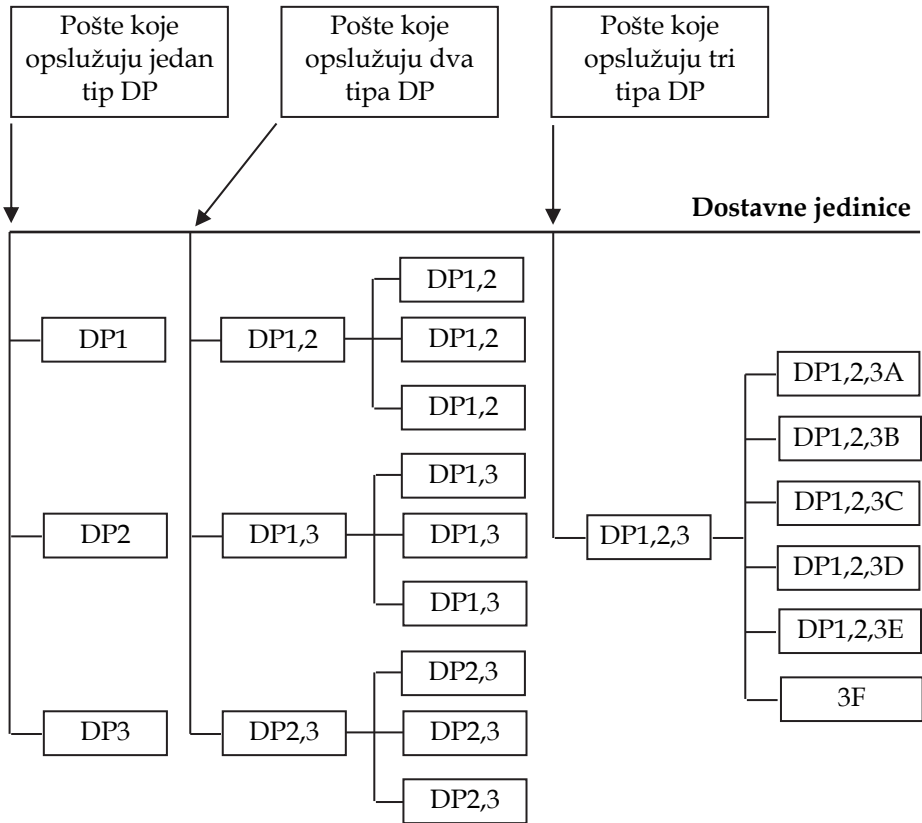
na dostavnoj mreži imenovanog poštanskog operatora u Srbiji koja je uključila 1194 dostavne jedinice.

3.3.1 Opis postojećeg stanja

Poštanska mreža imenovanog poštanskog operatora predstavlja sistem pristupnih tačaka i svih vrsta sredstava međusobno povezanih u jedinstvenu tehničko-tehnološku celinu, koju davalac univerzalne poštanske usluge koristi za obavljanje ove usluge na celokupnoj teritoriji određene zemlje. Pored centara za sortiranje i poštanskih sandučića, integralni deo svake poštanske mreže u Evropi i svetu su jedinice poštanske mreže za pružanje usluga korisnicima. Kao što je poznato, ove jedinice mogu da budu dostavne i isporučne. Dostavna jedinica podrazumeva jedinicu koja izvršava obe glavne aktivnosti u tehnološkom procesu prenosa pošiljke vezane za poštu, kao jedinicu koja pruža usluge korisnicima: prijem pošiljaka (engl. *Collection*) i dostavu pošiljaka (engl. *Last-mile delivery*). S druge strane, isporučna jedinica je odgovorna samo za aktivnosti prijema pošiljaka.

3.3.2 Segmentacija dostavnih jedinica

Predloženo rešenje razvrstava dostavne jedinice unutar 18 klastera u zavisnosti od načina kako je dostava organizovana u ovim jedinicama. Cilj segmentacije je da sve jedinice iz određenog klastera rade u jednakim ili sličnim uslovima. Segmentacija dostavnih jedinica je izvršena na osnovu razlika u režimima dostave. Kriterijum za klasterovanje je povezan sa brojem tipova dostavnih područja opsluženih od strane jedinice - jedan, dva ili tri. Jedinice koje pokrivaju samo dostavno područje tipa 1, dostavno područje tipa 2 ili dostavno područje tipa 3 su određene kao DP1, DP2 i DP3 klaster, respektivno. Navedeni tipovi su u skladu sa tabelom 3.1, gde su predstavljeni režimi dostave. Problem klasterovanja postaje komplikovaniji u slučajevima u kojima jedinice pokrivaju više od jednog tipa dostavnog područja. Kao rezultat toga, predložena su dva načina klasterovanja u zavisnosti od postojanja dva ili tri tipa dostavnih područja opsluženih od strane jedinica. Svaka grupa jedinica koja je opsluživala dva određena tipa dostavnih područja je podeljena unutar tri klastera, a one koje su pokrivala tri tipa su podeljene unutar šest klastera (videti sliku 3.10).



Slika 3.10 Segmentacija dostavnih jedinica (izvor: [Ralević i sar, 2016](#))

Kao što je prikazano na slici 3.10, jedinice koje opslužuju dva tipa dostavnih područja, u prvom koraku, podjeljene su unutar tri grupe, a svaka od njih je dalje segmentisana unutar tri klastera. Dakle, sve dostavne jedinice će biti razvrstane u jedan od 18 klastera sa logičnim uređenjem; tako, npr. DP1 je prvi klaster, DP1,2A četvrti, DP1,2,3A trinaesti, DP1,2,3F osamnaesti.

Na primer, DP1,2 je grupa koja uključuje jedinice sa dostavnim područjem tipa 1 i dostavnim područjem tipa 2. Dalje, ova grupa je podjeljena unutar DP1,2A, DP1,2B i DP1,2C klastera. Ova tri klastera su definisana u M1 modelu (tabela 3.21). U ovom modelu, x_{ij} označava broj dostavnih tačaka u dostavnom području tipa 1, koje bi trebalo da budu pokrivenne sa i -tom jedinicom iz DP1,2 grupe, y_{ij} predstavlja broj

dostavnih tačaka u dostavnom području tipa 2, koje bi trebalo da budu pokrivena od strane ove jedinice. Kao što je to uspostavljeno u M1 modelu, q_{ij} je ukupan broj dostavnih tačaka opsluženih od strane i -te jedinice iz DP1,2 grupe.

Tabela 3.21 M1 model za segmentaciju (izvor: [Ralević i sar, 2016](#))

M1 model	
$x_{ij} + y_{ij} = q_{ij}$	$j = 4,5,6$ (DP1,2 grupa ima 3 klastera: četvrti, peti i šesti), $i = 1,2,3,\dots, n_j$ gde n_j je ukupan broj jedinica u j -toj grupi
DP1,2A: $\frac{x_{ij}}{q_{ij}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 2
DP1,2B: $\frac{x_{ij}}{q_{ij}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 1
DP1,2C: $0.33 < \frac{x_{ij}}{q_{ij}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 1 i dostavnog područja tipa 2

Grupe DP1,3 i DP2,3 su klasifikovane analogno DP1,2 grupi. Tako, DP1,3 grupa, koja uključuje jedinice sa dostavnim područjem tipa 1 i dostavnim područjem tipa 3, segmentisana je prema M2 modelu (tabela 3.22). U ovom modelu, x_{ik} , z_{ik} i q_{ik} označavaju broj dostavnih tačaka u dostavnom području tipa 1, dostavnom području tipa 3 i ukupan broj dostavnih tačaka koje bi trebalo da budu pokrivena od strane i -te jedinice iz DP1,3 grupe, respektivno.

Konačno, DP2,3 grupa sa jedinicama koje pokrivaju dostavno područje tipa 2 i dostavno područje tipa 3 je segmentisana na osnovu M3 modela (tabela 3.23). U ovom modelu, y_{ip} , z_{ip} i q_{ip} označavaju broj dostavnih tačaka u dostavnom području tipa 2, dostavnom području tipa 3 i ukupan broj dostavnih tačaka koje bi trebalo da budu pokrivena od strane i -te jedinice iz DP2,3 grupe, respektivno.

Tabela 3.22 M2 model za segmentaciju (izvor: [Ralević i sar, 2016](#))

M2 model	
$x_{ik} + z_{ik} = q_{ik}$	$k = 7,8,9$ (DP1,3 grupa ima 3 klastera: sedmi, osmi i deveti), $i = 1,2,3,\dots, n_k$ gde n_k je ukupan broj jedinica u k -toj grupi
DP1,3A: $\frac{x_{ik}}{q_{ik}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 3
DP1,3B: $\frac{x_{ik}}{q_{ik}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 1
DP1,3C: $0.33 < \frac{x_{ik}}{p_{ik}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 1 i dostavnog područja tipa 3

Tabela 3.23 M3 model za segmentaciju (izvor: [Ralević i sar, 2016](#))

M3 model	
$y_{ip} + z_{ip} = q_{ip}$	$p = 10,11,12$ (DP2,3 grupa ima 3 klastera: deseti, jedanaesti i dvanaesti), $i = 1,2,3,\dots, n_p$ gde n_p označava ukupan broj jedinica u p -toj grupi
DP2,3A: $\frac{y_{ip}}{q_{ip}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 3
DP2,3B: $\frac{y_{ip}}{r_{ip}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 2
DP2,3C: $0.33 < \frac{y_{ip}}{r_{ip}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 2 i dostavnog područja tipa 3

Kao što je predstavljeno na slici 3.10, jedinice koje opslužuju tri tipa dostavnih područja (dostavno područje tipa 1, dostavno područje tipa 2 i dostavno područje tipa 3) čine DP1,2,3 grupu koja je podeljena unutar šest klastera: DP1,2,3A, DP1,2,3B, DP1,2,3C, DP1,2,3D, DP1,2,3E i DP1,2,3F. Ovi klasteri su određeni na osnovu M4 modela (tabela 3.24).

U M4 modelu, x_{ir} , y_{ir} , z_{ir} i q_{ir} označavaju broj dostavnih tačaka koje su razvrstane u dostavno područje tipa 1, dostavno područje tipa 2, dostavno područje tipa 3 i ukupan broj dostavnih tačaka koje bi trebalo

da budu pokrivena od strane i -te jedinice iz DP1,2,3 grupe, respektivno.

Tabela 3.24 M4 model za segmentaciju (izvor: Ralević i sar, 2016)

M4 model	
$x_{ir} + y_{ir} + z_{ir} = q_{ir}$	$r = 13,14,15, \dots, 18$ (DP1,2,3 grupa ima 6 klastera), $i = 1,2,3, \dots, n_r$ gde n_r označava ukupan broj jedinica u r -toj grupi
DP1,2,3A: $x_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 2 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 3
DP1,2,3B: $x_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir} \wedge y_{ir} < z_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 3 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 2
DP1,2,3C: $y_{ir} > x_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 1 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 3
DP1,2,3D: $y_{ir} > x_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir} \wedge x_{ir} < z_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 3 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 1
DP1,2,3E: $z_{ir} > x_{ir} \wedge z_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > y_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 1 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 2
DP1,2,3F: $z_{ir} > x_{ir} \wedge z_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} < y_{ir}$,	Jedinice sa najvećim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa ostala dva dostavna područja, gde dostavno područje tipa 2 ima veći udeo od dostavnog područja tipa 1

Implementiranjem algoritma za klasterovanje kao SQL upita (tabela 3.25) na uzorku od datog broja dostavnih jedinica, može se odrediti distribucija po klasterima.

Tabela 3.25 Klastering algoritam (izvor: [Ralević i sar, 2016](#))

SQL upit
<pre>select num_DP, count(name_of_branch) as post_count from (select name_of_branch, (case when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and du>ds>dn then 'DP 1,2,3A' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and du>dn>ds then 'DP 1,2,3B' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and ds>du>dn then 'DP 1,2,3C' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and ds>dn>du then 'DP 1,2,3D' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and dn>du>ds then 'DP 1,2,3E' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and dn>ds>du then 'DP 1,2,3F' when DP_1 = 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and ((100*ds/(ds+dn))>=67) then 'DP 2,3A' when DP_1 = 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and ((100*ds/(ds+dn))<=33) then 'DP 2,3B' when DP_1 = 0 and DP_2 > 0 and DP_3 > 0 and (33<(100*ds/(ds+dn))<67) then 'DP 2,3C' when DP_1 = 0 and DP_2 = 0 and DP_3 > 0 then 'DP 3' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 = 0 and ((100*du/(du+ds))>=67) then 'DP 1,2A' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 = 0 and ((100*du/(du+ds))<=33) then 'DP 1,2B' when DP_1 > 0 and DP_2 > 0 and DP_3 = 0 and (33<(100*du/(du+ds))<67) then 'DP 1,2C' when DP_1 > 0 and DP_2 = 0 and DP_3 = 0 then 'DP 1' when DP_1 > 0 and DP_2 = 0 and DP_3 > 0 and ((100*du/(du+dn))>=67) then 'DP 1,3A' when DP_1 > 0 and DP_2 = 0 and DP_3 > 0 and ((100*du/(du+dn))<=33) then 'DP 1,3B' when DP_1 > 0 and DP_2 = 0 and DP_3 > 0 and (33<(100*du/(du+dn))<67) then 'DP 1,3C' when DP_1 = 0 and DP_2 > 0 and DP_3 = 0 then 'DP 2' end) as num_DP from DP) group by num_DP order by num_DP;</pre>

3.3.3 Segmentacija isporučnih jedinica

Kao što je već spomenuto, isporučne jedinice u okviru poštanske mreže, za razliku od dostavnih jedinica koje obavljaju dve generalne aktivnosti u tehnološkom procesu prenosa pošiljke, izvršavaju samo prijem poštanskih pošiljaka. Ovaj tip jedinica podrazumeva manje troškove u poređenju sa dostavnim jedinicama. Pored toga, jedinice bez dostave u zavisnosti od veličine poštanske mreže mogu da budu brojne, ali nisu

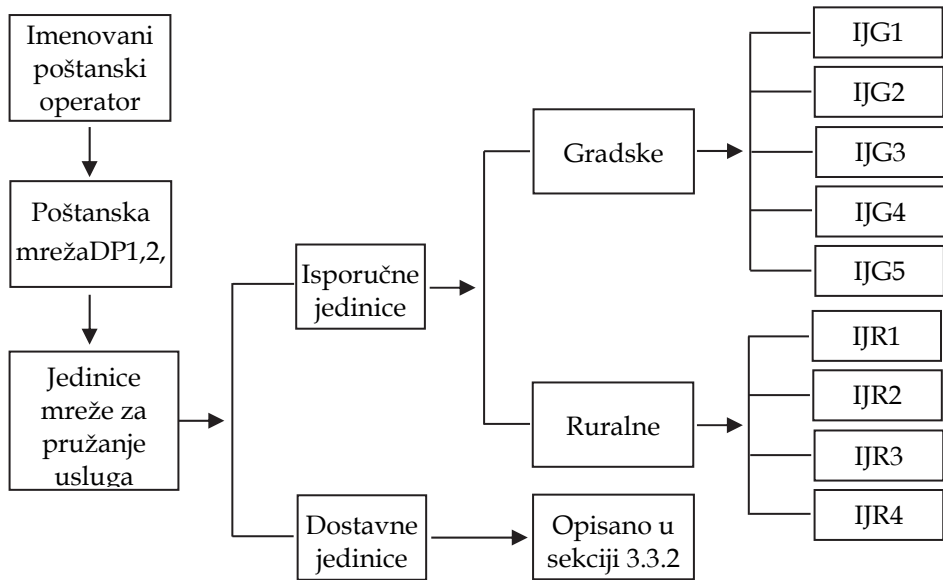
heterogene kao što je to slučaj kod dostavnih jedinica. Zbog toga, segmentacija ovih jedinica u grupe koje obezbeđuju iste ili slične uslove rada nije kompleksna kao u slučaju dostavnih jedinica. Kod dostavnih jedinica, segmentacija je izvedena prema kriterijumu koji se odnosi na režime dostave. Za razliku od ovih jedinica, problem međusobne uporedivosti isporučnih jedinica je rešen na osnovu toga da li jedinica radi u gradskom ili ruralnom području, gustine naseljenosti (broj stanovnika po jedinici), kao i na osnovu broja zaposlenih u jedinici.

Poznato je iz prakse da postoje različiti uslovi unutar kojih određene isporučne jedinice rade. Razlika između ruralnih i gradskih jedinica poštanske mreže je veoma zanimljiva, a odnosi se na upoređivanje iste vrste jedinica koje rade u različitim područjima. Različiti istraživači tretiraju segmentaciju ovih jedinica na različite načine ([Crew i Kleindorfer, 2002](#); [Hristova i sar, 2016](#)).

Na slici 3.11 predstavljena je segmentacija isporučnih jedinica posmatrane poštanske mreže imenovanog poštanskog operatora. Ova segmentacija razdvaja isporučne jedinice od dostavnih jedinica, i dalje, jedinicu bez dostave identifikuje kao gradsku ili ruralnu u zavisnosti od gustine naseljenosti područja u kojem jedinica funkcioniše. Prema definiciji Evropske komisije, ruralni region je teritorijalni entitet sa koherentnom ekonomskom i socijalnom strukturom raznolikih aktivnosti i može obuhvatati sela, male gradove i regionalne centre. Generalno, gradske jedinice su smeštene u gusto naseljenim područjima, dok su ruralne jedinice smeštene u slabo naseljenim sredinama. Kriterijum za ruralno područje je određen prema [OECD \(2011\)](#). Ovde, lokalne zajednice su identifikovane kao ruralne ako je njihova gustina naseljenosti ispod 150 stanovnika po kvadratnom kilometru, dok su regioni identifikovani kao ruralni ako više od 50% njihovog stanovništva živi u ruralnim zajednicama. Konačno, kom klasteru pripada jedinica određeno je na osnovu broja zaposlenih koji su angažovani na aktivnostima prijema, kao što su npr. ručno sortiranje, pripremanje dokumentacije ili čak, na aktivnostima upravljanja u slučaju veoma malih jedinica.

Sve isporučne jedinice su razvrstane u jedan od 9 klastera, kao što je to utvrđeno na slici 3.11. Ovde, isporučne jedinice koje rade u gradskim uslovima su podeljene u 5 klastera (IJG1, IJG2, IJG3, IJG4 i IJG5). Jedinice koje imaju samo jednog zaposlenog pripadaju klasteru IJG1. Dalje, ako je u ovim jedinicama broj zaposlenih između 2 i 4, 5 i 7 ili 8 i

10, one tada pripadaju klasterima IJG2, IJG3 ili IJG4, respektivno. Konačno, sve jedinice koje imaju više od 10 zaposlenih svrstane su u klaster IJG5. Isporučne jedinice koje rade u ruralnim uslovima podeljene su u 4 klastera (IJR1, IJR2, IJR3 i IJR4). Isporučne jedinice koje imaju samo jednog zaposlenog pripadaju klasteru IJR1, dok one koje imaju više od 5 zaposlenih pripadaju klasteru IJR4. Klaster IJR2 obuhvata one jedinice koje imaju 2 ili 3 zaposlena, dok jedinice sa brojem zaposlenih 4 ili 5 se grupišu u klaster IJR3. Predložen način segmentacije je verifikovan i testiran na poštanskoj mreži imenovanog poštanskog operatora u Crnoj Gori, gde je razmatrano 28 isporučnih jedinica, a dostupan je i objavljen u radu [Blagojević i sar. \(2020\)](#).



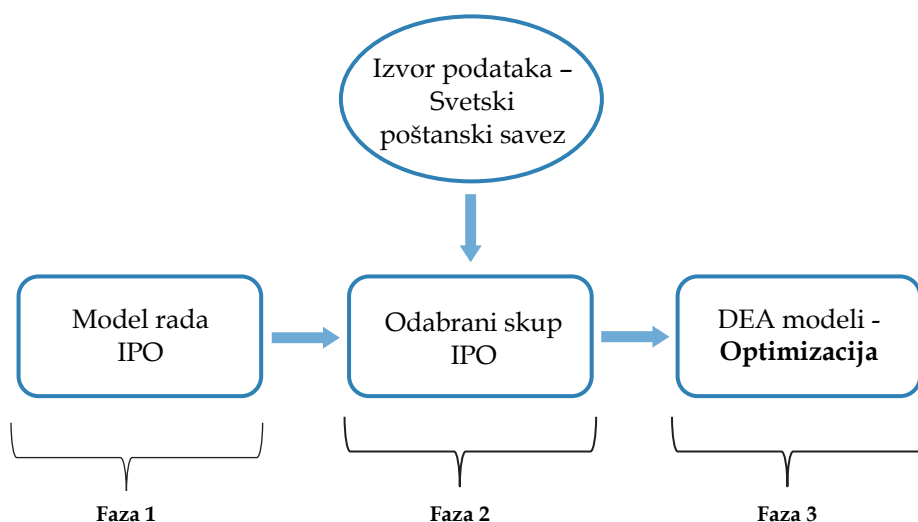
Slika 3.11 Segmentacija isporučnih jedinica (izvor: [Blagojević i sar, 2020](#))

3.4 Primena DEA metode za slučaj univerzalne poštanske usluge

U prethodnom tekstu čitalac je mogao da se upozna sa karakteristikama poštanskih usluga, posebno kada se radi o važnosti univerzalne poštanske usluge. U ovoj sekciji autori će usmeriti pažnju na predstavljanje sprovođenja DEA metode koja će omogućiti merenje efikasnosti ove usluge. To će biti urađeno na osnovu tri faze koje se

realizuju u primeni DEA metode, a koje su bile opisane, objašnjene i predstavljene u prvom poglavlju monografije. Dakle, za merenje efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge potrebno je realizovati tri faze, kao što je to utvrđeno na slici 3.12.

U prvoj fazi modelira se rad IPO kao davaoca univerzalne poštanske usluge. U vezi s tim, treba izabrati ulaze i izlaze za ocenjivanje efikasnosti i produktivnosti. Ulazi se odnose na ključne resurse koji se koriste i troškove koji su potrebni da bi IPO obavljao univerzalnu uslugu, dok izlazi opisuju rezultate rada, tj. obavljenju univerzalnu uslugu.



Slika 3.12 Merenje efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge

Druga faza zahteva studiju slučaja na nivou odabranih imenovanih poštanskih operatora kao višeulaznih i višeizlaznih posmatranih jedinica. Na ovaj način omogućava se primena neparаметarskog pristupa za analizu efikasnosti i produktivnosti i dopušta da se optimum definiše u kvantitativnom i vrednosnom smislu. Ovde, preporučeno je da izvor podataka o vrednostima za ulaze i izlaze bude pronađen kod Svetskog poštanskog saveza. Korisno je naglasiti da su ove vrednosti osnova da se izvede optimizacija u poslednjoj fazi.

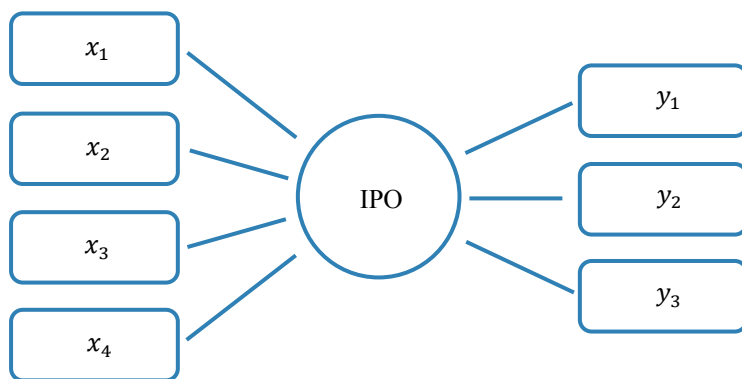
Treća faza predstavlja implementaciju radikalnih i neradikalnih DEA modela i izvođenje rezultata. Ovi modeli se primenjuju na svakog

pojedinačnog IPO iz posmatranog skupa davalaca univerzalne usluge na osnovu modeliranja njihovog rada kao višeulazne i višeizlazne jedinice. U ovoj fazi se izvode rezultati povezani sa merenjem efikasnosti i produktivnosti pružanja univerzalne poštanske usluge kada se posmatraju dva izolovana vremenska perioda. Rezultati omogućavaju dobijanje konkretnih predloga i smernica o tome kako neefikasni operatori mogu da budu optimizovani, kao i dobijanje važnih i korisnih informacija koje se odnose na produktivnost IPO utvrđivanjem izvora neefikasnosti. Svaka od ove tri faze biće detaljno predstavljena u sekcijama 3.4.1 - 3.4.3.

3.4.1 Opis prve faze

U prvoj fazi, na osnovu poznavanja teorije i struke, modeliran je rad imenovanog poštanskog operatora kao višeulazne i višeizlazne jedinice. Stalni tehnološki razvoj primorava poštansku industriju da se kontinuirano prilagođava potrebama svojih korisnika, što primorava IPO da na tržištu nudi širok asortiman usluga. Kao što je poznato, ovi operatori, pored univerzalne usluge, obavljaju i ostale poštanske usluge. Da bi obezbedili pružanje usluga, poštanski operatori koriste odgovarajuću tehnologiju i ljudske resurse, što implicira određena finansijska ulaganja. Kao što je to predstavljeno na slici 3.13, upotrebljene su četiri ulazne i tri izlazne promenljive. Ulazne promenljive se odnose na faktor rada, faktor kapitala i finansijska ulaganja. Faktor rada je određen sa ukupnim brojem zaposlenih (x_1). Ovaj broj uključuje obe kategorije zaposlenih – zaposlene sa punim radnim vremenom (engl. *Full-time*) i one sa skraćenim radnim vremenom (engl. *Part-time*). Ove dve kategorije radnika moguće je razmatrati i kao dve posebne promenljive. Međutim, korisno je istaći da u poštanskom sektoru ne postoji konzistentnost definisanja zaposlenih sa skraćenim radnim vremenom u svim zemljama, pa je zbog toga predloženo da se koristi jedna promenljiva koja pokriva obe kategorije radnika. Na primer, u nekim zemljama radnici sa skraćenim vremenom rada su zaposleni koji rade kraće vreme u toku radnog dana (tri ili četiri časa), dok postoje slučajevi gde radnici sa skraćenim vremenom rada rade puno radno vreme svakog radnog dana, ali oni nisu stalno zaposleni kod poštanskog operatora. Faktor kapitala je okarakterisan sa dve promenljive – broj jedinica poštanske mreže (x_2) i broj dostavnih

vozila (x_3). Pored ove dve promenljive, postoje i druge promenljive koje se odnose na faktor kapitala kao što je npr. određena oprema koju operator koristi u tehnologiji prenosa poštanskih pošiljaka. Upoređujući ove promenljive, korisno je da se istakne da su jedinice poštanske mreže najznačajniji faktor kapitala IPO kada obavlja univerzalnu poštansku uslugu. Konačno, finansijska ulaganja su posmatrana kroz operativne troškove (x_4).



Slika 3.13 Modeliranje rada imenovanog poštanskog operatora (izvor: [Ralević i sar, 2020c](#))

Ideja je da se ispita efikasnost i produktivnost IPO sa stanovišta pružanja univerzalne poštanske usluge. Zbog toga, rezultati rada IPO su usredsređeni na obim ove obavljene usluge i ostvareni prihod. Bez obzira na to što svaka zemlja članica ima mogućnosti da definiše obim univerzalne usluge na nacionalnom nivou, postoje generalna pravila Svetskog poštanskog saveza i EU, koje bi trebalo slediti. To podrazumeva da u svim zemljama članicama Svetskog poštanskog saveza, pismonosne pošiljke i paketi su glavni deo univerzalne usluge. Ovo uključuje neregistrovana i registrovana pisma, kao i pakete sa ili bez označene vrednosti.

Prema tome, za kvantifikaciju obavljene univerzalne usluge i ostvarene prihode upotrebljene su tri promenljive – broj pismonosnih pošiljaka u domaćem saobraćaju (y_1), broj paketa (y_2) i operativni prihod (y_3), kao što je predstavljeno na slici 3.13. Ovde, razmatraju se pošiljke u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, jer je broj međunarodnih poštanskih pošiljaka zanemarljiv u ukupnom broju usluga.

3.4.2 Opis druge faze

Druga faza zahteva da se definiše uzorak koji obuhvata veći broj imenovanih poštanskih operatora i da se za svaki operator odrede vrednosti za izabrane ulazne i izlazne promenljive. Potrebno je da uzorak bude reprezentativan, a vrednosti za ulaze i izlaze treba da budu verodostojne i dobijene iz pouzdanih izvora. Kao što je na to već ukazano u prvom poglavlju monografije, broj posmatranih IPO (n) treba da bude veći od ukupnog broja ulaza (m) i izlaza (s), ili, kako je to preporučeno u Cooper i sar. (2006), potrebno je da se ispuni uslov određen kao $m + s < \frac{n}{2}$. Ovde, za izvor podataka predložena je baza podataka koja postoji na Internet prezentaciji Svetskog poštanskog saveza. S jedne strane, to obezbeđuje da svi korišćeni podaci budu dobijeni iz istog i referentnog izvora, dok, s druge strane, dostupnost i transparentnost podataka omogućavaju proveru korišćenih podataka (Ralević, 2014). Treba posebno istaći da je ova organizacija bila prva svetska organizacija i najstariji oblik multilateralne saradnje u svetu, i da koordiniše poštanske politike i pravila između zemalja članica, a time i svetski poštanski sistem. U vezi s tim, svaka članica prihvata iste uslove za sprovođenje međunarodnih poštanskih dužnosti. Ova organizacija je ceo svet povezala u jednu celinu i stvorila jedinstvenu teritoriju za uzajamnu razmenu poštanskih pošiljaka. Princip jedinstva poštanske teritorije za razmenu pošiljaka, pored jedinstva taksi i slobode tranzita, predstavlja osnovicu na kojoj počiva delatnost ovog saveza. Dakle, Svetski poštanski savez je najveći autoritet u poštanskoj industriji, i kao takav, ovde je preporučeno da se koristi kao osnovna baza podataka.

3.4.3 Opis treće faze

U trećoj i poslednjoj fazi predstavljena je implementacija radijalnih i neradijalnih DEA modela na izabranim imenovanim poštanskim operatorima. Ova primena omogućava optimizaciju neefikasnih IPO, kao i dobijanje konkretnih načina i smernica za poboljšanje pružanja univerzalne usluge, što će biti tema kojom će se autori baviti u četvrtom poglavlju monografije na konkretnoj studiji slučaja odabranih imenovanih poštanskih operatora.

Kao što je utvrđeno i predstavljeno na slici 3.13, rad imenovanog poštanskog operatora je modeliran sa četiri ulaza i tri izlaza. U skladu sa drugom fazom, neka su u tabelama 3.26 i 3.27 dati podaci u opštem obliku o ulazima i izlazima za odabrane IPO za dva izolovana vremenska perioda. Merenje efikasnosti IPO kao DMU izvodi se upotrebom radijalnih i neradijalnih DEA modela obe orijentacije unutar CRS i VRS pretpostavke.

Tabela 3.26 Opšti podaci o vrednostima za ulazne promenljive (izvor: [Ralević i sar, 2020c](#))

IPO	Ulazi (prvi period)				Ulazi (drugi period)			
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4
IPO ₁	x_{11}^1	x_{21}^1	x_{31}^1	x_{41}^1	x_{11}^2	x_{21}^2	x_{31}^2	x_{41}^2
IPO ₂	x_{12}^1	x_{22}^1	x_{32}^1	x_{42}^1	x_{12}^2	x_{22}^2	x_{32}^2	x_{42}^2
IPO ₃	x_{13}^1	x_{23}^1	x_{33}^1	x_{43}^1	x_{13}^2	x_{23}^2	x_{33}^2	x_{43}^2
.
.
.
IPO _n	x_{1n}^1	x_{2n}^1	x_{3n}^1	x_{4n}^1	x_{1n}^2	x_{2n}^2	x_{3n}^2	x_{4n}^2

Tabela 3.27 Opšti podaci o vrednostima za izlazne promenljive (izvor: [Ralević i sar, 2020c](#))

IPO	Izlazi (prvi period)			Izlazi (drugi period)		
	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3
IPO ₁	y_{11}^1	y_{21}^1	y_{31}^1	y_{11}^2	y_{21}^2	y_{31}^2
IPO ₂	y_{12}^1	y_{22}^1	y_{32}^1	y_{12}^2	y_{22}^2	y_{32}^2
IPO ₃	y_{13}^1	y_{23}^1	y_{33}^1	y_{13}^2	y_{23}^2	y_{33}^2
.
.
.
IPO _n	y_{1n}^1	y_{2n}^1	y_{3n}^1	y_{1n}^2	y_{2n}^2	y_{3n}^2

Neka se posmatra skup od n IPO gde svaki IPO _{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) kod IPO obavlja

CRS ili VRS tehnologija praveći kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki izvodljive. Za IPO_o , $o \in j$, (IPO_o označava jedan od n posmatranih imenovanih operatora) ulazno orijentisani radijalni DEA model unutar CRS i VRS pretpostavke je definisan sa (3.12) i (3.13), respektivno. Obrnuto, izlazno orijentisani radijalni DEA model unutar obe pretpostavke je određen sa (3.14) i (3.15), respektivno.

Radijalno merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge za određeni period vremena zahteva da se primene i izračunaju modeli (3.12) i (3.13) – ulazno orijentisani radijalni DEA modeli unutar CRS i VRS ili (3.14) i (3.15) – izlazno orijentisani radijalni DEA modeli unutar CRS i VRS za svaki posmatrani IPO. Kao što je na to bilo ukazano, upotreba ulazno ili izlazno orijentisanih DEA modela zavisi od toga da li se merenje efikasnosti usredsređuje na ulaze ili izlaze.

$$\text{Min} \left\{ \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.12)$$

$$\text{Min} \left\{ \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.13)$$

$$\text{Max} \left\{ \max \phi - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.14)$$

$$\text{Max} \left\{ \max \phi - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.15)$$

Svedeno na nivo IPO, u prvom slučaju, usmeravajući se na ulaze, rezultati omogućavaju da se pronađu imenovani poštanski operatori sa najvećim kapacitetom i dobrim ishodima, kao i oni sa malim kapacitetom i siromašnim ishodima. U drugom slučaju, usredsređujući se na izlaze, za svaki posmatrani IPO, može da se otkrije kako se upotreba i potrošnja resursa odražavaju na rezultate rada. U vezi s tim, IPO može biti efikasan ili neefikasan u korišćenju resursa u odnosu na postignute rezultate rada.

Primena modela (3.12), na primer na IPO₃ za podatke o ulazima i izlazima za prvi period je:

$$\theta^* = \min \theta - \varepsilon (s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+ + s_3^+)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{array}{l} x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- = x_{13}^1 \theta \\ x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- = x_{23}^1 \theta \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \theta \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1 \theta \\
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \\
 \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Primena modela (3.13) na IPO₃ za prvi period je:

$$\theta^* = \min \theta - \varepsilon (s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+ + s_3^+)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}
 x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- &= x_{13}^1 \theta \\
 x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- &= x_{23}^1 \theta \\
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \theta \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1 \theta \\
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n &= 1 \\
 \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Kada se izračuna model (3.12) ili (3.13) za IPO₃, dobijaju se optimalna rešenja θ^* , λ_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$), kao i $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_1^+, s_2^+, s_3^+$ sa značenjima kao što je to utvrđeno u drugom poglavlju monografije u sekcijama 2.1.2 i 2.1.4. Konkretno, ocena efikasnosti za IPO₃ je okarakterisana sa θ^* , dok vrednosti λ_j određuju primere dobre prakse za ovog operatora, osim kada je $\theta^* = 1$; u tom slučaju, IPO₃ je primer dobre operativne prakse za određene neefikasne operatore iz posmatranog skupa. Konačno, s_1^-, s_2^-, s_3^- i s_4^- pokazuju da li postoji i kolika je neumerenost u korišćenju resursa, tj. višak u broju zaposlenih, jedinica poštanske mreže i dostavnih vozila određen je sa s_1^-, s_2^-, s_3^- , respektivno, dok s_4^- ukazuje na uvećane operativne troškove. S druge strane, s_1^+, s_2^+, s_3^+ pokazuju odstupanje od optimalne vrednosti za ostvarene pismonosne pošiljke, pakete, kao i za operativne prihode.

Primena modela (3.14) na IPO₃ za podatke o ulazima i izlazima za prvi period je:

$$\phi^* = \max \phi - \varepsilon (s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+ + s_3^+)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- &= x_{13}^1 \\ x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- &= x_{23}^1 \\ x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \\ x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1 \\ y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \phi \\ y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \phi \\ y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \phi \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned}$$

Primena modela (3.15) na IPO₃ za prvi period je:

$$\phi^* = \max \phi - \varepsilon (s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+ + s_3^+)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- &= x_{13}^1 \\ x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- &= x_{23}^1 \\ x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \\ x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1 \\ y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \phi \\ y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \phi \\ y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \phi \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned}$$

Korisno je istaći da se modeli (3.12)–(3.15) izračunavaju u dvostepenom postupku. Prvo, izračuna se ocena efikasnosti θ^* za modele (3.12) i (3.13) i ocena efikasnosti ϕ^* za modele (3.14) i (3.15) tako što se zanemare s_i^- i s_r^+ , a zatim se izvrši optimizacija rešavanjem određenog problema linearnog programiranja, za modele (3.12) i (3.13) fiksiranjem θ^* , za modele (3.14) i (3.15) fiksiranjem ϕ^* . Analogno, optimalna rešenja za drugi period vremena dobijaju se primenom modela (3.12) i (3.13) ili (3.14) i (3.15), kao i upotrebom podataka o vrednostima za ulaze i izlaze za drugi period.

S druge strane, za IPOo, ulazno orijentisani neradikalni DEA model unutar CRS i VRS pretpostavke je određen sa (3.16) i (3.17), respektivno, dok je izlazno orijentisani neradikalni DEA model unutar CRS i VRS definisan sa (3.18) i (3.19), respektivno. Dakle, neradikalno merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge za određeni period vremena zahteva da se primene i izračunaju modeli (3.16) i (3.17) ili (3.18) i (3.19) za svaki posmatrani operator. Radi bolje preglednosti primene ovih modela za slučaj IPO, oni će ovde biti ponovo predstavljeni bez obzira na to što su već bili prikazani u drugom poglavlju monografije u sekciji 2.2.1.

$$\text{Min} \left\{ \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \theta_i \leq 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.16)$$

$$\text{Min} \left\{ \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \theta_i \leq 1 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.17)$$

Kao što je to predstavljeno u sekciji 2.2.1, u funkciji cilja sva četiri neradikalna DEA modela, ε označava ne-Arhimedovo ε koje u ulazno orijentisanim neradikalnim DEA modelima dopušta minimiziranje preko θ_i (za slučaj IPO to su ulazno orijentisane neradikalne ocene efikasnosti

imenovanih poštanskih operatora) i optimizaciju koja uključuje s_r^+ , dok u izlazno orijentisanim neradikalnim DEA modelima dopušta maksimiziranje preko ϕ_r (za slučaj IPO radi se o izlazno orijentisanim neradikalnim ocenama efikasnosti imenovanih poštanskih operatora) i optimizaciju koja uključuje s_i^- .

$$\text{Max} \left\{ \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \phi_r y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \phi_r \geq 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.18)$$

$$\text{Max} \left\{ \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \phi_r - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \phi_r y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s \\ \phi_r \geq 1 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array} \right. \right\} \quad (3.19)$$

Primena modela (3.16), na primer za isti IPO kao u slučaju radikalnog merenja - IPO₃ za podatke o ulazima i izlazima za prvi period, može da se predstavi na sledeći način:

$$\theta^* = \min \left(\frac{1}{4} (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) - \varepsilon (s_1^+ + s_2^+ + s_3^+) \right)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}
 x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n &= x_{13}^1 \theta_1 \\
 x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n &= x_{23}^1 \theta_2 \\
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n &= x_{33}^1 \theta_3 \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n &= x_{43}^1 \theta_4 \\
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \\
 \theta_i &\leq 1, \quad i = 1, 2, 3, 4 \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Primena modela (3.17) na IPO₃ za prvi period je:

$$\theta^* = \min \left(\frac{1}{4} (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) - \varepsilon (s_1^+ + s_2^+ + s_3^+) \right)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}
 x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n &= x_{13}^1 \theta_1 \\
 x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n &= x_{23}^1 \theta_2 \\
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n &= x_{33}^1 \theta_3 \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n &= x_{43}^1 \theta_4 \\
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n - s_1^+ &= y_{13}^1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n - s_2^+ &= y_{23}^1 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n - s_3^+ &= y_{33}^1 \\
 \theta_i &\leq 1, \quad i = 1, 2, 3, 4 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n &= 1 \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Primena modela (3.18) na IPO₃ za podatke o ulazima i izlazima za prvi period može da se predstavi na sledeći način:

$$\phi^* = \max \left(\frac{1}{3} (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3) - \varepsilon (s_1^+ + s_2^+ + s_3^+) \right)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}
 x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- &= x_{13}^1 \\
 x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- &= x_{23}^1 \\
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n &= y_{13}^1 \phi_1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n &= y_{23}^1 \phi_2 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n &= y_{33}^1 \phi_3 \\
 \phi_r &\geq 1, \quad r = 1, 2, 3 \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Primena modela (3.19) na IPO₃ za prvi period je:

$$\phi^* = \max \left(\frac{1}{3} (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3) - \varepsilon (s_1^+ + s_2^+ + s_3^+) \right)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned}
 x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n + s_1^- &= x_{13}^1 \\
 x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n + s_2^- &= x_{23}^1 \\
 x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n + s_3^- &= x_{33}^1 \\
 x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n + s_4^- &= x_{43}^1 \\
 y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n &= y_{13}^1 \phi_1 \\
 y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n &= y_{23}^1 \phi_2 \\
 y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n &= y_{33}^1 \phi_3 \\
 \phi_r &\geq 1, \quad r = 1, 2, 3 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n &= 1 \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

Neradijalni DEA modeli (3.16)–(3.19) izračunavaju se u dvostepenom postupku na analogan način kao što je to slučaj kod izračunavanja radijalnih DEA modela (3.12)–(3.15). Analogno, optimalna rešenja mogu da se dobiju za drugi period kada se primene modeli (3.16) i (3.17) ili (3.18) i (3.19), kao i upotrebom podataka o vrednostima za ulaze i izlaze za drugi period vremena.

3.4.4 MBA koncept

U ovoj sekciji monografije biće predstavljen MBA (engl. *Malmquist Based Approach*) koncept, koji, kada se primeni na posmatrani skup od n DMU, omogućava da se izvede analiza produktivnosti. Dakle, svedeno na nivo IPO, za razliku od radijalnih i neradijalnih DEA modela koji obezbeđuju analizu efikasnosti operatora, MBA koncept dopušta da se otkrije doprinos i uticaj tehnologije na obavljanje univerzalne poštanske

usluge. Konkretnije, ovaj koncept obezbeđuje da se utvrdi promena produktivnosti – da li je došlo do poboljšanja ili pogoršanja produktivnosti tokom vremena, kao i da se ispituju izvori promene produktivnosti u smislu tehnologije i efikasnosti obavljanja univerzalne usluge.

U ekonomskoj teoriji, performanse mogu da se opišu kao efikasne ili produktivne. U literaturi, ovo su dva međusobno povezana koncepta gde produktivnost znači odnos izlaza i ulaza. U parksi, najjednostavniji primer merenja produktivnosti je kada se razmatra jedan ulaz i jedan izlaz. Ovakav primer je slučaj jednofaktorske produktivnosti. Merenje produktivnosti postaje komplikovanije kada postoji više ulaza i više izlaza koji se odnosi na ukupnu faktorsku produktivnost (TFP) (engl. *Total Factor Productivity*). Za razliku od produktivnosti, kao što je to već poznato, efikasnost tretira poređenje između tekućih i optimalnih vrednosti ulaza ili izlaza. U teoriji, za izračunavanje TFP uspešno se koristi MBA koncept (Malmkuist, 1953) poznat i kao Malmkvistov pokazatelj produktivnosti (MPI) (engl. *Malmquist Productivity Indice*). Ovaj pokazatelj može da se izračunava korišćenjem parametarskog i neparametarskog pristupa. Za prvi pristup standardna ekonometrijska platforma je model (engl. *Stochastic Frontier*) predstavljen u radu Aigner i sar. (1977). Za drugi pristup koristi se DEA, kao što je pokazano u Färe i sar. (1994). S obzirom na to da se IPO tretira kao višeulazna i višeizlazna jedinica, to podrazumeva problem merenja TFP (Ralević i sar, 2020c). Ovde, za objedinjavanje izlaza i ulaza, koristi se Malmkvistov pokazatelj produktivnosti koji se izračunava neparametarskim pristupom. MPI se sastoji od dve komponente, EC i TC, kao što je predstavljeno u (3.20). Prva komponenta (EC) (engl. *Efficiency Change*) se odnosi na stepen do kojeg DMU poboljšava ili pogoršava svoju efikasnost između dva posmatrana vremenska perioda. Ona ispituje da li radna efikasnost i okruženje utiču na promenu produktivnosti. Druga komponenta (TC) (engl. *Technological Change*) odražava promene u granicama efikasnosti između dva perioda, tj. meri doprinos tehnologije na promenu produktivnosti.

$$MPI = EC \times TC \quad (3.20)$$

Neka se posmatra skup od n DMU za dva vremenska perioda gde svaka DMUj ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) koristi m ulaza x_{ij} , $x_{ij} > 0$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)

za pravljenje s izlaza y_{rj} , $y_{rj} > 0$ ($r = 1, 2, 3, \dots, s$) tokom prvog i drugog perioda. U narednom tekstu promenljive povezane sa prvim ili drugim periodom biće označene gornjim indeksom 1 ili 2, respektivno.

Komponenta EC je definisana sa (3.21). Oznake $\theta^1((x_o, y_o)^1)$ i $\theta^2((x_o, y_o)^2)$ u (3.21) pokazuju relativne ocene efikasnosti koju je jedna posmatrana DMU $_o$, $o \in j$, ($j = 1, 2, 3, \dots, n$), postigla koristeći tehnologiju 1 u prvom periodu i tehnologiju 2 u drugom periodu, respektivno. Ako je $EC > 1$, to ukazuje da postoji pozitivan uticaj tehničke efikasnosti na promenu produktivnosti, zapravo, napredak je uočen između dva perioda. U slučaju kada je $EC < 1$, tada postoji negativan uticaj tehničke efikasnosti na promenu produktivnosti; drugim rečima, uočeno je nazadovanje. $EC = 1$ ukazuje na nedostatak uticaja tehničke efikasnosti na promenu produktivnosti.

$$EC = \frac{\theta^2((x_o, y_o)^2)}{\theta^1((x_o, y_o)^1)} \quad (3.21)$$

Komponenta TC je definisana sa (3.22). Oznaka $\theta^2((x_o, y_o)^1)$ u (3.22) označava relativnu ocenu efikasnosti u prvom periodu za DMU $_o$ koja je merena u odnosu na granicu efikasnosti iz drugog perioda (tehnologija 2). Ocena efikasnosti $\theta^1((x_o, y_o)^2)$ se odnosi na drugi period, a u (3.22) je izračunata u odnosu na granicu efikasnosti iz prvog perioda (tehnologija 1). $TC > 1$ ukazuje na pozitivan efekat upotrebe tehnologije 2 u poređenju sa tehnologijom 1, $TC < 1$ ukazuje na negativan efekat, dok $TC = 1$ ukazuje da ne postoji efekat.

$$TC = \sqrt{\frac{\theta^1((x_o, y_o)^1)}{\theta^2((x_o, y_o)^1)} \times \frac{\theta^1((x_o, y_o)^2)}{\theta^2((x_o, y_o)^2)}} \quad (3.22)$$

Da bi se izvršilo TFP merenje, potrebno je odrediti MPI na način kao što je utvrđeno u (3.23). Funkcionalna forma za izračunavanje ovog pokazatelja je dobijena korišćenjem relacija koje su prikazane u (3.21) i (3.22). Rezultat ovog izvođenja je predstavljen u (3.23) koji daje konačan sud o produktivnosti tokom vremena sublimirajući istovremeno tehničke i tehnološke promene. Produktivnost od prvog perioda do drugog perioda za DMU $_o$ je poboljšana ako je $MPI > 1$, $MPI < 1$ ukazuje na pogoršanje produktivnosti, dok $MPI = 1$ znači da ne postoji promena u produktivnosti.

$$MPI = \sqrt{\frac{\theta^1((x_o, y_o)^2)}{\theta^1((x_o, y_o)^1)} \times \frac{\theta^2((x_o, y_o)^2)}{\theta^2((x_o, y_o)^1)}} \quad (3.23)$$

Prema (3.23) problem kvantifikacije Malmkvistovog pokazatelja za DMU_o se svodi na određivanje numeričkih vrednosti $\theta^1((x_o, y_o)^1)$, $\theta^2((x_o, y_o)^2)$, $\theta^1((x_o, y_o)^2)$ i $\theta^2((x_o, y_o)^1)$. Ove ocene efikasnosti mogu da se dobiju primenom različitih metoda, na primer, korišćenjem ulazno ili izlazno orijentisane radijalne DEA metode, kao što je prikazano u radu [Färe i sar. \(1994\)](#). Rezultati o Malmkvistovim pokazateljima dobijeni ulaznom orijentacijom, kao i oni dobijeni korišćenjem izlazne orijentacije, vode do istih zaključaka ([Ralević i sar, 2020c](#)). Ovde, koristi se oznaka ϕ ($\phi^1((x_o, y_o)^1)$, $\phi^2((x_o, y_o)^2)$, $\phi^1((x_o, y_o)^2)$ i $\phi^2((x_o, y_o)^1)$) da se označi ocena efikasnosti u izlaznoj orijentaciji. Izlazni MPI (MPI*) i odgovarajuće komponente (EC* i TC*) su predstavljene u (3.24), (3.25) i (3.26), respektivno. Korisno je napomenuti da je tumačenje izlaznog MPI i njegovih komponenti suprotno od slučaja ulaznog MPI, osim kada su oni jednaki 1.

$$MPI^* = \sqrt{\frac{\phi^1((x_o, y_o)^2)}{\phi^1((x_o, y_o)^1)} \times \frac{\phi^2((x_o, y_o)^2)}{\phi^2((x_o, y_o)^1)}} \quad (3.24)$$

$$EC^* = \frac{\phi^2((x_o, y_o)^2)}{\phi^1((x_o, y_o)^1)} \quad (3.25)$$

$$TC^* = \sqrt{\frac{\phi^1((x_o, y_o)^1)}{\phi^2((x_o, y_o)^1)} \times \frac{\phi^1((x_o, y_o)^2)}{\phi^2((x_o, y_o)^2)}} \quad (3.26)$$

Pored radijalnog pristupa, za izračunavanje MPI mogu da se koriste neradijalni DEA i neradijalni i neorijentisani DEA modeli koji su uvedeni, između ostalih, u radovima [Zhu \(1996\)](#), [Tone \(2001, 2002\)](#), [Chen \(2003\)](#), [Tone i Tsutsui \(2009\)](#).

Merenje produktivnosti univerzalne poštanske usluge, između dva posmatrana vremenska perioda, podrazumeva da se izračuna Malmkvistov pokazatelj produktivnosti korišćenjem (3.23) ili (3.24). Oba pokazatelja, ulazni i izlazni MPI, zahtevaju rešavanje problema linearnog programiranja za svaki IPO iz posmatranog skupa operatora ([Ralević i sar, 2020c](#)). Prema tome, na primer za IPO₃, da bi se izračunao ulazni MPI za date ulaze i izlaze iz tabela 3.26 i 3.27, potrebno je razviti i rešiti četiri modela linearnog programiranja (3.27)-(3.30). S druge strane,

za IPO₃ i date vrednosti za ulaze i izlaze, izlazni MPI zahteva da se razviju i reše modeli linearnog programiranja (3.31)-(3.34).

$$\theta^1((x_3, y_3)^1) = \min \theta \quad (3.27)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n &\leq x_{13}^1 \theta \\ x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n &\leq x_{23}^1 \theta \\ x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n &\leq x_{33}^1 \theta \\ x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n &\leq x_{43}^1 \theta \\ y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n &\geq y_{13}^1 \\ y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n &\geq y_{23}^1 \\ y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n &\geq y_{33}^1 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned}$$

$$\theta^2((x_3, y_3)^2) = \min \theta \quad (3.28)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} x_{11}^2 \lambda_1 + x_{12}^2 \lambda_2 + x_{13}^2 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^2 \lambda_n &\leq x_{13}^2 \theta \\ x_{21}^2 \lambda_1 + x_{22}^2 \lambda_2 + x_{23}^2 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^2 \lambda_n &\leq x_{23}^2 \theta \\ x_{31}^2 \lambda_1 + x_{32}^2 \lambda_2 + x_{33}^2 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^2 \lambda_n &\leq x_{33}^2 \theta \\ x_{41}^2 \lambda_1 + x_{42}^2 \lambda_2 + x_{43}^2 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^2 \lambda_n &\leq x_{43}^2 \theta \\ y_{11}^2 \lambda_1 + y_{12}^2 \lambda_2 + y_{13}^2 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^2 \lambda_n &\geq y_{13}^2 \\ y_{21}^2 \lambda_1 + y_{22}^2 \lambda_2 + y_{23}^2 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^2 \lambda_n &\geq y_{23}^2 \\ y_{31}^2 \lambda_1 + y_{32}^2 \lambda_2 + y_{33}^2 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^2 \lambda_n &\geq y_{33}^2 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned}$$

$$\theta^1((x_3, y_3)^2) = \min \theta \quad (3.29)$$

Uz ograničenje:

$$\begin{aligned} x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n &\leq x_{13}^1 \theta \\ x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n &\leq x_{23}^1 \theta \\ x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n &\leq x_{33}^1 \theta \\ x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n &\leq x_{43}^1 \theta \\ y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n &\geq y_{13}^1 \\ y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n &\geq y_{23}^1 \end{aligned}$$

$$y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n \geq y_{33}^2$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\theta^2((x_o, y_o)^1) = \min \theta \quad (3.30)$$

Uz ograničenje:

$$x_{11}^2 \lambda_1 + x_{12}^2 \lambda_2 + x_{13}^2 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^2 \lambda_n \leq x_{13}^1 \theta$$
$$x_{21}^2 \lambda_1 + x_{22}^2 \lambda_2 + x_{23}^2 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^2 \lambda_n \leq x_{23}^1 \theta$$
$$x_{31}^2 \lambda_1 + x_{32}^2 \lambda_2 + x_{33}^2 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^2 \lambda_n \leq x_{33}^1 \theta$$
$$x_{41}^2 \lambda_1 + x_{42}^2 \lambda_2 + x_{43}^2 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^2 \lambda_n \leq x_{43}^1 \theta$$
$$y_{11}^2 \lambda_1 + y_{12}^2 \lambda_2 + y_{13}^2 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^2 \lambda_n \geq y_{13}^1$$
$$y_{21}^2 \lambda_1 + y_{22}^2 \lambda_2 + y_{23}^2 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^2 \lambda_n \geq y_{23}^1$$
$$y_{31}^2 \lambda_1 + y_{32}^2 \lambda_2 + y_{33}^2 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^2 \lambda_n \geq y_{33}^1$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\phi^1((x_3, y_3)^1) = \max \phi \quad (3.31)$$

Uz ograničenje:

$$x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n \leq x_{13}^1$$
$$x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n \leq x_{23}^1$$
$$x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n \leq x_{33}^1$$
$$x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n \leq x_{43}^1$$
$$y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n \geq y_{13}^1 \phi$$
$$y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n \geq y_{23}^1 \phi$$
$$y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n \geq y_{33}^1 \phi$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\phi^2((x_3, y_3)^2) = \max \phi \quad (3.32)$$

Uz ograničenje:

$$x_{11}^2 \lambda_1 + x_{12}^2 \lambda_2 + x_{13}^2 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^2 \lambda_n \leq x_{13}^2$$
$$x_{21}^2 \lambda_1 + x_{22}^2 \lambda_2 + x_{23}^2 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^2 \lambda_n \leq x_{23}^2$$
$$x_{31}^2 \lambda_1 + x_{32}^2 \lambda_2 + x_{33}^2 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^2 \lambda_n \leq x_{33}^2$$
$$x_{41}^2 \lambda_1 + x_{42}^2 \lambda_2 + x_{43}^2 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^2 \lambda_n \leq x_{43}^2$$
$$y_{11}^2 \lambda_1 + y_{12}^2 \lambda_2 + y_{13}^2 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^2 \lambda_n \geq y_{13}^2 \phi$$
$$y_{21}^2 \lambda_1 + y_{22}^2 \lambda_2 + y_{23}^2 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^2 \lambda_n \geq y_{23}^2 \phi$$

$$y_{31}^2 \lambda_1 + y_{32}^2 \lambda_2 + y_{33}^2 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^2 \lambda_n \geq y_{33}^2 \phi$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\phi^1((x_3, y_3)^2) = \max \phi \quad (3.33)$$

Uz ograničenje:

$$x_{11}^1 \lambda_1 + x_{12}^1 \lambda_2 + x_{13}^1 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^1 \lambda_n \leq x_{13}^2$$
$$x_{21}^1 \lambda_1 + x_{22}^1 \lambda_2 + x_{23}^1 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^1 \lambda_n \leq x_{23}^2$$
$$x_{31}^1 \lambda_1 + x_{32}^1 \lambda_2 + x_{33}^1 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^1 \lambda_n \leq x_{33}^2$$
$$x_{41}^1 \lambda_1 + x_{42}^1 \lambda_2 + x_{43}^1 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^1 \lambda_n \leq x_{43}^2$$
$$y_{11}^1 \lambda_1 + y_{12}^1 \lambda_2 + y_{13}^1 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^1 \lambda_n \geq y_{13}^2 \phi$$
$$y_{21}^1 \lambda_1 + y_{22}^1 \lambda_2 + y_{23}^1 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^1 \lambda_n \geq y_{23}^2 \phi$$
$$y_{31}^1 \lambda_1 + y_{32}^1 \lambda_2 + y_{33}^1 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^1 \lambda_n \geq y_{33}^2 \phi$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\phi^2((x_3, y_3)^1) = \max \phi \quad (3.34)$$

Uz ograničenje:

$$x_{11}^2 \lambda_1 + x_{12}^2 \lambda_2 + x_{13}^2 \lambda_3 + \dots + x_{1n}^2 \lambda_n \leq x_{13}^1$$
$$x_{21}^2 \lambda_1 + x_{22}^2 \lambda_2 + x_{23}^2 \lambda_3 + \dots + x_{2n}^2 \lambda_n \leq x_{23}^1$$
$$x_{31}^2 \lambda_1 + x_{32}^2 \lambda_2 + x_{33}^2 \lambda_3 + \dots + x_{3n}^2 \lambda_n \leq x_{33}^1$$
$$x_{41}^2 \lambda_1 + x_{42}^2 \lambda_2 + x_{43}^2 \lambda_3 + \dots + x_{4n}^2 \lambda_n \leq x_{43}^1$$
$$y_{11}^2 \lambda_1 + y_{12}^2 \lambda_2 + y_{13}^2 \lambda_3 + \dots + y_{1n}^2 \lambda_n \geq y_{13}^1 \phi$$
$$y_{21}^2 \lambda_1 + y_{22}^2 \lambda_2 + y_{23}^2 \lambda_3 + \dots + y_{2n}^2 \lambda_n \geq y_{23}^1 \phi$$
$$y_{31}^2 \lambda_1 + y_{32}^2 \lambda_2 + y_{33}^2 \lambda_3 + \dots + y_{3n}^2 \lambda_n \geq y_{33}^1 \phi$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Merenje efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge na način kako je to određeno u ovom poglavlju monografije biće izvedeno i testirano u sledećem, četvrtom i poslednjem poglavlju monografije. Za tu svrhu autori su posmatrali studiju slučaja koja je obuhvatila imenovane poštanske operatore iz EU, Švajcarske i Srbije.

4. OPTIMIZACIJA RESURSA ZA OBAVLJANJE UNIVERZALNE USLUGE – STUDIJA SLUČAJA NA ODABRANOM SKUPU IMENOVANIH POŠTANSKIH OPERATORA

U četvrtom i posljednjem poglavlju monografije, kao što je bilo najavljeno u prethodnom poglavlju, autori će se baviti pronalaženjem načina i smernica za poboljšanje pružanja univerzalne usluge na konkretnoj studiji slučaja imenovanih poštanskih operatora (IPO). Ovde, studija slučaja je obuhvatila IPO iz EU, Švajcarske i Srbije, kao i dva izolovana vremenska perioda, 2003. i 2017. godinu. U vezi s tim, optimizacija rada neefikasnih IPO i izvođenje rezultata biće urađeni merenjem efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge, na način kako je to određeno u trećem poglavlju monografije u sekciji 3.4. Kao što je poznato, to će zahtevati upotrebu ulazno i izlazno orijentisanih radijalnih i neradijalni DEA model unutar CRS i VRS pretpostavke.

4.1 Prikupljanje podataka i opis promenljivih

U ovom poglavlju monografije autori su izvršili merenje efikasnosti i uradili analizu zasnovanu na Malmkvistovim pokazateljima produktivnosti na 29 odabranih IPO za period od 15 godina. Kao što je to već bilo spomenuto, uzorak čine IPO iz EU, Švajcarske i Srbije. Konačan spisak posmatranih zemalja i njihove međunarodne oznake, kao i zvanični nazivi odgovarajućih IPO su predstavljeni u tabeli 4.1. Ovo istraživanje je uključilo podatke za dva perioda: 2003. godinu (prvi period) i 2017. godinu (drugi period). Za oba perioda i za sve IPO u uzorku, autori su koristili isti izvor podataka koji postoji na Internet prezentaciji Svetskog poštanskog saveza ([Universal Postal Union, 2019](#)).

Proizvodna aktivnost posmatranih operatora bila je definisana sa tri ulazne i tri izlazne promenljive, koje su predstavljene u tabelama 4.2 i 4.3, respektivno. Da bi se optimizovala veličina tabela, korišćene su međunarodne oznake umesto punih naziva zemalja i IPO. Kao što je to utvrđeno u sekciji 3.4.1, ulazne promenljive se odnose na faktor rada, faktor kapitala i finansijska ulaganja. Ovde, faktor rada IPO je određen

sa ukupnim brojem zaposlenih (x_1), gde su uključene obe kategorije zaposlenih – zaposleni sa punim radnim vremenom i oni sa skraćenim radnim vremenom. Faktor kapitala IPO je okarakterisan sa brojem jedinica poštanske mreže (x_2). Konačno, finansijska ulaganja IPO su posmatrana kroz operativne troškove (x_3).

Tabela 4.1 Uzorak (izvor: [International Trade Statistics, 2019](#))

Imenovani poštanski operator (IPO)	Zemlja	Međunarodna oznaka
Österreichische Post AG	Austrija	AUS
Bulgarian Posts	Bugarska	BGR
Hrvatska Pošta	Hrvatska	CRO
Cyprus Post	Kipar	CYP
Česká pošta	Češka Republika	CZE
Post Denmark	Danska	DNK
Eesti Post	Estonija	EST
Itella Posti Oy	Finska	FIN
La poste	Francuska	FRA
Deutsche Post	Nemačka	DEU
Royal Mail Group plc	Velika Britanija	GBR
Hellenic Post ELTA	Grčka	GRC
Magyar Posta	Mađarska	HUN
An Post	Irska	IRL
Poste Italiane	Italija	ITA
Latvijas Pasts	Letonija	LVA
Lietuvos paštas	Litvanija	LTU
P & T Luxembourg	Luksemburg	LUX
Malta Post	Malta	MLT
PostNL	Holandija	NLD
Poczta Polska	Poljska	POL
CTT - Correios	Portugalija	PRT
Posta Romana	Rumunija	ROU
Slovenská pošta	Slovačka	SVK
Pošta Slovenije d.o.o	Slovenija	SVN
Correos y Telégrafos	Španija	ESP
Posten Sweden Post	Švedska	SWE
Swiss Post	Švajcarska	SUI
JP "Pošta Srbije"	Srbija	SRB

Tabela 4.2 Podaci za ulazne promenljive (izvor: [Universal Postal Union, 2019](#))

Zemlja	Ulazi (2003)			Ulazi (2017)		
	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)
AUS	28,845	2,007	1558.93	19,191	1,802	1838.04
BGR	14,878	3,021	38.43	10,293	2,980	82.90
CRO	11,931	1,168	183.69	9,825	1,016	197.65
CYP	1,752	1,123	21.06	650	1,097	23.23
CZE	40,730	3,430	454.82	30,315	3,385	732.10
DNK	27,682	1,019	1209.10	8,605	1,112	877.09
EST	4,237	549	42.70	2,121	315	92.21
FIN	23,740	1,346	1091.41	16,201	873	1680.89
FRA	285,802	16,992	15413.68	226,672	17,100	22974.81
DEU	383,173	13,514	38326.27	472,208	12,502	58530.17
GBR	191,843	15,868	12123.60	141,000	11,650	10672.59
GRC	11,402	2,218	449.98	6,146	1,352	341.04
HUN	40,848	3,102	527.29	30,564	2,682	590.36
IRL	10,498	1,658	753.60	8,684	1,135	771.52
ITA	150,746	13,728	7317.37	128,049	12,822	8465.15
LVA	7,316	964	33.98	3,882	1,019	56.57
LTU	8,030	965	41.06	5,328	570	69.71
LUX	1,782	108	111.13	1,360	103	152.56
MLT	665	50	12.99	665	68	22.52
NLD	62,070	2,577	3101.58	59,280	1,670	3249.58
POL	100,760	8,304	1196.54	79,341	7,490	1421.42
PRT	15,273	3,537	591.59	12,163	2,366	663.63
ROU	35,436	6,840	133.30	24,725	5,746	237.21
SVK	17,252	1,617	155.28	13,677	1,577	311.89
SVN	6,094	554	163.78	5,688	494	212.97
ESP	59,822	3,343	1625.10	56,326	14,521	1312.96
SWE	46,589	1,720	2714.63	19,617	1,847	2268.44
SUI	54,543	2,722	4194.49	59,369	2,157	6272.37
SRB	19,104	1,671	150.32	14,055	1,530	184.97

Glavna preokupacija autora u ovom poglavlju je da se efikasnost i produktivnost posmatranih IPO ispituju sa stanovišta pružanja univerzalne poštanske usluge. Zbog toga, shodno sekciji 3.4.1, rezultati rada ovih operatora su usmereni na obim obavljene univerzalne poštanske usluge – pisma i paketi, kao i ostvareni prihod. Dakle, za kvantifikaciju obavljene univerzalne usluge i ostvarene prihode koriste

se tri promenljive – broj pismonosnih pošiljaka u domaćem saobraćaju (y_1), broj paketa (y_2) i operativni prihod (y_3).

Tabela 4.3 Podaci za izlazne promenljive (izvor: [Universal Postal Union, 2019](#))

Zemlja	Izlazi (2003)			Izlazi (2017)		
	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)
AUS	873,129,000	43,673,405	1605.58	5,520,000,000	97,000,000	2040.66
BGR	81,539,469	887,062	39.50	20,784,383	273,930	73.59
CRO	277,406,070	1,900,453	181.60	286,937,319	1,016,253	218.97
CYP	51,800,000	61	28.77	41,655,615	670	27.17
CZE	2,723,299,149	2,025,305	481.88	1,936,418,412	1,118,367	734.50
DNK	1,153,300,000	30,447,000	1418.05	305,000,000	47,200,000	782.68
EST	38,513,980	1,370,020	44.75	13,200,000	3,407,553	92.72
FIN	820,000,000	22,100,000	1165.27	703,000,000	40,100,000	1653.53
FRA	17,201,000,000	254,000,000	15554.98	10,603,000,000	318,000,000	2.981.41
DEU	20,840,000,000	1,531,000,000	41307.59	18,457,000,000	1,323,000,000	62249.22
GBR	20,749,000,000	109,500,000	12224.14	14,400,000,000	1,200,000,000	11454.06
GRC	527,922,600	2,105,647	470.99	22,079,636	1,555,934	341.67
HUN	1,149,701,323	8,992,722	540.11	596,898,000	20,460,000	604.67
IRL	635,400,000	7,168,000	710.62	477,592,000	3,400,000	776.37
ITA	6,343,522,000	22,977,000	7755.94	2,524,283,870	1,473,475	9240.63
LVA	46,456,755	101,907	35.79	25,201,667	66,149	59.39
LTU	40,927,280	117,750	43.45	38,433,214	140,999	71.82
LUX	106,700,000	4,300	124.35	94,321,787	2,056,265	158.50
MLT	43,000,000	214	16.96	29,417,161	287	25.99
NLD	5,384,000,000	40,000,000	3923.32	2,213,000,000	183,000,000	3501.23
POL	2,463,777,833	20,343,320	1235.08	1,664,022,545	20,806,739	1411.27
PRT	979,500,500	7,810,158	644.92	627,190,000	219,000	710.47
ROU	253,834,289	5,074,091	131.06	264,768,493	6,186,609	243.41
SVK	320,746,623	5,035,864	158.87	429,680,676	3,437,112	316.84
SVN	673,559,703	150,521	173.68	836,301,829	8,404,381	220.02
ESP	5,248,430,509	20,512,171	1769.58	2,000,000,000	22,919,828	1551.68
SWE	4,360,000,000	44,900,000	2711.76	1,637,000,000	97,700,000	2320.19
SUI	2,917,000,000	114,000,000	4418.36	2,001,900,000	122,000,000	6809.49
SRB	128,228,619	1,156,033	138.32	279,274,056	921,257	208.43

Vrednosti za troškove i prihode koje se pojavljuju u tabelama 4.2 i 4.3 su originalno izražene u SDR valuti (engl. *Special Drawing Rights*). Međutim, u ovom istraživanju sve SDR vrednosti su pretvorene u evre zbog boljeg razumevanja (1 SDR = 1.1790 EUR for 31.12.2003; 1 SDR = 1.1936 EUR for 31.12.2017).

Tabela 4.4 Opisna statistika za ulazne promenljive (izvor: [Ralević i sar, 2020a](#))

Promenljive	2003. godina				2017. godina			
	Min	Max	Prosek	SD	Min	Max	Prosek	SD
Zaposleni	665	383173	57339	89411	650	472208	50552	95902
Pošte	50	16992	3990	4862	68	17100	3896	4891
Troškovi (mil. €)	12.99	38326.27	3232.34	7675.35	22.52	58530.17	4286.43	11455.62

Tabela 4.5 Opisna statistika za izlazne promenljive (izvor: [Ralević i sar, 2020a](#))

Promenljive	2003. godina				2017. godina			
	Min	Max	Prosek	SD	Min	Max	Prosek	SD
Pisma (mil)	38.51	20840	3325.23	5929.02	13.2	18457	2346.49	4481.75
Paketi (mil)	6.1×10^{-5}	1531	79.22	284.10	2.87×10^{-4}	1323	121.58	324.78
Prihod (mil. €)	16.96	41307.59	3415.70	8181.43	25.99	62249.22	4547.61	12167.46

Tabela 4.6 Procentualne promene ulaznih i izlaznih promenljivih za period 2003–2017 (izvor: [Ralević i sar, 2020a](#))

Promenljive	Promene [%]		
	Min	Max	Prosek
Zaposleni	-2.26	23.24	-11.84
Pošte	36.00	0.64	-2.36
Troškovi (mil. €)	73.36	52.72	32.61
Pisma (mil)	-65.72	-11.43	-29.43
Paketi (mil)	370.49	-13.59	52.47
Prihod (mil. €)	53.24	50.70	33.14

Analizom prosečnih vrednosti posmatranih ulaza (tabela 4.4) i izlaza (tabela 4.5), kao i procentualnih promena (tabela 4.6) u dva razmatrana perioda, mogu da se otkriju opšti trendovi razvoja u poštanskoj industriji. Tako, postoji jasan trend smanjenja radne snage. Prosečan broj zaposlenih, na nivou 29 evropskih zemalja, bio je 57339 u 2003. godine u poređenju sa 50552 u 2017. godini, što je smanjenje za 6787 zaposlenih (11,84%). Najupečatljiviji izuzeci od ovog trenda su IPO iz Nemačke i Švajcarske, gde je broj zaposlenih povećan sa 383183 na 472208 i 54543 na 59369, respektivno. Prema opštim očekivanjima, poštanska mreža je smanjena, što se ogleda u manjem broju pošta. Međutim, poštanska mreža je relativno stabilna, jer je ovo smanjenje samo 2,36% tokom perioda od petnaest godina. Kada je reč o broju usluga, podaci potvrđuju opšti trend da su pisma u padu (29,43%), dok su paketi u porastu (52,47). Prema [Ralević i sar. \(2020a\)](#), objašnjenje

ovog fenomena moglo bi biti u porastu elektronskih komunikacija koje utiču na pisma i razvoj elektronske trgovine, a koja generiše dodatne pakete. Konačno, razmatranjem finansijskih rezultata, povećani su i troškovi i prihodi. Interesantno je da postoji veći porast prihoda (33,14%) u poređenju sa troškovima (32,61%).

4.2 Izvođenje rezultata i optimizacija upotrebom radijalnih DEA modela

U ovoj sekciji monografije biće implementirani radijalni DEA modeli na svakog pojedinačnog IPO iz studije slučaja koja je predstavljena i opisana u sekciji 4.1 unutar CRS i VRS pretpostavke. To će omogućiti da se dobiju rezultati koji se odnose na konkretne smernice o tome kako neefikasni operatori mogu da budu optimizovani, kao i dobijanje informacija koje se odnose na utvrđivanje izvora neefikasnosti. Rezultati će biti izvedeni upotrebom ulazno orijentisanih DEA modela, koji će identifikovati operatore sa dobrom i lošom potrošnjom resursa. S druge strane, primenom izlazno orijentisanih DEA modela može da se otkrije kako se upotreba i potrošnja resursa svakog posmatranog IPO odražavaju na rezultate njihovog rada. Za ovu svrhu upotrebljeni su originalni CCR i prošireni BCC radijalni DEA modeli, koji su detaljno predstavljeni u drugom poglavlju monografije u sekcijama 2.1.1 i 2.1.2, respektivno.

4.2.1 Karakteristike efikasnosti prema radijalnim DEA modelima

U ovom istraživanju efikasnost je bila određena za svaki posmatrani IPO, za dva izolovana perioda, 2003. i 2017. godinu. Ovde, kao što je to bilo nagovešteno, izabrani su CCR i BCC DEA modeli. Prema tome, sa nivoa upotrebe resursa, merenje efikasnosti je zahtevalo korišćenje ulazno orijentisanih DEA modela, dok je sa nivoa postignutih rezultata IPO, merenje efikasnosti podrazumevalo upotrebu izlazno orijentisanih DEA modela. Analitički rezultati dobijeni primenom ulazne i izlazne orijentacije su predstavljeni u tabelama 4.7 i 4.8, respektivno.

Na nivou svih posmatranih IPO, rezultati iz tabela 4.7 i 4.8 ukazuju na porast prosečne efikasnosti prema oba CCR i BCC kriterijuma efikasnosti. Prema tome, prosečna efikasnost je povećana od 0.91677

(1.10060) (CCR) i 0.92909 (1.07322) (BCC) za 2003. godinu do 0.93609 (1.08495) (CCR) i 0.94208 (1.06655) (BCC) za 2017. godinu, respektivno.

Tabela 4.7 Ulazno orijentisane radijalne DEA ocene efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	2003. godina		2017. godina	
	CCR ocena	BCC ocena	CCR ocena	BCC ocena
AUS	0.90358	0.90360	1.00000	1.00000
BGR	0.92528	0.92916	0.75118	0.75394
CRO	0.78720	0.78878	0.95643	0.96936
CYP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
CZE	1.00000	1.00000	0.90097	0.90100
DNK	0.99470	0.99491	0.87086	0.89974
EST	0.94291	1.00000	0.89021	0.89026
FIN	0.89180	0.89193	0.90163	0.90370
FRA	0.82937	0.95801	0.95058	0.97625
DEU	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GBR	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GRC	0.82201	0.82415	0.88762	0.88860
HUN	0.88366	0.88764	0.90074	0.90130
IRL	0.82258	0.83667	0.90470	0.90477
ITA	0.83731	0.91738	0.97371	1.00000
LVA	0.79505	0.79575	0.88826	0.89468
LTU	0.80197	0.80583	0.87906	0.87910
LUX	0.93984	0.99269	0.96176	1.00000
MLT	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
NLD	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
POL	0.88259	0.88738	0.86013	0.87031
PRT	0.87984	0.88229	0.94808	0.94929
ROU	1.00000	1.00000	0.87866	0.88094
SVK	1.00000	1.00000	0.87873	0.89019
SVN	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
ESP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SWE	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SUI	0.92893	0.92976	1.00000	1.00000
SRB	0.71760	0.71764	0.96331	0.96699
Prosek	0.91677	0.92909	0.93609	0.94208

Na osnovu ocena efikasnosti, mogu da se identifikuju operatori koji mogu biti razmatrani kao primeri dobre prakse. Tako, IPO iz Kipra,

Nemačke, Velike Britanije, Malte, Holandije, Slovenije, Španije i Švedske su postigli najbolje rezultate, koji uključuju najviše ocene u oba perioda (CCR = BCC = 1). Dakle, ovi operatori imaju optimalan odnos upotrebljenih resursa i ostvarenih rezultata.

Tabela 4.8 Izlazno orijentisane radijalne DEA ocene efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	2003. godina		2017. godina	
	CCR ocena	BCC ocena	CCR ocena	BCC ocena
AUS	1.10671	1.10667	1.00000	1.00000
BGR	1.08076	1.07685	1.33124	1.32762
CRO	1.27032	1.26746	1.04556	1.03151
CYP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
CZE	1.00000	1.00000	1.10991	1.10988
DNK	1.00533	1.00512	1.14828	1.11647
EST	1.06054	1.00000	1.12333	1.12323
FIN	1.12132	1.12122	1.10910	1.10697
FRA	1.20574	1.04112	1.05199	1.02419
DEU	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GBR	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GRC	1.21653	1.21240	1.12661	1.12534
HUN	1.13166	1.12650	1.11020	1.10938
IRL	1.21569	1.19888	1.10534	1.10524
ITA	1.19430	1.08273	1.02700	1.00000
LVA	1.25778	1.25327	1.12579	1.11884
LTU	1.24693	1.23832	1.13758	1.13623
LUX	1.06401	1.00779	1.03976	1.00000
MLT	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
NLD	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
POL	1.13303	1.12688	1.16261	1.14895
PRT	1.13657	1.13334	1.05477	1.05341
ROU	1.00000	1.00000	1.13810	1.13556
SVK	1.00000	1.00000	1.13801	1.12310
SVN	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
ESP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SWE	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SUI	1.07651	1.07567	1.00000	1.00000
SRB	1.39354	1.38938	1.03809	1.03403
Prosek	1.10060	1.08495	1.07322	1.06655

Prema rezultatima iz tabela 4.7 i 4.8, IPO iz Austrije i Švajcarske mogli bi biti pridruženi prethodnoj grupi operatora jer su postigli napredak. U 2017. godini ova dva IPO su imala punu efikanost ($CCR = BCC = 1$) za razliku od 2003. godine (za IPO iz Austrije $CCR = 0.90358$ (1.10671), $BCC = 0.90360$ (1.10667); za IPO iz Švajcarske $CCR = 0.92893$ (1.07651), $BCC = 0.92976$ (1.07567)). Pored toga, postoje IPO koji su poboljšali svoje performanse u određenoj meri, kao što su IPO iz Hrvatske, Finske, Francuske, Grčke, Mađarske, Irske, Italije, Letonije, Litvanije, Luksemburga, Portugalije i Srbije. Međutim, ovaj pozitivan trend ne važi za sve IPO pojedinačno, jer postoje slučajevi negativne promene efikasnosti. To su IPO iz Bugarske, Češke Republike, Danske, Estonije, Poljske, Rumunije, Slovačke.

Dalje, analiza efikasnosti DEA metodom dopušta da se odrede primeri dobre prakse za operatore koji su određeni kao neefikasni. Zapravo, referentni skup pokazuje koji su to realni i korisni benčmarkovi za neefikasne jedinice odlučivanja. Ovde, autori su odredili referentni skup za svakog neefikasnog operatora iz posmatrane studije slučaja. Ovaj skup čine operatori koji prema CCR ili BCC kriterijumima efikasnosti imaju optimalan odnos upotrebljenih resursa i ostvarenih rezultata. To podrazumeva da ovi operatori ne pokazuju neumerenost u korišćenju resursa - nemaju višak u broju zaposlenih i jedinica poštanske mreže, kao i uvećane operativne troškove. S druge strane, efikasni IPO ne pokazuju odstupanje od optimalne vrednosti za ostvarene pismonosne pošiljke, pakete, kao i za operativne prihode. Kada se razmatraju IPO, treba imati na umu da se svaka zemlja odlikuje specifičnim karakteristikama u poštanskom sektoru. Međutim, bez obzira na to, imenovani poštanski operatori trebalo bi da budu otvoreni za poboljšanje rada, kao i da imaju jedan ili više IPO kao primer koji treba da slede (Ralević, 2014). U vezi s tim, u tabeli 4.9 predstavljeni su rezultati koji se odnose na referentne skupove.

Kao što je poznato, referentni skup obuhvata IPO koji predstavljaju primere dobre prakse, i on može da bude isti ili da se razlikuje od operatora do operatora. Na primer, za 2003. godinu, IPO iz Poljske i Portugalije su imali isti referentni skup - IPO iz Kipra, Češke Republike, Nemačke, Malte i Holandije. Obrnuto, na primer, za 2017. godinu, IPO iz Finske je imao referentni skup koji je obuhvatao IPO iz Austrije, Nemačke, Malte i Švajcarske, dok je IPO iz Grčke imao referentni skup koji su činili IPO iz Austrije, Kipra, Malte i Španije.

Tabela 4.9 Benčmarkovi prema radikalnim DEA modelima (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	Referentni skup IPO	
	2003. godina	2017. godina
AUS	CYP, DEU, NLD	Efikasan
BGR	CZE, DEU, MLT, ROU	CYP, ESP
CRO	CYP, CZE, DEU, MLT, NLD	AUS, MLT, ESP
CYP	Efikasan	Efikasan
CZE	Efikasan	AUS, CYP, ESP
DNK	CYP, DEU, MLT, NLD	GBR, SWE
EST	CZE, DEU, MLT	AUS, GBR, MLT, ESP
FIN	CYP, DEU, MLT, NLD	AUS, DEU, MLT, SUI
FRA	CYP, DEU, GBR, NLD	AUS, DEU, GBR, SUI
DEU	Efikasan	Efikasan
GBR	Efikasan	Efikasan
GRC	CYP, MLT, NLD	AUS, CYP, MLT, ESP
HUN	CYP, CZE, DEU, MLT, NLD	AUS, GBR, MLT, ESP
IRL	DEU, GBR, MLT, NLD	AUS, CYP, MLT, ESP
ITA	CYP, DEU, NLD	AUS, CYP, MLT
LVA	CYP, MLT, NLD	CYP, MLT, ESP
LTU	CYP, MLT, NLD	AUS, MLT, ESP
LUX	DEU, MLT, NLD	AUS, DEU
MLT	Efikasan	Efikasan
NLD	Efikasan	Efikasan
POL	CYP, CZE, DEU, MLT, NLD	AUS, GBR, MLT, ESP
PRT	CYP, CZE, DEU, MLT, NLD	AUS, CYP, MLT, ESP
ROU	Efikasan	CYP, GBR, ESP
SVK	Efikasan	AUS, GBR, MLT, ESP
SVN	Efikasan	Efikasan
ESP	Efikasan	Efikasan
SWE	Efikasan	Efikasan
SUI	DEU, MLT, NLD	Efikasan
SRB	CYP, DEU, NLD	AUS, MLT, ESP

Prema rezultatima iz tabele 4.9, interesantno je uočiti da postoje slučajevi gde se svi elementi referentnog skupa razlikuju za 2017. godinu u poređenju sa 2003. godinom. Na primer, za IPO iz Srbije, za 2003. godinu, benčmarkovi su bili IPO iz Kipra, Nemačke i Holandije, za 2017. godinu, benčmarkovi su bili IPO iz Austrije, Malte i Španije. Konačno, pažljivi čitalac će primetiti da se u 2003. godini IPO iz

Nemačke najviše pojavljuje kao primer dobre prakse, dok ovaj status u 2017. godini ima IPO iz Austrije.

4.2.2 Optimizacija primenom ulazno i izlazno orijentisanih CCR i BCC DEA modela

U ovom istraživanju, za sve neefikasne IPO iz posmatrane studije slučaja za 2017. godinu, optimizacija ulaza u smislu određivanja optimalne vrednosti za broj zaposlenih i jedinica poštanske mreže, kao i za operativne troškove, urađena je primenom ulazno orijentisanih radijalnih DEA modela. Pored toga, ciljne vrednosti za izlaze ovih IPO izvedene su korišćenjem izlazno orijentisanih radijalnih DEA modela. Na ovaj način bilo je moguće dobiti optimalnu vrednost za svaki izlaz posebno - ostvarene pismonosne pošiljke, pakete i operativne prihode. Analitički rezultati su predstavljeni u tabelama 4.10 i 4.11.

Rezultati iz tabela 4.10 i 4.11 pokazuju da IPO koji imaju efikasan status prema oba CCR i BCC kriterijuma efikasnosti ($CCR = BCC = 1$) treba da zadrže tekući nivo ulaza i izlaza. Kao što je to u prethodnoj sekciji bilo utvrđeno, ovi operatori imaju optimalan odnos angažovanih resursa i dobijenih rezultata. Pored toga, IPO iz Italije i Luksemburga su blizu da postignu efikasan status s obzirom na to da su efikasni prema BCC kriterijumu efikasnosti. Svi ostali operatori iz posmatranog uzorka imaju mogućnost da poboljšaju svoju efikasnost promenom odnosa ulaza i izlaza do optimalne vrednosti. U radu [Ralević \(2014\)](#) pokazan je interesantan pristup za izvođenje racionalizacije ulaza imenovanih poštanskih operatora korišćenjem analize stabilnosti. Odgovor na to kakve promene u ulazima i izlazima treba uraditi kod neefikasnih IPO može se dobiti upoređivanjem tekućih vrednosti za ulaze (tabela 4.2) i izlaze (tabela 4.3) za 2017. godinu sa optimalnim vrednostima za ulaze (tabela 4.10) i izlaze (tabela 4.11), respektivno. Na primer, prema oba kriterijuma efikasnosti, IPO iz Mađarske ima višak u svim ulazima i deficit u svim izlazima. Kod ovog operatora, najveći višak je u broju zaposlenih od 18,712 ($30,564 - 11,852 = 18,712$) i 15,616 ($30,564 - 14,948 = 15,616$), a najveći deficit je u broju ostvarenih pisama od 847,071,380 ($1,443,969,380 - 596,898,000 = 847,071,380$) i 215,490,755 ($812,388,755 - 596,898,000 = 215,490,755$) prema CCR i BCC kriterijumima efikasnosti, respektivno. Analogno primeru IPO iz Mađarske, za sve ostale neefikasne operatore, može se izvesti analiza oko neophodnih promena

ulaza i izlaza. Za IPO iz Srbije, između ostalog, korisno je istaći da sa tekućim ulazima pravi veliki deficit u broju paketa od 3,208,856 (4,130,113 - 921,257 = 3,208,856) i 2,908,944 (3,830,201- 921,257= 2,908,944) prema CCR i BCC kriterijumima efikasnosti, respektivno.

Tabela 4.10 Optimizacija ulaza prema radijalnim DEA kriterijumima efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	CCR kriterijum efikasnosti			BCC kriterijum efikasnosti		
	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)
AUS	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
BGR	2,671	689	62.27	2,345	1,506	62.50
CRO	5,988	972	189.04	4,818	985	191.59
CYP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
CZE	7,532	2,347	659.60	7,729	1,520	659.62
DNK	7,494	673	754.79	7,742	668	750.06
EST	1,888	280	82.09	1,805	280	82.09
FIN	14,607	787	1,515.54	14,641	789	1,519.02
FRA	215,471	16,255	21,839.48	221,289	11,952	22,429.26
DEU	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GBR	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GRC	5,455	1,200	302.71	5,461	1,201	303.05
HUN	11,852	2,416	531.77	14,948	2,417	532.10
IRL	7,856	1,027	698.00	7,857	1,027	698.05
ITA	124,682	12,485	8,242.59	Efikasan - tekući nivoi		
LVA	2,156	556	50.25	1,853	912	50.61
LTU	2,335	501	61.28	2,334	501	61.28
LUX	1,308	71	146.73	Efikasan - tekući nivoi		
MLT	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
NLD	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
POL	39,012	6,442	1,222.61	30,063	6,519	1,237.07
PRT	11,531	2,243	629.17	11,546	2,246	629.98
ROU	8,145	2,038	208.43	7,756	2,744	208.97
SVK	8,474	1,386	274.07	6,779	1,404	277.64
SVN	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
ESP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SWE	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SUI	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SRB	9,628	1,474	178.18	6,317	1,479	178.86

Tabela 4.11 Optimizacija izlaza prema radijalnim DEA kriterijumima efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	CCR kriterijum efikasnosti			BCC kriterijum efikasnosti		
	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)
AUS	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
BGR	126,278,227	1,447,138	97.97	132,258,417	1,061,025	97.71
CRO	300,009,653	1,907,433	228.95	444,960,176	6,639,113	225.87
CYP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
CZE	2,149,258,126	36,483,061	815.23	2,149,192,898	37,120,326	815.21
DNK	778,088,870	54,199,033	898.74	774,685,101	52,697,597	873.84
EST	168,924,099	3,827,800	104.16	193,523,218	3,827,482	104.15
FIN	1,853,663,774	49,477,728	1,833.93	1,812,965,599	49,120,095	1,830.41
FRA	48,352,865,169	969,221,092	25,228.09	10,859,446,948	765,003,981	24,561.43
DEU	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GBR	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GRC	800,274,385	10,782,064	384.93	893,790,200	14,585,110	384.50
HUN	1,443,969,380	23,126,788	671.30	812,388,755	22,714,594	670.81
IRL	2,263,617,853	38,948,946	858.16	2,279,548,060	39,596,786	858.08
ITA	21,899,332,839	337,089,211	9,490.14	Efikasan - tekući nivoi		
LVA	86,171,893	987,522	66.86	87,638,072	598,248	66.44
LTU	100,763,545	780,868	81.70	105,356,402	930,794	81.60
LUX	194,392,982	5,090,443	164.80	Efikasan - tekući nivoi		
MLT	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
NLD	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
POL	1,957,205,414	24,190,120	1,640.75	3,370,646,962	53,553,107	1,621.47
PRT	1,536,885,968	20,445,442	749.38	1,744,209,031	28,876,732	748.41
ROU	356,022,249	7,040,982	277.02	360,790,217	7,025,273	276.40
SVK	488,980,491	3,911,465	360.57	724,425,131	11,169,757	355.85
SVN	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
ESP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SWE	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SUI	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SRB	329,732,086	4,130,113	216.37	289,910,515	3,830,201	215.53

U ovoj sekciji monografije autori su pokazali kako mogu da se dobiju korisne informacije u vezi s karakteristikama efikasnosti, kao i kako neefikasni operatori mogu da budu optimizovani. Za tu svrhu, kao što je poznato, oni su koristili radijane DEA modele. U sledećoj sekciji pažnja autora će biti usmerena na izvođenje rezultata merenja efikasnosti IPO korišćenjem određenih neradijalnih DEA modela. Između ostalog, cilj je bio da se na istom uzorku imenovanih poštanskih operatora uporede rezultati merenja efikasnosti dobijenih radijalnim i neradijalnim DEA merenjem.

4.3 Izvođenje rezultata i optimizacija korišćenjem neradijalnih DEA modela

Neradijalno merenje efikasnosti zahteva da se primene i izračunaju određeni DEA modeli. Ovde, za slučaj univerzalne poštanske usluge, rezultati će biti izvedeni na istoj studiji slučaja kao kod radijalnog merenja efikasnosti. Za ovu svrhu korišćeni su neradijalni DEA modeli unutar obe - CRS i VRS pretpostavke, koji su predstavljeni u drugom poglavlju monografije u sekciji 2.2.1.

4.3.1 Karakteristike efikasnosti prema neradijalnim DEA modelima

Efikasnost je ocenjena za svaki posmatrani operator korišćenjem izabranih neradijalnih DEA modela obe orijentacije. Na ovaj način, svaki posmatrani IPO okarakterisan je prema neradijalnom kriterijumu efikasnosti. Analitički rezultati su predstavljeni u tabelama 4.12 i 4.13.

Kod prosečne efikasnosti na nivou svih posmatranih IPO postoji slaganje rezultata između radijalnog i neradijalnog merenja. Naime, kao kod radijalnog merenja, rezultati iz tabela 4.12 i 4.13 pokazuju porast prosečne efikasnosti prema obe CRS i VRS pretpostavke. Ovde, prosečna efikasnost je povećana od 0.70993 (1.34072) (CRS) i 0.74653 (1.29309) (VRS) za 2003. godinu do 0.72253 (1.31025) (CRS) i 0.76225 (1.25736) (VRS) za 2017. godinu, respektivno. Rezultati su potvrdili da je merenje efikasnosti prema neradijalnom kriterijumu strože u poređenju sa radijalnim merenjem. Ovde, ocene prosečne efikasnosti dobijene neradijalnim DEA modelima ulazne orijentacije su manje od ocena dobijenih ulazno orijentisanim radijalnim DEA modelima, dok su ocene prosečne efikasnosti dobijene izlazno orijentisanim neradijalnim DEA modelima veće od ocena dobijenih radijalnim DEA modelima izlazne orijentacije. Dalje, rezultati iz tabela 4.12 i 4.13 kao rezultati iz tabela 4.7 i 4.8, identifikuju IPO iz Kipra, Nemačke, Velike Britanije, Malte, Holandije, Slovenije, Španije i Švedske kao operatore koji imaju efikasan status u oba perioda (CRS = VRS = 1). IPO iz Austrije i Švajcarske, kao kod radijalnog ocenjivanja efikasnosti, postigli su punu efikasnost 2017. godine (CRS = VRS = 1) u poređenju sa 2003. godinom (za IPO iz Austrije CRS = 0.58523 (1.65743), VRS = 0.59348 (1.58381); za IPO iz Švajcarske CRS = 0.80833 (1.21953), VRS = 0.81233 (1.20560)). Konačno,

neradijalno merenje efikasnosti pokazuje za ostale operatore da su poboljšali ili pogoršali svoje performanse. Na primer, između ostalih, za IPO iz Italije i Srbije postoji jasan trend poboljšanja efikasnosti, dok je, recimo, kod IPO iz Bugarske i Češke Republike uočeno pogoršanje.

Tabela 4.12 Ulazno orijentisane DEA ocene efikasnosti prema neradijalnom kriterijumu (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	2003. godina		2017. godina	
	CRS ocena	VRS ocena	CRS ocena	VRS ocena
AUS	0.58523	0.59348	1.00000	1.00000
BGR	0.34593	0.39070	0.29597	0.31092
CRO	0.39453	0.40586	0.46233	0.48072
CYP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
CZE	1.00000	1.00000	0.83960	0.87763
DNK	0.78844	0.80181	0.71214	0.74628
EST	0.37451	1.00000	0.47252	0.61385
FIN	0.61159	0.62268	0.72934	0.76042
FRA	0.70021	0.79076	0.71089	0.72110
DEU	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GBR	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GRC	0.52116	0.53401	0.47149	0.50095
HUN	0.49201	0.49522	0.40522	0.41654
IRL	0.61576	0.62987	0.61324	0.63558
ITA	0.59395	0.59419	0.65684	1.00000
LVA	0.31147	0.33873	0.37206	0.42094
LTU	0.31723	0.34352	0.36772	0.42215
LUX	0.78012	0.93061	0.77375	1.00000
MLT	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
NLD	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
POL	0.45999	0.46084	0.38363	0.38661
PRT	0.58881	0.59251	0.52515	0.53916
ROU	1.00000	1.00000	0.83922	0.86889
SVK	1.00000	1.00000	0.84108	0.87657
SVN	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
ESP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SWE	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SUI	0.80833	0.81233	1.00000	1.00000
SRB	0.29879	0.31211	0.48111	0.52705
Prosek	0.70993	0.74653	0.72253	0.76225

Tabela 4.13 Izlazno orijentisane DEA ocene efikasnosti prema neradikalnom kriterijumu (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	2003. godina		2017. godina	
	CRS ocena	VRS ocena	CRS ocena	VRS ocena
AUS	1.65743	1.58381	1.00000	1.00000
BGR	1.23269	1.12980	1.53910	1.45399
CRO	1.81144	1.79441	1.70921	1.67519
CYP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
CZE	1.00000	1.00000	1.11302	1.11996
DNK	1.12410	1.12156	2.19916	1.94419
EST	1.40997	1.00000	1.18550	1.10755
FIN	1.58041	1.57982	1.40619	1.47882
FRA	1.42176	1.20255	1.26904	1.11719
DEU	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GBR	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GRC	1.24129	1.21193	1.33860	1.27023
HUN	1.30429	1.30373	2.01043	1.92245
IRL	2.03564	2.02551	1.20635	1.10062
ITA	1.70667	1.64932	1.20223	1.00000
LVA	1.96793	1.80570	1.30227	1.58357
LTU	1.97081	1.85674	1.69221	1.73396
LUX	1.50288	1.45595	1.48972	1.00000
MLT	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
NLD	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
POL	1.34513	1.28614	1.30490	1.27082
PRT	1.45223	1.45213	1.68172	1.66075
ROU	1.00000	1.00000	1.18861	1.15442
SVK	1.00000	1.00000	1.19199	1.14557
SVN	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
ESP	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SWE	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
SUI	1.21953	1.20560	1.00000	1.00000
SRB	1.89672	1.83484	1.86687	1.72413
Prosek	1.34072	1.29309	1.31025	1.25736

Rezultati neradikalnog merenja, koji se odnose na određivanje primera dobre prakse za neefikasne operatore, predstavljeni su u tabeli 4.14. Upoređujući rezultate iz tabele 4.9 sa rezultatima iz tabele 4.14, postoje sličnosti i razlike. Na primer, za IPO iz Srbije dobijen je isti referentni skup za 2017. godinu (IPO iz Austrije, Malte i Španije), dok su za IPO iz

Grčke pronađeni različiti primeri dobre prakse - IPO iz Nemačke i Slovenije umesto IPO iz Austrije, Kipra, Malte i Španije. Kod većine ostalih neefikasnih IPO, elementi određenih referentnih skupova dobijeni neradikalnim merenjem su u velikoj meri isti sa elementima dogovarajućih referentnih skupova dobijenih radikalnim merenjem.

Tabela 4.14 Benčmarkovi prema neradikalnim DEA modelima (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

IPO	Referentni skup IPO	
	2003. godina	2017. godina
AUS	DEU, MLT, NLD	Efikasan
BGR	CZE, DEU, MLT, NLD, SVK	AUS, MLT, SUI
CRO	DEU, MLT, NLD, ESP	AUS, MLT, SUI
CYP	Efikasan	Efikasan
CZE	Efikasan	AUS, DEU, MLT
DNK	DEU, MLT, NLD	DEA, GBR,
EST	DEU, NLD, ESP	DEA, GBR, MLT
FIN	DEU, MLT, NLD	AUS, DEU, GBR
FRA	DEU, GBR, NLD	AUS, DEU, GBR
DEU	Efikasan	Efikasan
GBR	Efikasan	Efikasan
GRC	DEU, MLT, NLD	DEU, SVN
HUN	DEU, MLT, NLD, ESP	AUS, DEU, GBR, MLT
IRL	DEU, MLT, NLD	AUS, DEU
ITA	DEU, MLT, NLD	AUS, DEU, MLT, SUI
LVA	MLT, NLD	AUS, DEU, MLT
LTU	MLT, NLD	AUS, DEU, MLT
LUX	DEU, MLT, NLD	AUS, DEU
MLT	Efikasan	Efikasan
NLD	Efikasan	Efikasan
POL	DEU, MLT, NLD, ESP	AUS, DEU, MLT
PRT	DEU, MLT, NLD, SVN	AUS, DEU, MLT
ROU	Efikasan	CYP, GBR, ESP
SVK	Efikasan	AUS, DEU
SVN	Efikasan	Efikasan
ESP	Efikasan	Efikasan
SWE	Efikasan	Efikasan
SUI	DEU, MLT, NLD	Efikasan
SRB	MLT, NLD	AUS, MLT, ESP

4.3.2 Optimizacija primenom ulazno i izlazno orijentisanih neradijalnih DEA modela

U ovoj sekciji monografije, kao u slučaju radijalnog merenja, optimizacija je izvedena na istoj studiji slučaja, a rezultati su predstavljeni za 2017. godinu. Prema tome, optimalne vrednosti za ulaze i ciljne vrednosti za izlaze, za sve neefikasne IPO, prikazane su u tabelama 4.15 i 4.16 prema neradijalnom kriterijumu efikasnosti.

Rezultati iz tabele 4.15 i 4.16 potvrđuju da IPO koji su efikasni unutar obe CRS i VRS pretpostavke ($CRS = VRS = 1$) treba da zadrže tekući nivo ulaza i izlaza (IPO iz Kipra, Nemačke, Velike Britanije, Malte, Holandije, Slovenije, Španije, Švedske, Austrije, Švajcarske). Shodno tome, ovi operatori sa tekućim ulazima i izlazima imaju optimalan odnos angažovanih resursa i ostvarenih rezultata. IPO iz Italije i Luksemburga, kao kod radijalnog merenja, blizu su da ostvare ovaj optimalan odnos jer su efikasni unutar VRS pretpostavke. Ostalih 17 operatora mogu određenim promenama ulaza i izlaza da poboljšaju svoju efikasnost. Konkretno, kakve promene u ulazima i izlazima treba uraditi kod ovih operatora, može da se dobije analogno slučaju radijalnog merenja efikasnosti - upoređivanjem tekućih vrednosti za ulaze (tabela 4.2) i izlaze (tabela 4.3) za 2017. godinu sa optimalnim vrednostima za ulaze (tabela 4.15) i izlaze (tabela 4.16), respektivno.

Optimalne vrednosti u tabeli 4.15 određuju broj zaposlenih i jedinica poštanske mreže, kao i troškove kada se ostvaruju tekuće vrednosti izlaza. S druge strane, ciljne vrednosti u tabeli 4.16 utvrđuju broj pisama i paketa, kao i operativne prihode koji treba da se ostvare na osnovu tekućih ulaza. Između ostalog, u sekciji 4.2.2 otkriveno je da IPO iz Mađarske i Srbije mogu da postignu tekuće izlaze sa manjom potrošnjom resursa, dok sa tekućim ulazima oni bi trebalo da ostvaruju bolje rezultate rada. Međutim, ovi zahtevi za promenama određenih ulaza i izlaza su rigorozniji prema neradijalnom merenju efikasnosti, kao što to pokazuju rezultati iz tabele 4.15 i 4.16. U vezi s tim, za IPO iz Mađarske, na primer, optimalan broj zaposlenih prema neradijalnom kriterijumu je 10,069 (CRS kriterijum) ili 10,524 (VRS kriterijum) u poređenju sa radijalnim merenjem, gde je optimalan broj zaposlenih 11,852 (CCR kriterijum) ili 14,948 (BCC kriterijum). Za IPO iz Srbije, na primer, optimalan broj paketa prema neradijalnom merenju je 6,884,786 (CRS kriterijum) ili 6,213,902 (VRS kriterijum) u poređenju sa radijalnim

merenjem, gde je optimalan broj paketa 4,130,113 (CCR kriterijum) ili 3,830,201 (BCC kriterijum).

Tabela 4.15 Optimizacija ulaza prema neradikalnim DEA kriterijumima efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	CRS pretpostavka			VRS pretpostavka		
	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)
AUS	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
BGR	2,420	1,387	67.79	2,103	1,409	65.41
CRO	4,045	882	197.65	4,406	915	197.65
CYP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
CZE	6,869	1,434	662.40	7,138	1,471	661.85
DNK	7,666	456	732.81	7,890	537	736.09
EST	785	233	87.04	1,201	275	86.70
FIN	12,848	412	1,551.51	13,059	480	1,555.79
FRA	184,554	10,806	22,491.31	187,016	11,141	22,495.80
DEU	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GBR	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GRC	4,592	1,169	321.26	4,749	1,190	324.78
HUN	10,069	2,262	561.99	10,524	2,320	560.62
IRL	6,076	1,006	725.93	6,192	1,008	730.03
ITA	82,131	12,220	8,465.15	Efikasan - tekući nivoi		
LVA	1,745	414	55.71	1,918	475	53.92
LTU	2,058	419	67.24	2,012	477	65.60
LUX	1,238	65	148.25	Efikasan - tekući nivoi		
MLT	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
NLD	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
POL	37,646	5,636	1,306.50	37,978	5,678	1,305.35
PRT	10,704	2,211	661.18	10,900	2,233	663.63
ROU	12,177	2,122	222.57	11,587	2,107	221.31
SVK	2,657	2,159	292.40	2,572	2,213	296.46
SVN	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
ESP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SWE	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SUI	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SRB	9,261	1,323	184.97	6,306	1329	186.04

Interesantno je primetiti da zahtevi za promenama nisu nužno stroži za sve ulaze i izlaze prema neradikalnom merenju. Na primer, za IPO iz

Srbije, razlika između optimalnih prihoda i troškova je 23.46 (208.43 - 184.97 = 23.46) (CRS kriterijum) ili 21.92 (207.95 - 186.04 = 21.91) (VRS kriterijum) miliona evra u poređenju sa radikalnim merenjem kod koga je optimalna razlika prihoda i troškova 38.19 (216.37- 178.18 = 38.19) (CCR kriterijum) ili 36.67 (215.53 - 178.86 = 36.67) miliona evra.

Tabela 4.16 Optimizacija izlaza prema neradikalnim DEA kriterijumima efikasnosti (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	CRS pretpostavka			VRS pretpostavka		
	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)	Pisma	Paketi	Prihod (mil. €)
AUS	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
BGR	111,851,759	9,320,980	88.97	122,106,804	6,724,382	91.20
CRO	286,937,319	16,074,724	218.97	286,937,319	15,269,793	218.97
CYP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
CZE	1,936,418,412	55,459,176	770.95	1,936,418,412	51,548,328	790.06
DNK	2,276,158,645	47,200,000	888.09	2,059,978,063	47,200,000	844.16
EST	342,693,522	3,918,575	96.89	293,745,734	3,407,553	99.14
FIN	2,331,663,814	58,216,474	1,818.99	2,202,913,509	56,280,588	1,817.82
FRA	49,717,866,485	1,007,519,595	25,175.40	15,442,888,654	1,231,618,266	24,511.41
DEU	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GBR	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
GRC	1,171,008,204	15,882,695	366.38	1,162,034,001	15,726,510	366.96
HUN	2,318,294,101	51,398,601	639.93	1,325,696,561	23,297,602	625.36
IRL	1,411,143,505	64,138,762	776.37	1,052,793,102	61,531,447	776.37
ITA	16,536,445,201	732,399,208	9,240.63	Efikasan - tekući nivoi		
LVA	76,327,313	6,360,609	60.71	75,365,106	3,837,120	62.53
LTU	94,053,727	7,837,811	74.81	93,092,711	5,317,444	76.63
LUX	255,840,356	5,647,372	158.50	Efikasan - tekući nivoi		
MLT	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
NLD	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
POL	1,917,853,918	159,821,160	1,525.50	1,926,812,740	157,552,768	1,527.45
PRT	895,399,156	74,616,596	712.22	894,491,971	72,237,407	713.94
ROU	320,055,553	26,671,296	254.58	330,161,164	24,112,535	256.78
SVK	429,680,676	34,817,807	334.59	430,856,195	32,528,127	336.91
SVN	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
ESP	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SWE	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SUI	Efikasan - tekući nivoi			Efikasan - tekući nivoi		
SRB	345,378,998	6,884,786	208.43	309,442,562	6,213,902	207.95

Rezultati optimizacije IPO, koji su određeni kao neefikasni, izvedeni su usredsređujući se na ulaze ili izlaze. U prvom slučaju, rezultati određuju potreban nivo ulaza za dobijanje tekućih izlaza (tabele 4.10 i 4.15), dok u drugom slučaju, rezultati određuju neophodan nivo izlaza prema tekućim ulazima (tabele 4.11 i 4.16).

4.3.3 Optimizacija primenom aditivnog neradijalnog DEA modela

U ovoj sekciji, autori će rezultate optimizacije neefikasnih operatora izvesti korišćenjem aditivnog DEA modela, koji je detaljno opisan u sekciji 2.2.2. Za razliku od prethodno dobijenih rezultata optimizacije, ovde je ideja da se uradi optimizacija koja obuhvata rezultate istovremenog smanjenja ulaza i/ili povećanja izlaza do optimalnog odnosa.

Rezultati aditivnog DEA modela, koji, kao što je poznato, pripada neradijalnom merenju efikasnosti, predstavljeni su u tabelama 4.17 i 4.18. Ovi rezultati omogućavaju da se simultano sagleda višak u ulazu (tabela 4.17) i/ili deficit u izlazu (tabela 4.18) kod neefikasnih IPO. Inerentno je primetiti da se pojavljuju različiti slučajevi IPO u vezi s viškom ulaza i/ili manjkom izlaza. Određeni operatori istovremeno imaju višak/manjak u jedan ili više ulaza/izlaza. Na primer, IPO iz Grčke ima višak samo u broju jedinica poštanske mreže od 805 prema CRS i 623 prema VRS, a istovremeno ima manjak u sva tri izlaza – pisma (1,148,928,568 prema CRS i 1,139,954,365 prema VRS), paketi (14,326,761 prema CRS i 14,170,576 prema VRS) i prihod (14.33 miliona evra prema CRS i 25.29 miliona evra prema VRS). Dalje, na primer, IPO iz Danske ima višak u dva ulaza – jedinice poštanske mreže (316 prema CRS i 150 prema VRS) i troškovi (24.48 miliona evra prema CRS i 13.15 miliona evra prema VRS) i manjak u dva izlaza – pisma (971,158,645 prema CRS i 754,978,063 prema VRS) i prihod (9.49 miliona evra prema CRS i 6.46 miliona evra prema VRS). Konačno, na primer, IPO iz Francuske ima višak u sva tri ulaza – zaposleni (2,532 prema CRS i 2,010 prema VRS), jedinice poštanske mreže (5,631 prema CRS i 5,231 prema VRS) i troškovi (38.17 miliona evra prema CRS i 32.58 miliona evra prema VRS) i manjak u sva tri izlaza – pisma (9,874,208,205 prema CRS i 4,839,888,654 prema VRS), paketi (664,878,642 prema CRS i 913,618,266 prema VRS) i prihod (664.88 miliona evra prema CRS i 530.05 miliona evra prema VRS). Za slučaj IPO iz Srbije, rezultati aditivnog DEA modela pokazuju da ima istovremeno višak u sva tri ulaza i manjak u sva tri izlaza. Konkretno, ovaj operator ima višak u broju zaposlenih od 929 prema CRS i 730 prema VRS, broju jedinica poštanske mreže od 316 prema CRS i 120 prema VRS i operativnim troškovima od 6.32 miliona evra prema CRS i 5.17 miliona evra prema VRS, kao i manjak u broju ostvarenih pisama od 213,123,001 prema CRS i 213,123,001 prema VRS,

broju ostvarenih paketa od 7,323,528 prema CRS i 6,832,390 prema VRS i operativnom prihodu od 7.32 miliona evra prema CRS i 5.09 miliona evra prema VRS.

Tabela 4.17 Racionalizacija ulaza prema aditivnom DEA modelu (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	Višak u ulazu prema CRS			Višak u ulazu prema VRS		
	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)	Zaposleni	Pošte	Troškovi (mil. €)
AUS	Efikasan			Efikasan		
BGR	1,079	2,788	0.00	1,059	2,073	0.00
CRO	663	814	0.00	595	0	0.00
CYP	Efikasan			Efikasan		
CZE	2,313	2,473	0.00	2,262	1,687	0.00
DNK	0	316	24.48	0	150	13.15
EST	0	129	0.00	0	0	0.00
FIN	2,216	0	57.50	2,028	0	56.42
FRA	2,532	5,631	38.17	2,010	5,231	32.58
DEU	Efikasan			Efikasan		
GBR	Efikasan			Efikasan		
GRC	0	805	0.00	0	623	0.00
HUN	14,796	1,313	0.00	11,740	1,884	0.00
IRL	0	27	0.00	0	0	0.00
ITA	398	784	0.00	Efikasan		
LVA	2,570	904	0.00	2,347	728	0.00
LTU	3,466	408	0.00	3,431	280	0.00
LUX	0	12	6.97	Efikasan		
MLT	Efikasan			Efikasan		
NLD	Efikasan			Efikasan		
POL	13,612	3,193	0.00	11,377	3,023	0.00
PRT	0	2,730	0.00	0	1,509	0.00
ROU	8,836	4,232	0.00	8,390	4,196	0.00
SVK	7,167	854	0.00	5,347	803	0.00
SVN	Efikasan			Efikasan		
ESP	Efikasan			Efikasan		
SWE	Efikasan			Efikasan		
SUI	Efikasan			Efikasan		
SRB	929	316	6.32	730	120	5.17

Tabela 4.18 Deficit u izlazima prema aditivnom DEA modelu (izvor: izračunato od strane autora korišćenjem DEA-excel solvera)

Zemlja	Manjak u izlazu prema CRS			Manjak u izlazu prema VRS		
	Pisma	Paketi	Prihodi (mil. €)	Pisma	Paketi	Prihodi (mil. €)
AUS	Efikasan			Efikasan		
BGR	304,751,544	2,997,530	3.00	270,773,781	2,369,562	14.23
CRO	312,236,901	9,333,737	9.33	301,594,485	8,144,072	0.00
CYP	Efikasan			Efikasan		
CZE	938,456,566	27,772,571	27.77	396,092,877	35,587,924	67.13
DNK	971,158,645	0	9.49	754,978,063	0	6.46
EST	329,493,522	511,022	0.51	280,545,734	0	6.41
FIN	1,696,921,669	15,880,095	15.88	1,571,933,114	14,022,989	0.00
FRA	9,874,208,205	664,878,642	664.88	4,839,888,654	913,618,266	530.05
DEU	Efikasan			Efikasan		
GBR	Efikasan			Efikasan		
GRC	1,148,928,568	14,326,761	14.33	1,139,954,365	14,170,576	25.29
HUN	1,721,396,100	2,837,602	2.84	1,327,111,110	8,519,170	38.17
IRL	1,875,130,289	36,801,682	36.80	1,848,861,060	36,386,027	78.75
ITA	787,169,952	418,042,239	418.04	Efikasan		
LVA	185,673,209	2,328,683	2.33	156,087,427	1,411,203	1.68
LTU	235,302,912	2,609,901	2.61	194,474,418	1,929,701	2.43
LUX	161,518,569	3,591,107	3.59	Efikasan		
MLT	Efikasan			Efikasan		
NLD	Efikasan			Efikasan		
POL	3,917,743,535	35,286,991	35.29	2,655,209,739	53,479,851	162.63
PRT	1,663,013,742	30,520,213	30.52	1,507,973,524	32,754,312	14.45
ROU	666,728,538	3,174,432	3.17	641,401,793	3,539,386	3.78
SVK	795,091,977	8,871,191	8.87	691,739,066	10,360,485	14.01
SVN	Efikasan			Efikasan		
ESP	Efikasan			Efikasan		
SWE	Efikasan			Efikasan		
SUI	Efikasan			Efikasan		
SRB	213,123,001	7,323,528	7.32	212,669,843	6,832,390	5.09

4.4 Analiza produktivnosti imenovanih poštanskih operatora

U ovoj sekciji predstavljeni su rezultati koji se odnose na merenje produktivnosti IPO iz posmatrane studije slučaja. Ovi rezultati su objavljeni u radu [Ralević i sar. \(2020a\)](#), a izvedeni su upotrebom MBA koncepta, koji je predstavljen u trećem poglavlju monografije u sekciji 3.2.4. Zapravo, ova analiza treba da otkrije promenu produktivnosti IPO između 2003. i 2017. godine, kao i da ispita izvore promene produktivnosti u smislu tehnologije i efikasnosti obavljanja univerzalne usluge. Rezultati merenja produktivnosti, dobijeni ulaznim i izlaznim

Malmkvistovim pokazateljima produktivnosti (MPI), predstavljeni su u tabeli 4.19.

Tabela 4.19 Rezultati merenja produktivnosti (izvor: [Ralević i sar, 2020a](#))

Zemlja	Malmkvistovi pokazatelji	Komponente			
	MPI* (MPI)	EC* (EC)		TC* (TC)	
AUS	0.51566 (1.93925)	0.90358	(1.10671)	0.57069	(1.75226)
BGR	1.28548 (0.77792)	1.22735	(0.81476)	1.04736	(0.95478)
CRO	0.90468 (1.10537)	0.82273	(1.21547)	1.09960	(0.90942)
CYP	1.13578 (0.88045)	1.00000	(1.00000)	1.13578	(0.88045)
CZE	1.43991 (0.69449)	1.10991	(0.90097)	1.29732	(0.77082)
DNK	0.93976 (1.06411)	1.14220	(0.87551)	0.82276	(1.21542)
EST	1.01815 (0.98217)	1.05746	(0.94566)	0.96283	(1.03861)
FIN	0.99987 (1.00013)	0.98910	(1.01102)	1.01089	(0.98922)
FRA	0.89788 (1.11374)	0.87248	(1.14615)	1.02910	(0.97172)
DEU	0.81714 (1.22377)	1.00000	(1.00000)	0.81714	(1.22377)
GBR	0.56622 (1.76611)	1.00000	(1.00000)	0.56622	(1.76611)
GRC	1.01824 (0.98208)	0.92609	(1.07981)	1.09951	(0.90949)
HUN	0.96231 (1.03917)	0.97847	(1.02200)	0.98348	(1.01680)
IRL	0.91585 (1.09188)	0.90923	(1.09984)	1.00729	(0.99277)
ITA	0.93140 (1.07366)	0.85992	(1.16290)	1.08312	(0.92325)
LVA	1.00198 (0.99803)	0.89411	(1.11844)	1.12065	(0.89234)
LTU	1.01736 (0.98293)	0.91112	(1.09755)	1.11661	(0.89557)
LUX	0.93052 (1.07467)	0.97721	(1.02332)	0.95222	(1.05018)
MLT	1.13690 (0.87958)	1.00000	(1.00000)	1.13690	(0.87958)
NLD	0.90134 (1.10946)	1.00000	(1.00000)	0.90134	(1.10946)
POL	1.06875 (0.93567)	1.02300	(0.97752)	1.04472	(0.95719)
PRT	1.00827 (0.99180)	0.92803	(1.07755)	1.08646	(0.92042)
ROU	1.04417 (0.95770)	1.12413	(0.88958)	0.92887	(1.07658)
SVK	1.12606 (0.88806)	1.13478	(0.88122)	0.99231	(1.00775)
SVN	0.78138 (1.27979)	1.00000	(1.00000)	0.78138	(1.27979)
ESP	1.04710 (0.95502)	1.00000	(1.00000)	1.04710	(0.95502)
SWE	0.81481 (1.22728)	1.00000	(1.00000)	0.81481	(1.22728)
SUI	0.91545 (1.09236)	0.92893	(1.07651)	0.98549	(1.01472)
SRB	0.81927 (1.22060)	0.74427	(1.34360)	1.10078	(0.90845)
Prosek	0.96420 (1.08025)	0.98152	(1.02987)	0.98423	(1.05135)

Rezultati iz kolona 2 i 3 tabele 4.19 pokazuju da je prosečna promena produktivnosti pozitivna kako za ulazni, tako i za izlazni Malmkvistov

pokazatelj produktivnosti. Prema ulaznom MPI, na nivou svih posmatranih IPO, povećanje produktivnosti doseže 8.03% (1.08025) za razmatrani period, dok izlazni MPI (MPI*) ukazuje na porast od 3.58% (0.96420). U vezi s ovim rezultatom, treba spomenuti rad [Iturralde i Quiros \(2008\)](#), gde je korišćenjem ulaznog MPI pronađeno povećanje produktivnosti poštanskog sektora u Evropskoj uniji od 1.4% za period 1999–2003. Dalje, rezultati iz tabele 4.19 ukazuju na to da je do ovog poboljšanja došlo zbog porasta tehničke efikasnosti ($EC^* = 0.98152$ i $EC = 1.02987$) i tehnoloških promena ($TC^* = 0.98423$ i $TC = 1.05135$). Ulazni i izlazni MPI ukazuje na to da je postignut napredak produktivnosti na ukupnom nivou. Pored toga, postoji tehnički i tehnološki napredak otkriven na osnovu ulaznih i izlaznih EC i TC indikatora.

Na pojedinačnom nivou IPO, postoje značajne razlike u promeni produktivnosti tokom vremena. Vrednosti se kreću od -30% do 94% (prema MPI) i -43% do 48% (prema MPI*). IPO iz Češke Republike ima najveći prosečni pad produktivnosti (MPI = 0.69449 i MPI* = 1.4391), dok IPO iz Austrije ima najveći prosečni porast (MPI = 1.93925 i MPI* = 0.51566).

Dekompozicija MPI na sastavne komponente, EC (EC*) i TC (TC*) (videti kolone 4-7 tabele 4.19), identifikovala je velike razlike u tehničkim i tehnološkim promenama na nivou operatora. Tako su, na primer, IPO iz Austrije, Hrvatske, Francuske, Irske, Italije, Letonije i Srbije postigli rast tehničke efikasnosti više od 10% u 2017. godini u poređenju sa 2003. godinom. Obrnuto, može se videti da neki IPO nisu napravili značajne tehničke promene u posmatranom periodu. Ova tvrdnja posebno se odnosi na IPO iz Finske, Grčke, Mađarske, Litvanije, Luksemburga, Portugalije i Švajcarske. Rezultati koji ukazuju na promenu produktivnosti u tehnološkom smislu odnose se na TC indikator. Najveći tehnološki napredak, sa porastom višim od 20%, postignut je u Austriji, Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Sloveniji i Švedskoj.

Zanimljivi zaključci mogu biti izvedeni na osnovu upoređivanja rezultata efikasnosti i produktivnosti. U vezi s tim, postoje IPO koji su postigli napredak u efikasnosti, tj. CCR/BCC i CRS/VRS ocene (2017) > CCR/BCC i CRS/VRS ocena (2003) - ulazno orijentisano radijalno i neradialno merenje (videti tabele 4.7 i 4.12) ili CCR/BCC i CRS/VRS ocene (2017) < CCR/BCC i CRS/VRS ocena (2003) - izlazno orijentisano radijalno i neradialno merenje (videti tabele 4.8 i 4.13), ali je njihova produktivnost smanjena (MPI* >1 ili MPI < 1). To su IPO iz Letonije i

Litvanije. Obrnuto, IPO iz Danske ima CCR/BCC i CRS/VRS ocene (2017) < CCR/BCC i CRS/VRS ocena (2003) (ulazno orijentisano radijalno i neradjalno merenje) ili CCR/BCC i CRS/VRS ocene (2017) > CCR/BCC i CRS/VRS ocena (2003) (izlazno orijentisano radijalno i neradjalno merenje), ali $MPI^* < 1$ or $MPI > 1$. Konačno, IPO iz Nemačke, Velike Britanije, Holandije i Slovenije postigli su najviše ocene efikasnosti u oba perioda i istovremeno povećali produktivnost. S druge strane, IPO iz Kipra i Španije smanjili su svoju produktivnost iako su bili potpuno efikasni u oba perioda.

LITERATURA

- Aigner, D., Lovell, C.A.K., Schmidt, S. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, Vol. 6, No. 1, pp. 21–37.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Ali, A.I., Lerne, C.S., Seiford, L.M. (1995). Components of efficiency evaluation in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, No. 3, pp. 462–473.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00131-U](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00131-U)
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.D., Thanassoulis, E. (1997). Weight restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. *Annals of Operations Research*, Vol. 73, pp. 13–34.
<https://doi.org/10.1023/A:1018968909638>
- Andersen, P., Petersen, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 39, No. 10, pp. 1261–1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Banker, R. D., Morey, R. C. (1986). The use of categorical variables in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 32, No. 12, pp. 1613–1627. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.12.1613>
- Banker, R.D, Charnes, A., Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078–1092.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R.D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 17, No. 1, pp. 35–44.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(84\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0377-2217(84)90006-7)
- Banker, R.D. (1993). Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. *Management Science*, Vol. 39, No. 10, pp. 1265–1273.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1265>
- Banker, R.D., Conrad, R.F., Strauss, R.P. (1986). A comparative application of data envelopment analysis and translog methods: an illustrative study of hospital production. *Management Science*, Vol. 32, No. 1, pp. 30–44. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.1.30>

- Banker, R.D., Thrall, R.M. (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 62, No. 1, pp. 74–84.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90178-C](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90178-C)
- Barr, R.S. (2004). DEA software tools and technology: a state-of-the-art survey. In Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (eds), *Handbook on data envelopment analysis*. Kluwer Academic Publisher, Boston. https://doi.org/10.1007/1-4020-7798-X_18
- Bass, F.M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215–227.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
- Berger, A.N., Humphrey, D.B. (1997). Efficiency of financial institutions: international survey and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, Vol. 98, No. 2, pp. 175–212.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00342-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00342-6)
- Blagojević, M., Ralević, P., Šarac, D. (2020). An integrated approach to analysing the cost efficiency of postal networks. *Utilities Policy*, Vol. 62, 101002, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.101002>
- Boussofiane, A., Dyson, R.G., Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 52, No. 1, pp. 1–15.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90331-O](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-O)
- Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B., Seiford, L., Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production function. *Journal of Econometrics*, Vol. 30, No. 1–2, pp. 91–107.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2)
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, Y., Seiford, L.M. (1994). *Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
<https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5>
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429–444.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, Vol. 27, No. 6 pp. 668–697. <https://doi.org/10.1287/mnsc.27.6.668>

- Charnes, A., Cooper, W.W., Wei, Q.L., Huang, Z.M. (1989). Cone ratio data envelopment analysis and multi-objective programming. *International Journal of Systems Science*, Vol. 20, No. 7, pp. 1099–1118. <https://doi.org/10.1080/00207728908910197>
- Chen, Y. (2003). Non-radial Malmquist productivity index with an illustrative application to Chinese major industries. *International Journal of Production Economics*, Vol. 83, No. 1, pp. 27–35. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00267-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00267-0)
- Cobb, C.W., Douglas, P.H. (1928). A theory of production. *American Economic Review*, Vol. 18, No. 1, pp. 139–165. <https://www.jstor.org/stable/1811556>
- Coelli, T., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., Battese, G.E. (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis, 2nd ed. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/b136381>
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2006). Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/0-387-29122-9>
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2007). Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software, 2nd ed. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8>
- Crew, M. A., Kleindorfer, P. R. (2002). *Postal and Delivery Services: Pricing, Productivity, Regulation and Strategy*. Kluwer Academic Publishers, Boston/London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0253-7>
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, Vol. 19, No. 3, pp. 273–292. <https://doi.org/10.2307/1906814>
- Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers and Operations Research*, Vol. 27, No. 10, pp. 963–973. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00069-6)
- Dobrodolac, M., Drašković, D., Ralević, P., Blagojević, M. (2019). A possible approach for setting strategic directions in the postal industry. Proceedings of 13th International Scientific Conference Postpoint 2019 "Future for the Postal Industry", Žilinská univerzita v Žiline, Žilina, Slovakia, pp. 44–58.

- Dobrodolac, M., Marković, D., Blagojević, M. (2016). Eksploatacija poštanskog saobraćaja. Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta, Beograd.
- Dobrodolac, M., Ralević, P., Marković, D. (2014). An optimization model based on data envelopment analysis: empirical study from the postal industry. Proceedings of the Second International Conference on Traffic and Transport Engineering - ICTTE 2014, Organizer: City Net Scientific Research Center Ltd., University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering and "Kirilo Savić" Institute, Belgrade, pp. 60-68.
- Dobrodolac, M., Ralević, P., Švadlenka, L., Radojičić, V. (2016). Impact of a new concept of universal service obligations on revenue increase in the Post of Serbia. *Promet - Traffic and Transportation*, Vol. 28, No. 3, pp. 235-244. <https://doi.org/10.7307/ptt.v28i3.1835>
- Doyle, J., Green, R. (1994). Efficiency and cross-efficiency in DEA: derivations, meanings and uses. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, pp. 567-578. <https://doi.org/10.2307/2584392>
- Dragojlović, A., Ralević, P., Đurić, D., Vidojević, D., Dobrodolac, M. (2014). Measuring tax administration service levels by using DEA. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, Vol. 48, No. 1, pp. 293-307.
- Dyson, R.G., Thanassoulis, E. (1988). Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 39, pp. 563-576. <https://doi.org/10.2307/2582861>
- Emrouznejada, A., Yang, G-I. (2018). 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. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>
- Evropska komisija. (2015). Commission staff working document, Accompanying the document Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the application of the Postal Services Directive (Directive 97/67/EC as amended by Directive 2002/39/EC and Directive 2008/6/EC). Brussels, Belgium.
- Evropska unija. (1997). Directive 97/67/EC. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:015:0014:0025:EN:PDF>. Preuzeto 18. maja 2020.

- Evropska unija. (2002). Directive 2002/39/EC.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:176:0021:0025:EN:PDF>. Preuzeto 18. maja 2020.
- Evropska unija. (2008). Directive 2008/06/EC.
https://www.ancom.ro/uploads/links_files/Directiva_2008-06_en.pdf. Preuzeto 18. maja 2020.
- Färe, R., Lovell, C.A.K. (1978). Measuring the technical efficiency. *Journal of Economic Theory*, Vol. 19, No. 1, pp. 150-162.
[https://doi.org/10.1016/0022-0531\(78\)90060-1](https://doi.org/10.1016/0022-0531(78)90060-1)
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83. <https://www.jstor.org/stable/2117971>
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society A*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
<https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S. (2008). Efficiency and productivity. In Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S. (eds), *The measurement of productive efficiency and productivity growth*. Oxford University Press, New York.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.001.0001>
- Fukuyama, H. (2014). Radial efficiency measures in data envelopment analysis. In Wang, J. (ed), *Encyclopedia of business analytics and optimization (1967-1976)*. IGI Global, Hershey.
<https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5202-6.ch177>
- Gautier, A., Paolini, D. (2010). Universal service financing in competitive postal markets: one size does not fit all.
<http://www2.ulg.ac.be/crepp/papers/crepp-wp201004.pdf>.
Preuzeto 10. juna 2020.
- Golany, B., Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *OMEGA-International Journal of Management Science*, Vol. 17, No. 3, pp. 237-250. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Grgurović, B., Štrbac, S., Milovanović-Braković, G. (2013). Uticaj tehnologije na budući razvoj poštanskog saobraćaja. *FBIM Transactions*, Vol. 1, No. 1, pp. 56 - 65.
<https://doi.org/10.12709/FBIM.01.01.01.06>
- Hristova, D., Rutherford, A., Anson, J., Luengo-Oroz, M., Mascolo, C. (2016). The international postal network and other global flows as

- proxies for national wellbeing. PLoS ONE, Vol. 11, No. 6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155976>
- International Trade Statistics. (2019). ISO 3166-1 alpha-3 Country Codes. <https://unstats.un.org/unsd/tradekb/knowledgebase/country-code>. Preuzeto 25. maja 2020.
- Iturralde, J. M., Quiros, C. (2008). Analysis of efficiency of the European postal sector. International Journal of Production Economics, Vol. 114, No. 1, pp. 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.03.001>
- Jerkins, L., Anderson, M. (2003). A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, Vol. 47, No. 1, pp. 51–61. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00243-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00243-6)
- Koopmans, T.C. (1951). Activity analysis of production and allocation, Cowles commission for research in economics monograph no. 13. In Koopmans, T.C. (ed), An analysis of production as an efficient combination of activities. Wiley, New York.
- Lampe, H.W., Hilgers, D. (2015). Trajectories of efficiency measurement: a bibliometric analysis of DEA and SFA. European Journal of Operational Research, Vol. 240, No. 1, pp. 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.041>
- Lan, L.W., Erwin, T.J. (2003). 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.
- Lilien, G.L., Rangaswamy, A., De Bruyn, A. (2007). Principles of Marketing Engineering. Trafford Publishing, Bloomington, IN, USA.
- Lin, L.C., Tseng, L.A. (2005). 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.
- Mahajan, V., Wind, Y. (1985). Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance: A Reexamination, in V., Mahajan, Y., Wind, (Eds.), Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance (pp. 3-25), Ballinger, Boston, USA (Chapter 1).
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. Trabajos de Estadística, Vol. 4, No. 2, pp. 209–242. <https://doi.org/10.1007/BF03006863>

- Milutinović, J., Marković, D., Stanivuković, B., Švadlenka, L., Dobrodolac, M. (2020). A model for public postal network reorganization based on DEA and fuzzy approach. *Transport*, Vol. 35, No. 4, pp. 401-418.
<https://doi.org/10.3846/transport.2020.13741>
- OECD. (2011). A New Urban-Rural Typology for NUTS 3 Regions.
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:1501EN_new.PNG
- Oxera. (2007). Funding universal service obligations in the postal sector.
<http://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/Funding-the-USO-in-the-postal-sector.pdf?ext=.pdf>. Preuzeto 25. jula 2020.
- Radojičić, V., Bakmaz, B. (2010). Primena kvantitativnih metoda prognoziranja u telekomunikacijama. Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta, Beograd.
- Radojičić, V., Bakmaz, B., Veličković, S. (2013). Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa. Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta, Beograd.
- Ralević, P. (2014). Model optimizacije resursa javnog poštanskog operatora baziran na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga (doktorska disertacija). Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- Ralević, P., Blagojević, M., Ilić, S. (2019a). Ocenjivanje efikasnosti logističkih performansi korišćenjem radijalnih i neradijalnih DEA modela. VII Međunarodni simpozijum "Novi horizonti 2019 saobraćaja i komunikacija", Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Doboj, str. 473-479.
- Ralević, P., Ilić, S., Gladović, P., Zlatković, D. (2019b). Merenje tehničke efikasnosti mreže linija sistema javnog gradskog transporta putnika korišćenjem neparаметarske DEA analize. *Tehnika*, Vol. 69, No. 3, str. 443-451. <https://doi.org/10.5937/tehnika1903443R>
- Ralević, P., Denda, N., Dobrodolac, M. (2014). Measuring the efficiency of e-commerce functioning considering public postal operators. Proceedings of the International Postal and e-Communications Conference - IPoCC 2014 "Postal Value Chain in an Electronic Age", Organizer: University of Pardubice, Jan Perner Transport Faculty, Publisher: Institut Jana Pernera, o.p.s., Pardubice, Czech Republic, pp. 153-158.

- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D. (2013). Merenje prihodne efikasnosti korišćenjem DEA: empirijska studija iz oblasti poštanskog saobraćaja. *Tehnika*, Vol. 63, No. 6, str. 1135-1142.
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D. (2016). 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. <https://doi.org/10.1007/s10100-014-0369-0>
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D., Finger, M. (2014). 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.
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D., Mladenović, S. (2015). The measurement of public postal operators' profit efficiency by using data envelopment analysis (DEA): a case study of European Union member states and Serbia. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, Vol. 26, No. 2, pp. 159-168. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.3360>
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Švadlenka, L., Šarac, D., Đurić, D. (2020a). Efficiency and productivity analysis of universal service obligation: a case of 29 designated operators in the European countries. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 26, No. 4, pp. 785-807. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.12062>
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Šarac, D. (2020b). Merenje efikasnosti organizacionih performansi – radijalni DEA pristup. *Tehnika* (rad će biti publikovan u broju 6/2020).
- Ralević, P., Šarac, D., Dobrodolac, M., Švadlenka, L. (2020c). Model za merenje efikasnosti i produktivnosti univerzalne poštanske usluge - Novo tehničko rešenje primenjeno na međunarodnom nivou kategorije M81. *Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije*.
- RATEL. (2019). Pregled tržišta telekomunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2018. godini. https://www.ratel.rs/uploads/documents/empire_plugin/5e875a033faeb.pdf. Preuzeto 28. jula 2020.
- Satoh, D. (2001). A discrete Bass model and its parameter estimation. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 44, No. 1, pp. 1-18. <https://doi.org/10.15807/jorsj.44.1>

- Seiford, L.M. (1996). Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art (1978–1995). *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7, pp. 99–137. <https://doi.org/10.1007/BF00157037>
- Seiford, L.M., Thrall, R.M. (1990). Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics*, Vol. 46, No. 1-2, pp. 7-38. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90045-U](https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90045-U)
- Shephard, R.W. (1953). *Cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton. <https://doi.org/10.1002/nav.3800010218>
- Shephard, R.W. (1970). *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton. <https://doi.org/10.1515/9781400871087>
- Simar, L., Wilson, P.W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: how to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*, Vol. 44, No. 1, pp. 49–61. <https://doi.org/10.1287/mnsc.44.1.49>
- Simar, L., Wilson, P.W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, Vol. 136, pp. 31–64. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>
- Thanassoulis, E., Portela, M.C.S., Despić, O. (2008). Data envelopment analysis: the mathematical programming approach to efficiency analysis. In Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S. (eds), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change*. Oxford University Press, New York. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0003>
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, No. 3, pp. 498–509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- Tone, K. (2002). A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, No. 1, pp. 32–41. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00324-1)
- Tone, K., Tsutsui, M. (2009). Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, No. 1, pp. 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>

- Universal Postal Union. (2019).
http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE. Preuzeto 15. juna 2020.
- Universal Postal Union. (2015). Development of postal services in 2014. Berne, Switzerland.
- Wright, P.M., McMahan, G.C. (2011). Exploring human capital: putting human back into strategic human resource management. *Human Resource Management Journal*, Vol. 21, No. 2, pp. 93-104. <https://doi.org/10.1111/j.1748-8583.2010.00165.x>
- Zakon o poštanskim uslugama Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 77/2019). https://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon-o-postanskim-uslugama.pdf. Preuzeto 12. maja 2019.
- Zhu, J. (1996). Data envelopment analysis with preference structure. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 47, No. 1, pp. 136-150. <https://doi.org/10.2307/2584258>
- Zhu, J. (2003). Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA-excel solver, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4246-6>

BELEŠKE O AUTORIMA

Predrag Ralević rođen je 14. marta 1982. godine u Prokuplju. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Blacu kao nosilac Vukove diplome i kao đak generacije. Studije na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu završio je 2006. godine kao student generacije sa prosečnom ocenom u toku studija 9,51. Na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu odbranio je magistarsku tezu 2010. godine i doktorsku disertaciju 2015. godine. Za vreme studija, bio je dobitnik značajnih nagrada i priznanja.

Na Akademiji strukovnih studija Kosovo i Metohija radi kao profesor strukovnih studija za užu naučnu oblast logistika. Na ovoj visokoškolskoj ustanovi, od 2020. godine, šef je Katedre za drumski saobraćaj i transport. U dosadašnjem radu učestvovao je kao mentor ili član komisije u izradi većeg broja završnih i master radova.

U aprilu 2017. godine stekao je zvanje naučni saradnik u oblasti tehničko-tehnoloških nauka – saobraćajno inženjerstvo, a proceduru o izboru u zvanje sproveo je Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu. Savetnik je za bezbednost u transportu opasne robe Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture Republike Srbije. Recenzent je za obrazovno-naučno polje Tehničko-tehnološke nauke Komisije za akreditaciju i proveru kvaliteta (KAPK), Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Pored toga, recenzent je više domaćih i međunarodnih časopisa, od kojih su najpoznatiji *Journal of Applied Engineering Science*, *Journal of Air Transport Management*, *Transport Problems* kao i *British Journal of Applied Science and Technology*.

U svom dosadašnjem naučnom i stručnom radu objavio je više naučnih i stručnih radova iz oblasti saobraćajnog inženjerstva, koji su publikovani u međunarodnim i domaćim časopisima. Između ostalog, publikacije iz oblasti poštanskog saobraćaja objavljene su u sedam uglednih međunarodnih časopisa koji su referisani u najprestižnijoj bazi *Web of Science*. Pored toga, učestvovao je kao član istraživačkog tima u izradi više naučno-istraživačkih projekata.

Momčilo Dobrodolac rođen je 23. jula 1979. godine u Ljubljani (Slovenija), gde je započeo školovanje. Gimnaziju u Kruševcu završio je 1998. godine. Diplomirao je 2003. godine na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Tokom studija obavljao je funkciju prodekana studenta od 2001. do 2004. godine. Na istom fakultetu je magistrirao 2008. i doktorirao 2011. godine. U školskoj 2003/2004. godini bio je student XI generacije Beogradske otvorene škole – BOŠ.

Na Saobraćajnom fakultetu je zaposlen od 2004. godine, za užu naučnu oblast poštanski saobraćaj i mreže. U novembru 2016. izabran je u zvanje vanrednog profesora. Tokom dosadašnjeg rada bio je mentor pri izradi dve doktorske disertacije, 20 master radova, 43 završna rada i član komisija preko 150 master i završnih radova.

Uže oblasti naučnog interesovanja su: tehnologija rada poštanskih sistema, strategija razvoja poštanskog sektora, optimizacija i kvalitet u poštanskom saobraćaju. Autor je preko 100 radova, od kojih je 20 u časopisima sa SCI liste. Autor je univerzitetskog udžbenika pod nazivom *Eksploatacija poštanskog saobraćaja* u izdanju Saobraćajnog fakulteta iz 2016. godine. Član je više uređivačkih odbora međunarodnih časopisa i konferencija: *International Journal for Traffic and Transport Engineering – IJTTE*; *Perner's Contacts*; *International Conference on Traffic and Transport Engineering – ICTTE Belgrade*; *International Scientific Conference POSTPOINT*, Žilina, Slovakia; *International Postal and e-Communications Conference – IPoCC*, Pardubice, Češka Republika. Sekretar je, kao i član programskog odbora, *Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel*, Beograd. Stalni je recenzent u više međunarodnih i nacionalnih časopisa.

Bio je član autorskih timova više naučnoistraživačkih projekata, kako na nacionalnom, tako i na međunarodnom nivou, i rukovodilac projekata koji definišu pravce strateškog razvoja poštanskog sektora u Republici Srbiji. Posедуje licencu Inženjerske komore Srbije 369 – Odgovorni projektant telekomunikacionog saobraćaja i mreža od 2017. godine. Član je Komisije za standarde i srodne dokumente KS A331 Instituta za standardizaciju Srbije za oblast Poštanske usluge. Od 2017. godine angažovan je kao recenzent u Komisiji za akreditaciju i proveru kvaliteta visokog obrazovanja Republike Srbije.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

656.82

РАЛЕВИЋ, Предраг, 1982-

Merenje efikasnosti univerzalne poštanske usluge : radijalni i neradijalni
DEA pristupi / Predrag Ralević, Momčilo Dobrodolac. - 1. izd. - Beograd :
Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2020 (Zemun : Pekograf). - IV, 168 str. :
ilustr. ; 25 cm

Tiraž 40. - Beleške o autorima: str. 167-168. - Bibliografija: str. 157-166.

ISBN 978-86-7395-434-9

1. Добродолац, Момчило, 1979- [аутор]
а) Поштански саобраћај -- Ефикасност

COBISS.SR-ID 28705801