

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Predrag V. Ralević

MODEL OPTIMIZACIJE RESURSA  
JAVNOG POŠTANSKOG OPERATORA  
BAZIRAN NA MERENJU EFIKASNOSTI  
PRUŽANJA POŠTANSKIH USLUGA

doktorska disertacija

Beograd, 2014

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC  
ENGINEERING

Predrag V. Ralević

A MODEL FOR UNIVERSAL SERVICE  
PROVIDER RESOURCE OPTIMIZATION  
BASED ON MEASURING THE  
EFFICIENCY OF POSTAL SERVICES  
PROVIDING

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

**MENTOR:**

**Doc. dr Momčilo Dobrodolac,**  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

**ČLANOVI KOMISIJE:**

**Doc. dr Momčilo Dobrodolac,**  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

**Prof. dr Dejan Marković,**  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

**Prof. dr Valentina Radojičić,**  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

**Prof. dr Snežana Mladenović,**  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

**Doc. dr Dragana Šarac,**  
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Datum odbrane: Beograd, \_\_\_\_\_

*Posvećeno mojim dragim roditeljima, Slavici i Vuksanu*

## MODEL OPTIMIZACIJE RESURSA JAVNOG POŠTANSKOG OPERATORA BAZIRAN NA MERENJU EFIKASNOSTI PRUŽANJA POŠTANSKIH USLUGA

### REZIME

U ovoj disertaciji predmet istraživanja je rešavanje problema optimizacije resursa javnog poštanskog operatora (JPO). Predložen je model koji optimizuje ograničene resurse, troškove i operativne prihode korišćenjem neparametarske analize, DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*). Testiranje i verifikacija predloženog modela izvršeni su na skupu od 27 JPO iz zemalja Evropske Unije i Srbije. Dobijeni rezultati eksplicitno pokazuju da su postojeći resursi i način kako se oni koriste ključni u postizanju rezultata rada, kao i to kako može da bude definisan efikasan operativni plan. Između ostalog, za slučaj javnog poštanskog operatora u Srbiji, rezultati ukazuju da ne postoji višak u broju zaposlenih, dok je višak prepoznat u ukupnom broju jedinica poštanske mreže. Pored toga, predstavljeno je izvođenje analize evaluacije efikasnosti javnog poštanskog operatora tokom vremena.

U disertaciji, predložen je originalni višezlazni i višezlazni model za merenje troškovne efikasnosti, CE (engl. *Cost Efficiency*) dostavnih jedinica poštanske mreže. Analizirana je dostavna mreža javnog poštanskog operatora u Srbiji koja uključuje 1,194 dostavne jedinice. Problem brojnosti i heterogenosti ovih jedinica prevaziđen je definisanjem originalnog algoritma za klasterovanje. Ovaj algoritam je obezbedio poređenje efikasnosti uporedivih jedinica, kao i troetapnu analizu: jedinice-klasteri-mreža. Dobijeni nalaz ukazuje da je posmatrana dostavna mreža troškovno neefikasna (CE=40%). Dalje, dekompozicijom CE objašnjeno je kako nivo troškovne efikasnosti može biti poboljšan. Ilustracije radi, utvrđeno je da najmanje 794 dostavne jedinice imaju mogućnost za poboljšanje samo na osnovu realokacije resursa. Istražen je uticaj ekonomije obima na efikasnost dostavnih jedinica gde je utvrđeno da ona ima jači uticaj na efikasnost malih jedinica u poređenju sa velikim jedinicama. Konačno, na osnovu izvedenih rezultata, dato je obrazloženje zašto predloženi model za merenje troškovne efikasnosti može da bude dragoceno sredstvo za kreatore politike i regulatore iz poštanskog sektora, kao i za menadžere poštanskih operatora.

U disertaciji je predstavljen novi koncept univerzalne poštanske usluge. Suština ovog koncepta je mogućnost da se pošiljalac opredeljuje za uslugu koja bi se obavila u roku do 24 časa od vremena predaje pošiljke na prenos ili za drugu vrstu prenosa koji bi podrazumevao duži rok. Na osnovu toga, predstavljene su tri alternative novog koncepta koje ukazuju da se redefinisanjem univerzalne poštanske usluge može doprineti boljoj diversifikaciji ponude poštanskih usluga. Sa druge strane, u slučaju JPO iz Srbije pokazano je da predloženi koncept nove usluge ima pozitivan uticaj sa stanovišta očekivanih prihoda. To potvrđuju rezultati koji su izvedeni korišćenjem analize vremenskih serija, regresione i korelacione analize, teorije difuzije za prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom (Basov model), kao i metode upitnika i intervjua.

## **KLJUČNE REČI**

Neparametarska analiza (DEA), optimizacija resursa, efikasnost, javni poštanski operatori, dostavne jedinice poštanske mreže, nova poštanska usluga

**Naučna oblast:** Tehničko-tehnološke nauke, Saobraćajno i transportno inženjerstvo

**Uža naučna oblast:** Poštanski saobraćaj i mreže

**UDK broj:** 656.8:519.8(043.3)

## A MODEL FOR UNIVERSAL SERVICE PROVIDER RESOURCE OPTIMIZATION BASED ON MEASURING THE EFFICIENCY OF POSTAL SERVICES PROVIDING

### **RESUME**

In this dissertation the research subject was to solve the problem of resource optimization of Universal Service Provider (USP). The model optimizing the limited resources, expenditure and operating revenue by using nonparametric analysis (DEA) is proposed. The testing and verification of the proposed model were performed on a set of 27 USPs from European Union member states and Serbia. The obtained results explicitly show that existing resources and how they are used are crucial in achieving the performance outcomes as well as to define the efficient operational plan. Among other, in the case of the USP in Serbia, the results indicate that there is not an excess in the number of employees, while the excess is recognized in the total number of permanent post offices. Beside that, in this thesis the derivation analysis of efficiency change over time for universal service provider is presented.

In the dissertation, a multiple-input and multiple-output model for measuring the cost efficiency (CE) of postal delivery branches is proposed. The complete postal network of the Serbian Post delivery offices, which includes 1,194 post office branches is analyzed. The problem of numerous and heterogeneous of delivery offices was overcome by defining a new clustering algorithm. This algorithm enable to compare the branches that operate under the same or similar conditions and a three-level analysis: branches-clusters-network. The findings obtained indicate that the observed delivery network is cost inefficient (CE=40%). Furthermore, the explanation of how the level of CE could be improved is given by the decomposition of cost efficiency. For illustration, the results of this thesis indicate that, at a minimum, 794 delivery branches could improve their efficiency by resource reallocation. An impact of the economies of scale to efficiency of delivery branches is investigated and it indicates that the economies of scale have a stronger impact on small branches compared to large units. Finally, based on obtained results, the rational of how suggested model for measuring the cost efficiency can be beneficial to policy makers from the postal sector and to company managers is provided.

In the dissertation a new concept of universal service obligation is presented. The essence of this concept is a possibility that the sender choose a transit time for his/her shipment, should it be within 24h or more. Based on that, three alternatives to the new concept are presented and they indicate that can contribute to a better diversification of offer of postal services. On the other hand, in the case of the USP from Serbia is demonstrated that the proposed concept of new service has a positive impact from the standpoint of expected revenue. This confirms the results derived by using time series analysis, regression and correlation analysis, the diffusion theory for forecasting demand for new postal service (Bass Model) as well as interview and questionnaire methods.

#### **KEY WORDS**

Nonparametric analysis (DEA), resource optimization, efficiency, universal service providers, postal delivery branches, new postal service

**Scientific field:** Technical and Technological Sciences, Transport and Traffic Engineering

**Field of academic expertise:** Postal Traffic and Networks

**UDK number:** 656.8:519.8(043.3)



## SADRŽAJ

<b>PREGLED TABELA</b> .....	xii
<b>PREGLED SLIKA</b> .....	xiv
<b>1. UVODNA RAZMATRANJA</b> .....	1
1.1    Obrazloženje motiva za izbor teme.....	1
1.2    Polazne hipoteze.....	2
1.3    Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda.....	3
1.4    Istraživački ciljevi.....	4
1.5    Struktura teze.....	5
<b>2. METODOLOGIJA I MODELI ZA MERENJE EFIKASNOSTI</b> .....	11
2.1    Teorijska pozadina merenja tehničke efikasnosti.....	11
2.1.1    Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije.....	12
2.1.2    Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije.....	13
2.1.3    Specijalni slučajevi merenja tehničke efikasnosti.....	14
2.2    Teorijska pozadina merenja ekonomske efikasnosti.....	17
2.2.1    Merenje troškovne efikasnosti.....	17
2.2.2    Merenje prihodne efikasnosti.....	18
2.2.3    Merenje profitne efikasnosti.....	20
2.3    Matematički pristup za merenje efikasnosti.....	22
2.3.1    Modeli za merenje tehničke efikasnosti.....	27
2.3.2    Modeli za merenje ekonomske efikasnosti.....	34
2.3.3    Modeli za rangiranje efikasnih DMU.....	35
2.4    DEA programski paketi i razvojna okruženja.....	37
<b>3. MODEL ZA OPTIMIZACIJU RESURSA - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora</b> .....	40
3.1    Pregled značajne literature.....	40
3.2    Predloženi model za optimizaciju resursa.....	43
3.2.1    Izračunavanje tehničke efikasnosti.....	46

3.2.2	RTS klasifikacija.....	48
3.2.3	Analiza stabilnosti.....	49
3.2.4	Optimalne vrednosti ulaza i izlaza.....	51
3.3	Rezultati optimizacije resursa.....	53
<b>4.</b>	<b>MODEL ZA OPTIMIZACIJU TROŠKOVA I PRIHODA - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora.....</b>	<b>60</b>
4.1	Predloženi model za optimizaciju troškova i prihoda.....	60
4.1.1	Uzorak i promenljive.....	61
4.1.2	DEA metod za merenje profitne efikasnosti.....	63
4.1.3	Optimalne vrednosti za troškove i prihode.....	65
4.2	Rezultati optimizacije troškova i prihoda.....	66
<b>5.</b>	<b>MERENJE PROMENE EFIKASNOSTI - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora za period 2003-2012.....</b>	<b>75</b>
5.1	Malmkvistov koncept.....	76
5.2	Kvantifikacija promene efikasnosti.....	77
5.3	Studija slučaja.....	79
5.4	Rezultati merenja promene efikasnosti.....	81
<b>6.</b>	<b>KORIŠĆENJE NEPARAMETARSKE TEHNIKE ZA MERENJE TROŠKOVNE EFIKASNOSTI DOSTAVNE POŠTANSKE MREŽE.....</b>	<b>85</b>
6.1	Metodologija.....	87
6.2	Studija slučaja na dostavnoj poštanskoj mreži JPO u Srbiji.....	91
6.2.1	Uzorak i algoritam klasterovanja.....	93
6.2.2	Promenljive u modelu rada dostavne jedinice.....	98
6.3	Rezultati i diskusija.....	101
<b>7.</b>	<b>NOVI KONCEPT UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE – Prihodna analiza u funkciji različitih cena poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije".....</b>	<b>108</b>
7.1	Tradicionalni koncept univerzalne poštanske usluge.....	108
7.2	Novi koncept univerzalne poštanske usluge.....	110
7.2.1	Alternativa I.....	112
7.2.2	Alternativa II.....	113
7.2.3	Alternativa III.....	114
7.3	Prognoziranje tražnje za novom uslugom.....	115
7.3.1	Formulacija Basovog modela.....	115

7.3.2	Izračunavanje $p$ i $q$ parametara Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge.....	118
7.3.3	Izračunavanje potencijala tržišta Basovog modela za slučaj nove poštanske usluge.....	120
7.3.4	Primena Basovog modela za procenu tražnje za novom poštanskom uslugom.....	124
7.4	Prihodna analiza u funkciji različitih cena poštanske usluge.....	125
<b>8.</b>	<b>ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>130</b>
8.1	Zaključna razmatranja.....	130
8.2	Ostvareni naučni doprinos disertacije.....	133
8.3	Pravci daljih istraživanja.....	134
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>136</b>
	<b>PRILOG A.....</b>	<b>152</b>
A.1	Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije.....	152
A.2	Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije.....	153
	<b>PRILOG B.....</b>	<b>155</b>
B.1	Karakteristike i upotreba DEA Excel Solver softvera.....	155
	<b>PRILOG C.....</b>	<b>163</b>
C.1	Razvijanje izlaznog Malmkvistovog pokazatelja.....	163
	<b>PRILOG D.....</b>	<b>167</b>
	<b>BIOGRAFIJA AUTORA.....</b>	<b>169</b>
	<b>PRILOG 1. Izjava o autorstvu.....</b>	<b>173</b>
	<b>PRILOG 2. Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada... 174</b>	<b>174</b>
	<b>PRILOG 3. Izjava o korišćenju.....</b>	<b>175</b>

## PREGLED TABELA

<b>Tabela 2.1</b> Primal i dual CCR modela, ulazno orijentisani.....	28
<b>Tabela 2.2</b> Primal i dual CCR modela, izlazno orijentisani.....	29
<b>Tabela 2.3</b> Primal i dual BCC modela, ulazno orijentisani.....	30
<b>Tabela 2.4</b> Primal i dual BCC modela, izlazno orijentisani.....	30
<b>Tabela 2.5</b> Primalna forma CRS i ponderisanog CRS slak-baziranog modela.....	32
<b>Tabela 2.6</b> Dualna forma CRS i ponderisanog CRS slak-baziranog modela.....	33
<b>Tabela 2.7</b> Merenje troškovne i prihodne efikasnosti.....	35
<b>Tabela 2.8</b> Merenje profitne efikasnosti.....	35
<b>Tabela 2.9</b> Rangiranje efikasnih DMU.....	36
<b>Tabela 2.10</b> Komercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela.....	39
<b>Tabela 2.11</b> Nekomercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela.....	39
<b>Tabela 3.1</b> Uzorak.....	44
<b>Tabela 3.2</b> Podaci.....	46
<b>Tabela 3.3</b> Karakteristike efikasnosti.....	54
<b>Tabela 3.4</b> RTS klasifikacija i analiza stabilnosti.....	57
<b>Tabela 3.5</b> Rezultati izvedeni modelom M3.3.....	58
<b>Tabela 3.6</b> Optimizacija.....	59
<b>Tabela 4.1</b> Podaci o cenama.....	63
<b>Tabela 4.2</b> Ocene efikasnosti iz prve etape.....	67
<b>Tabela 4.3</b> Ocene efikasnosti iz druge etape.....	69
<b>Tabela 4.4</b> Vrednosti dualnih promenljivih.....	70
<b>Table 4.5</b> Rangiranje.....	71
<b>Tabela 4.6</b> Optimizacija troškova.....	72
<b>Tabela 4.7</b> Optimizacija prihoda.....	73
<b>Tabela 5.1</b> Ulazne promenljive.....	79
<b>Tabela 5.2</b> Izlazne promenljive.....	79
<b>Tabela 5.3</b> Podaci o ulazima za prvi i drugi period.....	80
<b>Tabela 5.4</b> Podaci o izlazima za prvi i drugi period.....	81
<b>Tabela 5.5</b> Rezultati dobijeni primenom modela M5.1, M5.2, M5.3 i M5.4.....	82

<b>Tabela 5.6</b> Kvantifikacija promene efikasnosti.....	84
<b>Tabela 6.1</b> Režimi dostave.....	92
<b>Tabela 6.2</b> Raspodela jedinica.....	99
<b>Tabela 6.3</b> Opisna statistika za ulaze i izlaze.....	101
<b>Tabela 6.4</b> Ocene troškovne efikasnosti.....	103
<b>Tabela 6.5</b> Dekompozicija troškovne efikasnosti i radna produktivnost.....	104
<b>Tabela 6.6</b> Obezbeđene usluge od strane dostavnih jedinica i klastera.....	106
<b>Tabela 7.1</b> Standardi kvaliteta unutar Evropske Unije.....	109
<b>Tabela 7.2</b> Standardi kvaliteta unutar Republike Srbije.....	110
<b>Tabela 7.3</b> Koncept univerzalne poštanske usluge.....	112
<b>Tabela 7.4</b> Broj ekspres pošijaka (2003-2012).....	119
<b>Tabela 7.5</b> Vrednosti za izračunavanje parametara Basovog modela.....	120
<b>Tabela 7.6</b> Broj pismonosnih i paketskih pošijaka (2003-2012).....	121
<b>Tabela 7.7</b> Prognoziran ukupan broj pošiljaka (2015-2025).....	123
<b>Tabela 7.8</b> Distribucija odgovora koji se odnose na izbor nove $D + 1$ usluge prema ceni.....	124
<b>Tabela 7.9</b> Potencijal tržišta za novom poštanskom uslugom.....	124
<b>Tabela 7.10</b> Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 50%.....	126
<b>Tabela 7.11</b> Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 40%.....	126
<b>Tabela 7.12</b> Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 30%.....	127
<b>Tabela 7.13</b> Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 20%.....	127
<b>Tabela 7.14</b> Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 10%.....	127
<b>Tabela 7.15</b> Prihodna analiza, slučaj bez povećanja cene.....	128
<b>Tabela B.1</b> Ograničenja broja promenljivih i uslova nekih Excel Solver verzija.....	156
<b>Tabela C.1</b> Rezultati dobijeni modelima MC.1, MC.2, MC.3 i MC.4.....	165
<b>Tabela C.2</b> Izlazni Malmkvistov pokazatelj.....	166

## PREGLED SLIKA

<b>Slika 2.1</b> Prikaz tehničke efikasnosti.....	15
<b>Slika 2.2</b> Prikaz dekompozicije troškovne efikasnosti.....	18
<b>Slika 2.3</b> Prikaz dekompozicije prihodne efikasnosti.....	19
<b>Slika 2.4</b> Prikaz dekompozicije profitne efikasnosti.....	21
<b>Slika 2.5</b> DMU <sub>j</sub> okarakterisana sa <i>m</i> ulaza i <i>s</i> izlaza.....	26
<b>Slika 2.6</b> Granica efikasnosti CCR modela.....	28
<b>Slika 2.7</b> Granica efikasnosti BCC modela.....	29
<b>Slika 3.1</b> Predloženi model za optimizaciju resursa.....	43
<b>Slika 3.2</b> JPO kao DMU za merenje tehničke efikasnosti.....	45
<b>Slika 3.3</b> RTS regioni.....	56
<b>Slika 4.1</b> Predloženi model za optimizaciju troškova i prihoda.....	61
<b>Slika 4.2</b> JPO kao DMU za merenje ekonomske efikasnosti.....	62
<b>Slika 4.3</b> Raspodela ocena super-efikasnosti iz prve etape.....	68
<b>Slika 4.4</b> Raspodela ocena super-efikasnosti iz druge etape.....	68
<b>Slika 6.1</b> Segmentacija dostavnih jedinica.....	95
<b>Slika 6.2</b> Višeulazni i višeizlazni model rada dostavne jedinice.....	100
<b>Slika 6.3</b> Veza između SE i ukupnog izlaza razmatrajući klustere.....	107
<b>Slika 6.4</b> Veza između SE i ukupnog izlaza razmatrajući DMU.....	107
<b>Slika 7.1</b> Organizacija dostave (alternativa I).....	112
<b>Slika 7.2</b> Organizacija dostave (alternativa II).....	113
<b>Slika 7.3</b> Organizacija dostave (alternativa III).....	114
<b>Slika 7.4</b> Grafički prikaz Basovog modela.....	116
<b>Slika 7.5.</b> Posmatrana vremenska serija.....	122
<b>Slika 7.6</b> Prognozirani kumulativan broj pošijaka nove usluge (2015-2025).....	125
<b>Slika 7.7</b> Prognozirani ukupan prihod JP "Pošta Srbije" (2015-2025).....	128
<b>Slika A.1</b> Ulazno orijentisana tehnička efikasnost.....	152
<b>Slika A.2</b> Izlazno orijentisana tehnička efikasnost.....	153
<b>Slika B.1</b> DEA Excel Solver meni.....	155
<b>Slika B.2</b> Format radnog lista za unos podataka o DMU.....	156
<b>Slika B.3</b> Dijalog okvir za rešavanje CRS, VRS, NDRS i NIRS modela.....	157
<b>Slika B.4</b> Dijalog okvir za rešavanje slak-baziranih modela.....	157

<b>Slika B.5</b> Stavka "Returns-to-Scale".....	158
<b>Slika B.6</b> Dijalog okvir za izvršavanje RTS procene.....	158
<b>Slika B.7</b> Dve varijante za dijalog okvir pri izvršavanju analize osetljivosti.....	159
<b>Slika B.8</b> Dijalog okvir za merenje efikasnosti: (a) troškovne, (b) prihodne.....	160
<b>Slika B.9</b> Dijalog okvir za merenje profitne efikasnosti.....	161
<b>Slika B.10</b> Dijalog okvir za merenje super-efikasnosti.....	161
<b>Slika B.11</b> Dijalog okvir za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja.....	162

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

Doktorska disertacija pod nazivom "Model optimizacije resursa javnog poštanskog operatora baziran na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga" rađena je u vremenskom periodu od decembra 2012. godine do novembra 2014. godine. Disertacija je napisana na 168 strana. U tekst je uključeno 54 tabele, 38 slika, kao i 158 naučnih referenci. Pored opštih delova (naslovna strana na srpskom i engleskom jeziku, strana sa informacijama o mentoru i članovima komisije, posveta, rezime i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, naučna oblast, uža naučna oblast, UDK broj, sadržaj, pregled tabela i pregled slika) disertacija sadrži 13 strukturnih celina: osam poglavlja, literaturu i četiri priloga. Biografija autora, Izjava o autorstvu, Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada i Izjava o korišćenju su date na kraju disertacije. Rezultati istraživanja u okviru ove disertacije su objavljeni i saopšteni u dva naučna rada u međunarodnim časopisima sa SCI (engl. *Science Citation Index*) liste, **Ralević i sar. (2014a)** i **Ralević i sar. (2014b)**, u jednom naučnom radu publikovanom u nacionalnom časopisu, **Ralević i sar. (2013)**, kao i u tri naučna rada koja su prezentovana na konferencijama i simpozijumima, Dobrodolac, **Ralević i Marković (2014)**, Dobrodolac, **Ralević i Blagojević (2014)**, i Dobrodolac, **Ralević i Stanivuković (2013)**.

### 1.1 Obrazloženje motiva za izbor teme

Poštanske organizacije, pored uticaja koje imaju na razvoj društva, imaju i vrlo značajnu ekonomsku funkciju jer se savremeno poslovanje ne može zamisliti bez korišćenja poštanskih usluga. Ove usluge imaju veliki značaj kako za pravna, tako i za fizička lica. Adekvatno funkcionisanje poštanskih organizacija, gde se, pre svega, podrazumeva prenos informacija i saopštenja, poslovne korespondencije, robe i finansijske usluge, neophodno je za uspešan razvoj privrede.

Osnovni zadatak svake državne politike u oblasti poštanskog saobraćaja je da se obezbedi što kvalitetnija ponuda određenog obima poštanskih usluga koje će se pružati po pristupačnim cenama, na celoj teritoriji, svakoj osobi bez diskriminacije. Ovaj tip usluge naziva se univerzalna poštanska usluga (engl. *Universal Service Obligation*), i po



pravilu, ona se pruža od strane javnog poštanskog operatora, JPO (engl. *Universal Service Provider*). Dakle, značaj ovog operatora, pored toga što pruža komercijalne usluge, je u tome što ima obavezu nametnutu od strane države da pruža i univerzalnu poštansku uslugu. Ova obaveza obezbeđuje određene poslovne pogodnosti, ali stvara i dodatne troškove koje nemaju ostali operatori poštanskih usluga. Važno pitanje je, u svim savremenim državama, način finansiranja univerzalne poštanske usluge. Neke od mogućnosti su uvođenje rezervisanih usluga, formiranje odgovarajućeg kompenzacionog fonda, kao i finansiranje iz državnog budžeta. Bez obzira na izabrani model finansiranja javnog poštanskog operatora, postoji potreba da se zna kako i u kojoj meri su resursi JPO efikasno korišćeni, kao i da li ovi operatori čine sve što mogu da troškovi budu minimalni. To zahteva istraživanje povezano sa optimizacijom resursa javnog poštanskog operatora i sa načinima poboljšanja efikasnosti u radu, što je upravo bio izazov i motivacija za autora da izradi doktorsku disertaciju na ovu temu. Istraživanje definisano na ovaj način, može da bude dragoceno sredstvo za kreatore politike i regulatore iz poštanskog sektora, kao i za menadžere poštanskih operatora. Na osnovu takvog istraživanja, kreatori politike i regulatori mogu da definišu obim univerzalne poštanske usluge, način pružanja iste, kao i da kontrolišu efikasnost rada javnog poštanskog operatora. Sa druge strane, ovo istraživanje omogućava menadžerima da optimizuju rad poštanskih operatora na osnovu analize upotrebljenih resursa i ostvarenih rezultata, troškova i ostvarenih prihoda.

## 1.2 Polazne hipoteze

Imajući u vidu prethodno navedeno, doktorska disertacija prilikom istraživanja polazi od sledećih hipoteza:

- Moguće je sprovesti optimizaciju postojećih resursa javnog poštanskog operatora primenom metoda matematičkog programiranja;
- Na osnovu optimizacije resursa koja je zasnovana na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga javnih poštanskih operatora u Evropskoj Uniji (EU), može da se definiše efikasan operativni plan za javnog poštanskog operatora u Srbiji;

- Dostavna jedinica poštanske mreže može na osnovu alokacije resursa da poboljša svoju efikasnost;
- Redefinisanje univerzalne poštanske usluge može doprineti boljoj diversifikaciji ponude poštanskih usluga i povećati prihode javnog poštanskog operatora.

### 1.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U teoriji operacionih istraživanja, problem optimizacije se razmatra kao problem pronalaženja najboljeg rešenja iz skupa dopustivih rešenja. U zavisnosti da li se za opis problema koriste kontinualne ili diskretne promenljive, postoje kontinualni i diskretni (kombinatorni) optimizacioni problemi. Za rešavanje ovih problema uspešno se koriste deterministički modeli koji pripadaju području matematičkog programiranja (engl. *Mathematical Programming*). Ovi modeli imaju naučni pristup u sagledavanju problema koji se odnose na alokaciju ograničenih resursa unutar skupa ograničenja (organizaciona, tehnološka, finansijska, marketinška i druga) nametnutih prirodom posmatranog problema. Oni mogu da pomognu u donošenju odluka na taj način što omogućavaju informaciju o tome šta je najbolje rešenje, simulaciju posmatranog problema, predviđanje, kao i to šta bi ekspert uradio i zašto. Matematičko programiranje, kao tehnika operacionih istraživanja, više je restriktivna u polju primene nego druge tehnike. Naime, ova tehnika može da pronađe optimalno rešenje problema koji je modeliran. Tako, ako je model dobro izgrađen, rešenje predstavlja dobro rešenje i onda kada se primeni na realan (stvaran) problem. Osnovne komponente modela su promenljive (konačan skup promenljivih koje reprezentuju problem), funkcija cilja (mera kvaliteta dopustivih rešenja) i ograničenja (veze između promenljivih). Kao što je već napomenuto, matematičko programiranje je veoma pogodno za dobijanje optimalnog rešenja za probleme optimizacije ograničenih resursa koji se pojavljuju kod strateškog planiranja, organizacionih i proizvodnih aktivnosti.

U ovoj disertaciji, problem optimizacije ograničenih resursa javnog poštanskog operatora je rešen kroz predloženi model optimizacije na osnovu merenja efikasnosti pružanja poštanskih usluga. Za merenje efikasnosti korišćena je neparametraska analiza obavljanja podataka ili DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*). Ova metoda za evaluaciju efikasnosti koristi linearno programiranje koje pripada području

matematičkog programiranja. Konkretno, u disertaciji za kvantifikaciju efikasnosti primenjeni su: CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) model, BCC (Banker-Charnes-Cooper) model, CRS (engl. *Constant Returns to Scale*) slak-bazirani model, model za RTS (engl. *Return to Scale*) klasifikaciju, model za izvršavanje analize stabilnosti izvedene RTS klasifikacije, VRS (engl. *Variable Returns to Scale*) modeli za izračunavanje profitne, troškovne i prihodne efikasnosti, AP (Anderesen-Petersen) model za određivanje ocena super-efikasnosti i model za izračunavanje Malmkvistovog pokazatelja produktivnosti. Korišćena je analiza vremenskih serija koja spada u statističke trend metode, regresiona i korelaciona analiza. Pored toga, primenjena je i teorija difuzije za prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom, kao i metoda upitnika i intervjua.

#### 1.4 Istraživački ciljevi

Predmet istraživanja u disertaciji je problem optimizacije resursa javnog poštanskog operatora. Shodno tome, postavljeni su sledeći istraživački ciljevi:

- Definisanje modela za optimizaciju resursa javnog poštanskog operatora (treće poglavlje);
- Definisanje modela za optimizaciju prihoda i troškova javnog poštanskog operatora (četvrto poglavlje);
- Izvođenje analize evaluacije efikasnosti javnog poštanskog operatora tokom vremena (peto poglavlje);
- Testiranje i verifikacija predložene metodologije na studiji slučaja javnih poštanskih operatora iz zemalja Evropske Unije i Srbije. Pri tome, cilj je korišćenje podataka iz istog izvora, kao i mogućnost da tačnost korišćenih podataka može biti proverena;
- Definisanje višezlaznog i višeizlaznog modela za merenje troškovne efikasnosti dostavnih jedinica poštanske mreže. Testiranje i verifikacija modela na kompletnoj dostavnoj mreži JP "Pošta Srbije" koja treba da uključi 1,194 dostavne jedinice (šesto poglavlje);
- Definisanje algoritma za klasterovanje dostavnih jedinica poštanske mreže koje su brojne i heterogene sa ciljem da se obezbedi poređenje efikasnosti uporedivih jedinica, kao i troetapna analiza: jedinice-klasteri-mreža (šesto poglavlje);

- Definisanje novog koncepta univerzalne poštanske usluge (sedmo poglavlje);
- Definisanje metodologije za prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom. Testiranje i verifikacija metodologije na slučaju javnog poštanskog operatora u Srbiji (sedmo poglavlje);
- Definisanje metodologije za izvođenje prihodne analize novog koncepta poštanske usluge u funkciji različitih cena poštanske usluge. Sprovođenje pilot projekta u cilju istraživanja spremnosti korisnika da plati veću cenu za novu poštansku uslugu (sedmo poglavlje).

## 1.5 Struktura teze

Osnovni korpus disertacije, sastavljen od osam poglavlja i relevantne literature, omogućava kontinuitet u upoznavanju sa doktorskim radom i rezultatima, dok četiri priloga daju kompletnu informaciju o istraživanjima i rezultatima za pojedine detalje.

U drugom poglavlju, nakon uvoda gde su prikazani istraživački ciljevi i definisan predmet rada, detaljno je predstavljena metodologija, kao i modeli za merenje efikasnosti. U prvom delu ovog poglavlja (odjeljak 2.1 i odjeljak 2.2), data je teorijska pozadina merenja efikasnosti korišćenjem relevantne literature koja pokriva ovu oblast. Posebno je istaknuta praktična primena Debreu-Farelovog (Debreu-Farrell) merenja tehničke efikasnosti, kao i značaj koji imaju funkcije odstojanja (engl. *Distance Function*) u merenju efikasnosti. U tezi, zahtevane funkcije odstojanja bile su dobijene korišćenjem DEA. Tako, funkcije odstojanja za razmatranje tehničke efikasnosti dobijene su primenom originalnog CCR DEA (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978) modela i proširenog BCC DEA (Banker, Charnes, Cooper, 1984) modela, za merenje ekonomske efikasnosti, funkcije odstojanja su izvedene korišćenjem VRS (engl. *Variable Returns to Scale*) DEA modela. U drugom delu ovog poglavlja (pododjeljak 2.3.1), prikazane su i objašnjene primalne i dualne forme oba CCR DEA i BCC DEA modela za slučaj kada je izabrana ulazna ili izlazna orijentacija. Ekonomska efikasnost je razmatrana pristupom koji ima realnu pretpostavku da troškovi za ulaze i cene za izlaze posmatranih javnih poštanskih operatora mogu biti različite. Ovakav pristup u sagledavanju efikasnosti prvi put je bio razvijen u radu (Tone, 2002a), i dalje proširen u radu (Tone i Tsutsui, 2007). U ovom poglavlju (pododjeljak 2.3.2), predstavljeni su

DEA modeli za merenje ekonomske efikasnosti koji koriste nov pristup u merenju. Dodatno, ukazano je na nedostatak koji postoji kada se koriste pomenuti DEA modeli, a koji se odnosi na rangiranje efikasnih jedinica odlučivanja, DMUs (engl. *Decision Making Units*). Pregled analitičkih pristupa koji se koriste za rešavanje ovog problema, dati su u radovima (Adler i sar., 2002; Jablonski, 2011). U disertaciji za rangiranje efikasnih javnih poštanskih operatora bio je korišćen AP model predložen u radu (Anderesen i Petersen, 1993). Na kraju poglavlja (odjeljak 2.4), predstavljeni su komercijalni i nekomercijalni softveri koji mogu da se koriste za rešavanje određenih DEA modela. U tezi, izabrani DEA modeli, rešeni su primenom nekomercijalnog DEA Excel Solver softvera. Ovaj softver zahteva operativni sistem Microsoft Windows, Microsoft Excel 97 ili noviju verziju, a opisan je u (Zhu, 2003). Pored navedenog, drugo poglavlje kao dodatak ima Priloge A i B. U Prilogu A (videti odeljke A.1 i A.2), na konkretnim primerima predstavljena su Debreu-Farelova merenja tehničke efikasnosti. U Prilogu B, date su karakteristike DEA Excel Solver softvera i uputstva za rešavanje DEA modela koji su bili izabrani i korišćeni u disertaciji.

Treće poglavlje sadrži tri celine. U prvoj celini (odjeljak 3.1), naveden je pregled literature koji se odnosi na različite optimizacione probleme ograničenih resursa u poštanskom sektoru. U ovom delu, prikazani su najznačajniji rezultati međunarodnih i domaćih autora. U drugoj celini (odjeljak 3.2), predložen je model za optimizaciju resursa (MOR) javnog poštanskog operatora. Glavna karakterna osobina modela je da se optimizacija bazira na merenju tehničke efikasnosti. To podrazumeva poređenje između posmatranih i optimalnih vrednosti izlaza i ulaza, pri čemu je ono definisano u smislu organizacione ili proizvodne mogućnosti. Predloženi model ima dva paralelna procesa. Prvi proces je vezan za razvrstavanje javnih poštanskih operatora na efikasne i neefikasne u zavisnosti od CCR i BCC ocena. U drugom procesu je izvršena analiza stabilnosti vezano za resurse za svaki JPO posebno, tj. broj zaposlenih sa punim radnim vremenom, broj zaposlenih sa skraćenim radnim vremenom i ukupan broj jedinica poštanske mreže. Donja i gornja granica intervala stabilnosti je određena na osnovu teorema koje su date i dokazane u radu (Seiford i Zhu, 1999b). To je omogućilo da se razmatra racionalizacija resursa kod operatora koji pokazuju neefikasnost. Optimalne vrednosti izvedene su korišćenjem CRS slak-baziranog modela. U trećoj celini (odjeljak

3.3), predloženi model je testiran i verifikovan na posmatranom uzorku javnih poštanskih operatora.

Četvrto poglavlje je organizovano u dva dela. U prvom delu (odeljak 4.1), predložen je model za optimizaciju troškova i prihoda (MOTP) javnog poštanskog operatora. Određivanje optimalnih vrednosti zasniva se na merenju ekonomske efikasnosti. U ovom slučaju, optimum je definisan u smislu vrednosnog cilja JPO gde se efikasnost meri poređenjem posmatranih i optimalnih troškova, prihoda i profita. Predloženi model razmatra nekoliko problema. Prvi problem je merenje profitne efikasnosti, na osnovu koga se određuju javni poštanski operatori koji nemaju optimalan odnos troškova i prihoda. Za tu svrhu izabran je VRS DEA model. Drugi problem je identifikacija uticajnih opservacija. To su JPO iz uzorka koji su okarakterisani kao "nestandardni" jer utiču negativno na objektivnost analize. Oni su otkriveni primenom AP modela. U radu (Banker i Chang, 2006), dokazano je da ovaj model može biti uspešno korišćen za rešavanje ovog problema. Treći problem je rangiranje javnih poštanskih operatora prema postignutom učinku. U ovom delu, 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 sektoru. Tako, razvijeni model, pored toga što ima praktičan značaj u rešavanju problema optimizacije troškova i prihoda, predstavlja novi primer primene matematičkog programiranja u ovoj oblasti. U drugom delu (odeljak 4.2), predloženi model je testiran i verifikovan na istom uzorku javnih poštanskih operatora kao i model za optimizaciju resursa.

U petom poglavlju disertacije, analizirana je efikasnost javnih poštanskih operatora iz zemalja EU i Srbije za dva jednogodišnja vremenska perioda: 2003. i 2012. godinu. To je izvedeno korišćenjem metode koja je u relevantnoj literaturi poznata kao Malmkvistov pokazatelj produktivnosti (engl. *Malmquist Productivity Index*). Teorijski koncept ove metode, predstavljen je u odeljku 5.1. Ideja je bila da se porede način upotrebe resursa posmatranih javnih poštanskih operatora u dva različita perioda vremena. Za slučaj empirijske studije predstavljene u ovom poglavlju, to je zahtevalo da se razviju četiri modela linearnog programiranja zasnovanih na radijalnom DEA pristupu ulazne orijentacije. Oni su prikazani u odeljku 5.2. Proizvodna aktivnost posmatranih poštanskih operatora je bila definisana sa tri ulazne i tri izlazne promenljive. Resursi su razmatrani na osnovu ukupnog broja zaposlenih, broja jedinica

poštanske mreže i operativnih troškova. Sa druge strane, rezultati rada poštanskih operatora su bili okarakterisani brojem prenetih pismonosnih pošiljaka u domaćem saobraćaju, brojem paketskih pošiljaka i operativnim prihodima. Konačno, analitički rezultati merenja promene efikasnosti na posmatranoj studiji javnih poštanskih operatora, predstavljeni su u odeljku 5.4. Peto poglavlje, pored navedenog, kao dodatak sadrži Prilog C. U tom prilogu je razvijanjem izlaznog Malmkvistovog pokazatelja, potvrđena tačnost rezultata koji su bili dobijeni u petom poglavlju.

U šestom poglavlju teze, predložen je višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti (engl. *Cost Efficiency*) dostavne poštanske mreže. Predloženi model je ilustrovan korišćenjem podataka o dostavnim jedinicama JPO u Srbiji za jedan vremenski period (2011. godina). Jedinice su razmatrane korišćenjem neparametarske analize - DEA. Obrazloženje za analizu samo troškovne efikasnosti dostavnih jedinica je u tome što ovaj tip pošte podrazumeva veće troškove u poređenju sa jedinicama bez dostave. Problem merenja troškovne efikasnosti dostavnih jedinica poštanske mreže bio je razmatran u radovima (Cazals i sar., 2008; Horncastle i sar., 2006). U studiji (Cazals i sar., 2008), ovaj problem je bio rešen korišćenjem originalne metode (engl. *Order-m Frontier*) razvijene u radu (Cazals i sar., 2002). U studiji (Horncastle i sar., 2006), troškovna efikasnost dostavnih jedinica je izmerena korišćenjem parametarske i neparametarske analize. Za razliku od ovih studija, u ovom poglavlju, predložen je višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti. Zbog toga, korišćen je neparametarski pristup. S obzirom da su dostavne jedinice brojne i heterogene, što je posebno istaknuto, to je zahtevalo da bude uveden odgovarajući algoritam za klasterovanje. Ovaj algoritam je omogućio segmentaciju posmatranih jedinica unutar klastera, što obezbeđuje poređenje međusobno uporedivih jedinica, kao i troetapnu analizu: jedinice-klasteri-mreža. Celishodnost klastering algoritma je ispitana na osnovu koeficijenta varijacije, CV (engl. *Coefficient of Variation*). Izabrane su promenljive koje se odnose na faktor rada (broj šalterskih radnika, broj dostavljača, menadžeri i radnici za sortiranje pošiljaka ili pripremanje dokumenata) i faktor kapitala (ukupni operativni troškovi objekata i broj dostavnih vozila). Rezultati rada dostavnih jedinica su posmatrani odvojeno za prikupljanje (engl. *Collection*) pošiljaka i dostavu (engl. *Delivery*) pošiljaka. Sa jedne strane, za procenu rezultata dostavne jedinice koji se odnosi na prijem, uvedene su dve promenljive (primljena pisma, ekspres pošiljke i

paketi i broj finansijskih usluga). Sa druge strane, karakteristike dostave su procenjene na osnovu četiri varijable (dostavljena pisma, dostavljeni paketi, dostavljene ekspres pošiljke i dostavljene uputničke pošiljke). Izvedeni su rezultati koji bi mogli da imaju praktičan značaj za kreatore politike iz poštanskog sektora i menadžere poštanskih operatora. Kreatorima politike, predloženi model može da pomogne u vezi sa određivanjem obima univerzalne poštanske usluge; menadžerima, model omogućava da optimizuju poštansku mrežu.

U sedmom poglavlju, definisan je novi koncept univerzalne poštanske usluge i razmatran za uslove koji postoje u Republici Srbiji. Ovaj koncept u odnosu na tradicionalni, uspostavlja promene u tehnološkom procesu prenosa pošiljaka, a posebno u poslednjoj fazi, tj. dostavi. Težište koncepta je na specificiranju roka od strane pošiljalaca u kojem on želi da mu se pošiljka prenese. Tako, pošiljalac bi se opredeljivao za uslugu prenosa koja bi se obavljala u roku do 24 časa od vremena predaje pošiljke na prenos ili za drugu vrstu prenosa koji bi podrazumevao duži rok. To zahteva da se dostava vrši svakog radnog dana samo za one pošiljke koje su primljene na prenos sa rokom od 24 časa za uručenje primaocu. Za sve ostale pošiljke dostava bi se obavljala po vršnim danima. Tehnološki proces prenosa pošiljaka, određen na ovaj način, omogućio bi racionalizaciju resursa kod javnog poštanskog operatora, preciznije, smanjenje broja stalno zaposlenih koji su angažovani na dostavi. Sa druge strane, to bi zahtevalo povećanje broja radnika sa nepunim radnim vremenom. U ovom poglavlju, bili su istraženi efekti uvođenja novog koncepta univerzalne poštanske usluge u JP "Pošta Srbije" sa stanovišta prihoda. Prihodna analiza je izvedena u funkciji različitih cena nove poštanske usluge koje su više u odnosu na cenu tradicionalne poštanske usluge. To je zahtevalo da se izvrši prognoziranje tražnje za novom uslugom, što je urađeno korišćenjem Basovog modela (Bass, 1969). Parametri inovacije i imitacije u ovom modelu, određeni su na osnovu podataka o broju ekspres pošiljaka koje je JPO u Srbiji ostvario u vremenskom periodu 2003-2012. Naime, ekspres pošiljke bile su uvedene kod ovog operatora kao nova usluga 2002. godine. Tako, parametri inovacije i imitacije za slučaj nove poštanske usluge procenjeni su primenom regresione analize, korišćenjem analogije sa nekom drugom tehnologijom za koju su ovi parametri poznati. Potencijal tržišta nove poštanske usluge određen je korišćenjem analize vremenskih serija (engl. *Time Series Analysis*), kao i pilot projekta koji je bio potreban da bi se



istražila spremnost korisnika da plate veću cenu za novu poštansku uslugu. Primer anketnog obrasca korišćenog u ovom istraživanju, predstavljen je u Prilogu D ove disertacije. Konačno, prihodna analiza je urađena za period vremena 2015-2025, za slučajeve povećanja cene od 50%, 40%, 30%, 20% i 10% za novu uslugu u odnosu na cenu za tradicionalnu uslugu. Pored toga, ova analiza je izvedena i za slučaj bez povećanja cene, što podrazumeva da na tržištu poštanskih usluga postoji jedino tradicionalna usluga (ne postoji mogućnost izbora između nove i tradicionalne usluge).

## 2. METODOLOGIJA I MODELI ZA MERENJE EFIKASNOSTI

U ovom poglavlju predstavljena je teorija merenja tehničke i ekonomske (ukupne) efikasnosti. Pored toga, prikazani su DEA modeli koji su u disertaciji bili korišćeni za realizaciju određenih istraživačkih ciljeva. Dodatno, u ovom poglavlju, predstavljeni su softveri koji mogu da se koriste za rešavanje izabranih DEA modela.

### 2.1 Teorijska pozadina merenja tehničke efikasnosti

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 organizacije se odnosi na poređenje između posmatranih i optimalnih vrednosti njenih izlaza i ulaza. Tako, mogu se porediti posmatrani izlazi sa maksimalno mogućim izlazima koji mogu da se dobiju od ulaza, ili mogu se porediti posmatrani ulazi sa minimalno potrebnim ulazima koji su neophodni za stvaranje izlaza, ili kombinacija ova dva poređenja. U ovim poređenjima, optimum je definisan u smislu organizacione ili proizvodne mogućnosti, a efikasnost je tehnička (engl. *Technical Efficiency*). Takođe, moguće je definisati optimum u smislu vrednosnog cilja organizacije. U ovom slučaju, efikasnost se meri poređenjem posmatranih i optimalnih troškova, prihoda i profita. U takvim poređenjima, optimum je izražen u vrednosnom smislu, a efikasnost je ekonomska (engl. *Economic Efficiency*).

Efikasnost ima tehničku i alokativnu komponentu. Tehnička komponenta efikasnosti se odnosi na sposobnost da se izbegnu gubici koji mogu da nastanu u pravljenju izlaza, korišćenjem tehnologije i ulaza. Tako, analiza tehničke efikasnosti može imati orijentaciju na uvećanje izlaza (izlazno orijentisana) ili orijentaciju na uštedu ulaza (ulazno orijentisana). Alokativna komponenta efikasnosti (engl. *Allocative Efficiency*) se odnosi na sposobnost da se kombinuju ulazi i/ili izlazi u optimalnoj srazmeri s obzirom na važeće cene.

Formalnu definiciju tehničke efikasnosti dao je Kopmans (Koopmans, 1951), prema kojoj je organizacija (koja proizvodi ili pruža usluge) 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. To znači da tehnički neefikasna organizacija, može da napravi iste izlaze sa ulazima od kojih najmanje jedan od ulaza može da bude manji, ili može korišćenjem istih ulaza da napravi izlaze od kojih najmanje jedan od izlaza može da bude veći.

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

Neka organizacija 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. Organizaciona (proizvodna) tehnologija transformiše ulaze (resurse) u izlaze (rezultate rada), praveći kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki izvodljive. Tako, tehnologija može biti predstavljena organizacionim (proizvodnim) skupom, kao što je to prikazano u (2.1).

$$T = \{(y, x) : x \text{ može da napravi (proizvede) } y\} \quad (2.1)$$

Prema Kopmansovoj definiciji, organizacija za koju postoji  $(y, x) \in T$  je tehnički efikasna ako, i samo ako,  $(y', x') \notin T$  za  $(y', x' - \Delta x) \geq (y, x - \Delta x)$ ,  $\Delta x_i \geq 0$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ . Relacija poretka  $\geq$  i  $\leq$  nad skupovima oblika  $(R^+)^n$  koriste se u ovoj disertaciji u skladu sa definicijom datom u radu (Koopmans, 1951).

### 2.1.1 Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije

U ovom pododeljku, biće prikazan razvoj Debreu-Farelovog merenja tehničke efikasnosti ulazne orijentacije. Organizaciona tehnologija predstavljena u (2.1), može biti prikazana i organizacionim skupovima okarakterisanih sa ulazima (videti 2.2), 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  $E(y) = \{x : x \in L(y), x' \notin L(y), x' \leq x\}$  i tri skupa koji zadovoljavaju  $E(y) \subseteq I(y) \subseteq L(y)$ .

$$L(y) = \{x : (y, x) \in T\} \quad (2.2)$$

U relaciji (2.3), 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  $D_I(y, x) = 1$ .

$$D_I(y, x) = \max \{\lambda : (x/\lambda) \in L(y)\} \quad (2.3)$$

U relaciji (2.4), Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije, predstavljeno je kao vrednost funkcije.

$$TE_I(y, x) = \min \{\theta : \theta x \in L(y)\} \quad (2.4)$$

Na osnovu (2.3), dobija se jednakost (2.5). Ako  $x \in L(y)$ , tada je  $TE_I(y, x) \leq 1$ , ako  $x \in I(y)$ , tada je  $TE_I(y, x) = 1$ .

$$TE_I(y, x) = \frac{1}{D_I(y, x)} \quad (2.5)$$

### 2.1.2 Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije

U mnogim slučajevima postoji potreba da se meri tehnička efikasnost izlazno orijentisana. Za tu svrhu, organizaciona tehnologija je prikazana u (2.6). Ovde, tehnologija je predstavljena skupovima koji su okarakterisani 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  $E(x) = \{y : y \in P(x), y' \notin P(x), y' \geq y\}$ , kao i tri skupa koji zadovoljavaju  $E(x) \subseteq I(x) \subseteq P(x)$ .

$$P(x) = \{y : (y, x) \in T\} \quad (2.6)$$

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 (2.7). 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  $D_o(x, y) = 1$ .

$$D_o(x, y) = \min\{\lambda : (y/\lambda) \in P(x)\} \quad (2.7)$$

Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije, predstavljeno je u (2.8).

$$TE_o(x, y) = \max\{\phi : \phi y \in P(x)\} \quad (2.8)$$

Na osnovu (2.7), može da se izvede relacija (2.9). Ako  $y \in P(x)$ , tada je  $TE_o(x, y) \geq 1$ , ako  $x \in I(x)$ , tada je  $TE_o(x, y) = 1$ .

$$TE_o(x, y) = \frac{1}{D_o(x, y)} \quad (2.9)$$

### 2.1.3 Specijalni slučajevi merenja tehničke efikasnosti

U prethodnoj analizi, pretpostavke su da postoji više ulaza ( $m > 1$ ), kao i više izlaza ( $s > 1$ ). Ulazna funkcija odstojanja, za slučaj kada postoji jedan ulaz ( $m = 1$ ) i više izlaza ( $s > 1$ ), predstavljena je u (2.10).

$$D_I(y, x) = \frac{x}{g(y)} \geq 1 \Leftrightarrow x \geq g(y) \quad (2.10)$$

U relaciji (2.10),  $g(y)$  je minimalna vrednost potrebnog ulaza za stvaranje izlaza  $y$ , tj.  $g(y) = \min\{x : x \in L(y)\}$ . Debreu-Farelovo merenje efikasnosti postaje odnos minimalnog ulaza i stvarnog ulaza (videti 2.11).

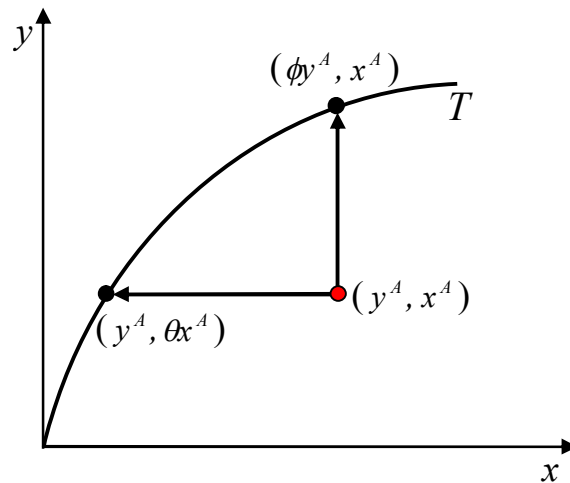
$$TE_I(y, x) = \frac{1}{D_I(y, x)} = \frac{g(y)}{x} \leq 1 \quad (2.11)$$

Za slučaj kada postoji jedan izlaz ( $s = 1$ ), a više ulaza ( $m > 1$ ), izlazna funkcija odstojanja je predstavljena u (2.12).

$$D_o(x, y) = \frac{y}{f(x)} \leq 1 \Leftrightarrow y \leq f(x) \quad (2.12)$$

U relaciji (2.12),  $f(x)$  je maksimalna vrednost izlaza koja može da se napravi sa ulazima  $x$  ili  $f(x) = \max\{y : y \in P(x)\}$ . Tako, Debreu-Farelovo merenje efikasnosti, sada postaje odnos maksimalnog izlaza i stvarnog izlaza (videti 2.13).

$$TE_o(x, y) = \frac{1}{D_o(x, y)} = \frac{f(x)}{y} \geq 1 \quad (2.13)$$



Slika 2.1 Prikaz tehničke efikasnosti

Na slici 2.1, predstavljena je tehnička efikasnost (slučaj kada ulazni vektor ima jedan ulaz, a izlazni vektor ima jedan izlaz) koja može da se postigne korišćenjem tehnologije  $T$ , kao i njena granična vrednost, tj. granica efikasnosti označena kontinualnom linijom. Organizacija  $A$ , data na slici 2.1, nalazi se unutar tehnologije  $T$  ostvarujući proizvodni plan  $(y^A, x^A)$ . Detaljnije,  $A$  koristi tehnologiju  $T$ , i sa ulaznim vektorom  $x^A$  ostvaruje izlazni vektor  $y^A$ . Tehnička efikasnost koju  $A$  postiže, može biti izmerena horizontalno sa orijentacijom na uštedu ulaza (2.5) ili vertikalno sa orijentacijom na uvećanju izlaza (2.9). Za prvi slučaj je  $TE_I(y^A, x^A) = \frac{\theta x^A}{x^A} \leq 1$ , dok je za drugi slučaj  $TE_o(x^A, y^A) = \frac{\phi y^A}{y^A} \geq 1$ . Prema tome, posmatrana organizacija  $A$  sa svojim tekućim ulazima i izlazima, iako koristi  $T$ , ne postiže rezultate koji mogu da se postignu sa datom tehnologijom.

Organizacija  $A$  može da poveća svoju tehničku efikasnost do granice efikasnosti, ako svoje tekuće ulaze smanji na nivo ulaza  $\theta x^A$  ili ako svoje tekuće izlaze uveća na nivo izlaza  $\phi y^A$ . Dodatno,  $A$  može da poveća svoju tehničku efikasnost do granice efikasnosti, ako simultano smanjuje tekuće izlaze i uvećava tekuće ulaze dok ne stigne do efikasne tačke na liniji  $T$  između  $(y^A, \theta x^A)$  i  $(\phi y^A, x^A)$ .

U Prilogu A doktorske disertacije, predstavljena su Debreu-Farelova merenja tehničke efikasnosti obe orijentacije. 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.  $P(x) = \{y : (y, x) \in T \wedge y \in (R^+)^2\}$ . Prvi primer merenja efikasnosti je predstavljen u odeljku A.1, dok je drugi slučaj predstavljen u odeljku A.2.

Značajna osobina Debreu-Farelovih merenja tehničke efikasnosti je da se ne podudaraju u potpunosti sa Kopmansovom definicijom tehničke efikasnosti. Kopmansova definicija zahteva da DMU pripada u oba efikasna podskupa, kao što je to determinisano u (2.2) i (2.6), 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 nepotuno 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 nedovoljno ostvarenih izlaza, tj. u izlazima mogu da postoje slakovi (engl. *Output Slacks*), i pored izvršene optimalne radijalne projekcije. Generalno, postojanje slakova u ulazima pokazuje da ulazi nisu potpuno iskorišćeni, dok postojanje slakova u izlazima ukazuje da izlazi nisu potpuno ostvareni.

## 2.2 Teorijska pozadina merenja ekonomske efikasnosti

Kada se meri ekonomska efikasnost (engl. *Economic Efficiency*), ne postoji razlika između definisane i izmerene efikasnosti. Definisanje i merenje ove efikasnosti zahteva specifikaciju ekonomskog cilja i informaciju o relevantnim cenama. U literaturi, ekonomska efikasnost može da bude pronađena pod nazivom ukupna efikasnost (engl. *Overall Efficiency*). Ovu efikasnost moguće je izmeriti kao troškovnu efikasnost (engl. *Cost Efficiency*), prihodnu efikasnost (engl. *Revenue Efficiency*) ili profitnu efikasnost (engl. *Profit Efficiency*).

### 2.2.1 Merenje troškovne efikasnosti

Merenje troškovne efikasnosti je određeno odnosom minimalno potrebnih troškova i stvarnih troškova. Tako, ovo merenje zavisi od ulaznih cena. Organizaciona jedinica postiže najbolji učinak ako je troškovno efikasna, dok su performanse manje ako jedinica pokazuje troškovnu neefikasnost.

U relaciji (2.14), predstavljena je minimalna funkcija troškova ili troškovna granica, pod pretpostavkom da su organizacione jedinice suočene sa ulaznim cenama  $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_m) \in (R^+)^m$ , pri čemu je cilj minimiziranje troškova. Ulazna funkcija odstojanja je prikazana u (2.15). Jednakošću (2.16), predstavljeno je merenje troškovne efikasnosti kao odnos minimalno potrebnih troškova i stvarnih troškova, pri čemu je  $w^{tr}$  transponovana vektor-vrsta  $w$ .

$$c(y, w) = \min_x \{w^{tr} x : D_I(y, x) \geq 1\} \quad (2.14)$$

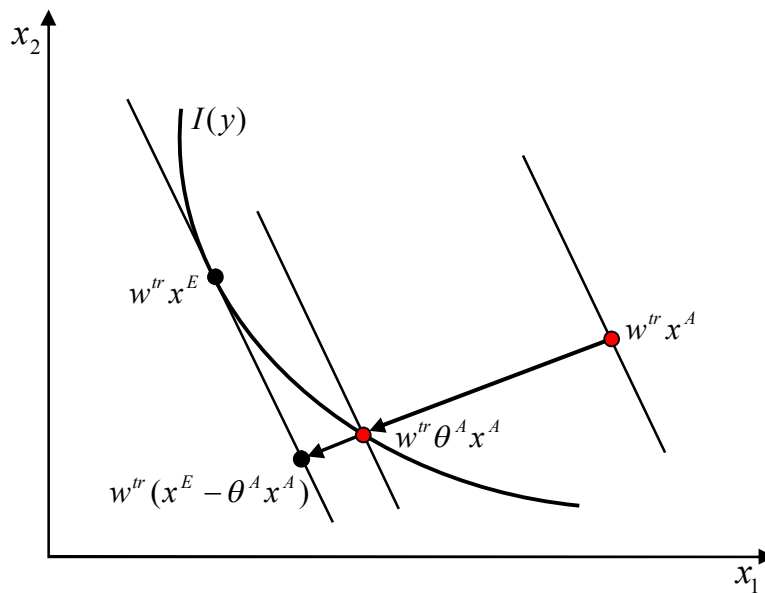
$$D_I(y, x) = \min_w \{w^{tr} x : c(y, w) \geq 1\} \quad (2.15)$$

$$CE(x, y, w) = \frac{c(y, w)}{w^{tr} x} \quad (2.16)$$

Merenje alokativne efikasnosti ulazne orijentacije (2.17), određuje se na osnovu (2.4) i (2.16).

$$AE_I(x, y, w) = \frac{CE(y, x, w)}{TE_I(y, x)} \quad (2.17)$$





Slika 2.2 Prikaz dekompozicije troškovne efikasnosti

Na slici 2.2, predstavljena je dekompozicija troškovne efikasnosti na tehničku i alokativnu komponentu za slučaj kada je ulazni vektor oblika  $x = (x_1, x_2)$ . Neka je ulazni vektor  $x^E$  takav da minimizira troškove koji su potrebni da se napravi izlazni vektor  $y$  za date cene  $w$ , zbog toga je  $w^tr x^E = c(y, w)$ . Troškovna efikasnost za neki ulazni vektor  $x^A$  je data kao odnos  $\frac{w^tr x^E}{w^tr x^A} = \frac{c(y, w)}{w^tr x^A}$ . Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti za vektor  $x^A$  je  $\theta^A = \frac{\theta^A x^A}{x^A} = \frac{w^tr (\theta^A x^A)}{w^tr x^A}$ . Alokativna efikasnost vektora  $x^A$  je određena rezidualno kao odnos troškovne efikasnosti i tehničke efikasnosti, tj.  $\frac{w^tr x^E}{w^tr (\theta^A x^A)}$ . Pravac alokativne neefikasnosti pokazan je ulaznim vektorom razlike  $w^tr (x^E - \theta^A x^A)$ .

### 2.2.2 Merenje prihodne efikasnosti

Merenje prihodne efikasnosti može da se izvede ako se troškovna efikasnost dekomponuje na izlazno orijentisani problem, pri čemu ovo merenje zavisi od izlaznih cena. Na primer, ako je cilj organizacione jedinice maksimizacija prihoda, tada je prihodna efikasnost određena odnosom maksimalno mogućih prihoda i stvarnih prihoda.

Neka se pretpostavi da su organizacione jedinice suočene sa izlaznim cenama  $p = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_s) \in (R^+)^s$ , pri čemu je cilj maksimiziranje prihoda, tada relacija (2.18) predstavlja maksimalnu funkciju prihoda ili prihodnu granicu. Izlazna funkcija odstojanja je data u (2.19). Jednakost (2.20) predstavlja merenje prihodne efikasnosti određeno odnosom maksimalno mogućih prihoda i stvarnih prihoda, pri čemu je  $p^{tr}$  transponovana vektor-vrsta  $p$

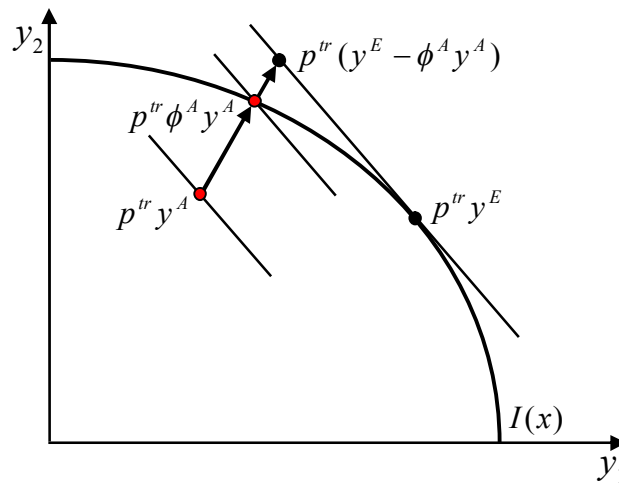
$$r(x, p) = \max_y \{p^{tr} y : D_o(x, y) \leq 1\} \quad (2.18)$$

$$D_o(x, y) = \max_p \{p^{tr} y : r(x, p) \leq 1\} \quad (2.19)$$

$$RE(y, x, p) = \frac{r(x, p)}{p^{tr} y} \quad (2.20)$$

Na osnovu (2.8) i (2.20), dobija se merenje alokativne efikasnosti izlazne orijentacije, kao što je to prikazano u jednakosti (2.21).

$$AE_o(y, x, p) = \frac{RE(y, x, p)}{TE_o(x, y)} \quad (2.21)$$



Slika 2.3 Prikaz dekompozicije prihodne efikasnosti

Dekompozicija prihodne efikasnosti za slučaj kada je izlazni vektor oblika  $y = (y_1, y_2)$ , predstavljena je na slici 2.3. Neka je izlazni vektor  $y^E$  onaj koji maksimizira prihode od ulaznog vektora  $x$  za date izlazne cene  $p$ , pa je  $p^{tr} y^E = r(x, p)$ . Prihodna efikasnost za neki izlazni vektor  $y^A$  je data kao odnos

$\frac{p^r y^E}{p^r y^A} = \frac{r(x, p)}{p^r y^A}$ . Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti za vektor  $y^A$  je

$\phi^A = \frac{\phi^A y^A}{y^A} = \frac{p^r (\phi^A y^A)}{p^r y^A}$ . Alokativna efikasnost vektora  $y^A$  je određena rezidualno

kao odnos prihodne efikasnosti i tehničke efikasnosti, tj.  $\frac{p^r y^E}{p^r (\phi^A y^A)}$ . Izlazni vektor

razlike  $p^r (y^E - \phi^A y^A)$  pokazuje pravac alokativne neefikasnosti.

U radu (Fried i sar., 2008), mogu da se pronađu dva karakteristična slučaja efikasnosti koja se u praksi retko dešavaju. Prvi slučaj se odnosi na troškovnu efikasnost, a drugi na prihodnu. U tom radu, pokazano je da obe efikasnosti, teoretski mogu da imaju tri komponente: radijalnu tehničku komponentu, slak komponentu i alokativnu komponentu. Dodatno, istaknuto je da sa podacima o ulaznim i izlaznim cenama, sve komponente za obe efikasnosti mogu da budu određene, a da se slak komponenta po pravilu dodeljuje alokativnoj komponenti.

### 2.2.3 Merenje profitne efikasnosti

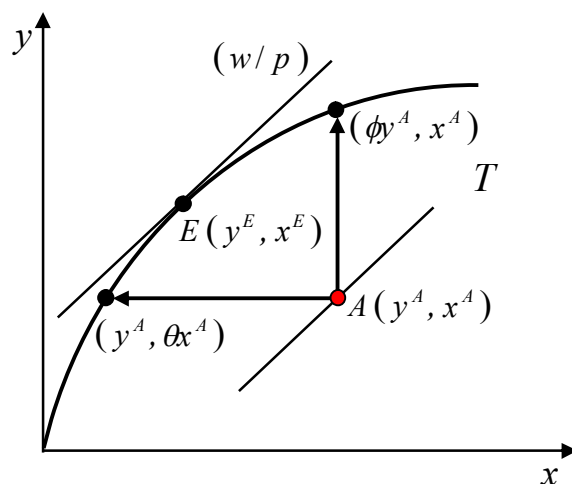
Troškovna i prihodna efikasnost su važni indikatori organizacionog učinka. Međutim, obe efikasnosti odražavaju samo jednu dimenziju ukupnog učinka. Merenjem profitne efikasnosti, koja predstavlja vezu između troškovne i prihodne efikasnosti, mogu se sagledati obe dimenzije. U relaciji (2.22), predstavljena je maksimalna funkcija profita ili profitna granica, pod pretpostavkom da su organizacione jedinice suočene sa izlaznim cenama  $p \in (R^+)^s$  i ulaznim cenama  $w \in (R^+)^m$ , pri čemu je cilj maksimiziranje profita. Uzimajući u obzir izlazne i ulazne cene, tehnologija može biti utvrđena relacijom (2.23). Konačno, jednakošću (2.24), predstavljeno je merenje profitne efikasnosti. Ono je određeno odnosom maksimalnog profita i stvarnog profita.

$$\pi(p, w) = \max_{y, x} \{ (p^r y - w^r x) : (y, x) \in T \} \quad (2.22)$$

$$T = \{ (y, x) : (p^r y - w^r x) \leq \pi(p, w), p \in (R^+)^s, w \in (R^+)^m \} \quad (2.23)$$

$$PE(y, x, p, w) = \frac{\pi(p, w)}{p^r y - w^r x} \quad (2.24)$$

Merenje i dekompozicija profitne efikasnosti su predstavljeni na slici 2.4 za slučaj kada su i vektor ulaza i vektor izlaza jednodimenzionalni. Na ovoj slici, profit koji postiže neka organizaciona jedinica  $A$  ( $y^A, x^A$ ) koristeći tehnologiju  $T$  je manji od maksimalnog profita koji postiže jedinica  $E$  ( $y^E, x^E$ ) koristeći istu tehnologiju. Profitna efikasnost se dobija merenjem tehničke efikasnosti ulazne orijentacije, pri tome je rezidualna alokativna komponenta deo od  $(y^A, \theta x^A)$  do  $(y^E, x^E)$ , ili merenjem tehničke efikasnosti izlazne orijentacije, tada je rezidualna alokativna komponenta deo od  $(\phi y^A, x^A)$  do  $(y^E, x^E)$ . Profitna neefikasnost se pripisuje, bez obzira na orijentaciju, tehničkoj neefikasnosti i neodgovarajućoj srazmeri ulaza i izlaza s obzirom na važeće cene.



**Slika 2.4** Prikaz dekompozicije profitne efikasnosti (Fried i sar., 2008)

Na osnovu Kopmansove definicije, organizaciona jedinica  $A$  na slici 2.4, profitno dominira nad svim jedinicama za koje važi da je  $(y^A, x^A - \Delta x) \geq (y, x - \Delta x)$ ,  $\Delta x \geq 0$ , pa je  $A$  benčmark ili uzor za ove jedinice. Sa druge strane,  $A$  se nalazi u profitno podređenom (inferiornom) položaju u odnosu na sve ostale jedinice za koje važi da je  $(y, x - \Delta x) \geq (y^A, x^A - \Delta x)$ , pa se može reći da su ove jedinice benčmarkovi za  $A$ .

Pored profitne dominacije, postoje troškovna i prihodna dominacija koje imaju vrednosnu interpretaciju. U radu (Tulkens i Vanden Eeckaut, 1995), pokazano je da informacija o uzorima nudi korisnu dopunu za razvoj efikasnosti. Dominacija se javlja zbog korišćenja superiorne poslovne prakse koja je prenosiva na neefikasne jedinice i/ili

zbog povoljnijeg radnog okruženja. Neefikasne jedinice mogu da imaju više benčmarkova, pa zbog toga postoje i više potencijalnih uzora od kojih mogu da uče.

### 2.3 Matematički pristup za merenje efikasnosti

Merenje efikasnosti se može odnositi ne samo na organizaciju kao celinu, već i na organizacione jedinice kao njene sastavne elemente, ili na procese koji postoje i realizuju se unutar posmatrane organizacije. Tako se može meriti efikasnost organizacije, efikasnost organizacionih jedinica i efikasnost procesa. Jedinica odlučivanja ili DMU (engl. *Decision Making Unit*) je zajednički pojam koji može da se koristi za sve tri kategorije.

Merenje efikasnosti uključuje poređenje stvarnog učinka DMU sa optimalnim učinkom koji se nalazi na granici efikasnosti. To znači, da bi se izmerila efikasnost neke posmatrane DMU potrebno je razviti granicu efikasnosti i proceniti udaljenost posmatrane DMU od te granice. Na taj način biće izmerena apsolutna ili stvarna efikasnost. Pošto je stvarna granica efikasnosti nepoznata, potrebno je izvršiti empirijsku aproksimaciju koja je poznata i pod nazivom granica najbolje prakse, i proceniti udaljenost od te granice. U ovom slučaju, biće izmerena relativna ili približna efikasnost.

Postoje dva pristupa koji se koriste za merenje relativne efikasnosti. Prvi pristup je ekonometrijski koji uvodi jednakost između izokvanti i efikasnih podskupova, na taj način eliminiše realnu pretpostavku o postojanju slakova na optimalnoj radialnoj projekciji. Drugi pristup je matematički u kome postoji razlika između izokvanti i efikasnih podskupova, na taj način se uključuje realna pretpostavka o postojanju slakova na optimalnoj radialnoj projekciji. Oba pristupa se mogu kategorizovati po tipu raspoloživih podataka i tipu raspoloživih promenljivih. Tako, 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, tehnička efikasnost može biti procenjena, dok sa kvantitativnim i cenovnim, ekonomska efikasnost može biti analizirana i dekomponovana na tehničku i alokativnu komponentu.

Ekonometrijski pristup je stohastički, u literaturi poznat i kao parametarski. Ovaj pristup zahteva poznavanje specifične funkcionalne forme između izlaza i ulaza, što znači da je potrebno da postoji analitički oblik proizvodne funkcije. Model proizvodne funkcije uveden je u radu (Cobb i Douglas, 1928). Ovaj model je definisan kao  $Y = AL^\alpha K^\beta$ , gde je  $Y$  ukupan izlaz (monetarna vrednost svih proizvedenih roba ili pruženih usluga u posmatranom periodu),  $A$  ukupni faktor produktivnosti,  $L$  uloženi rad (ukupan broj ostvarenih radnih časova u posmatranom periodu) i  $K$  uloženi kapital (monetarna vrednost svih mašina, opreme i zgrade). Elastičnost rada i kapitala su dati preko parametara  $\alpha$  i  $\beta$ . Ako je  $\alpha + \beta > 1$ , proizvodna funkcija zadovoljava uslov za rastući prinos u odnosu na obim ulaganja, ako je  $\alpha + \beta < 1$ , proizvodna funkcija zadovoljava uslov za opadajući prinos u odnosu na obim ulaganja. Konačno, ako je  $\alpha + \beta = 1$ , proizvodna funkcija zadovoljava uslov za konstantni prinos u odnosu na obim ulaganja. Više o značaju i proceni Kob-Daglasove funkcije se može videti u radovima (Mendershausen, 1938; Filipe i Adams, 2005). Međutim, smatra se da je standardna ekonometrijska platforma za ovaj tip analize model (engl. *Stochastic Frontier*) predstavljen u radu (Aigner i sar., 1977). Detaljan pregled ekonometrijske analize može se naći u (Greene, 2011).

U daljem tekstu ovog poglavlja, biće istražen matematički pristup za merenje efikasnosti. Ovaj nestohastički pristup, poznat i po opisnom nazivu Analiza obavljanja podataka sa skraćenicom DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*), koristi matematičko programiranje da razvije granicu efikasnosti i proceni relativno odstojanje od te granice. Za razliku od konvencionalnih metoda, zasnovanih na regresionoj analizi, koje posmatraju slučajeve sa jednim izlazom i više ulaza, DEA analizira jedinice odlučivanja koje su okarakterisane sa više ulaza i više izlaza.

DEA je deterministički pristup za razvijanje granice efikasnosti baziran na posmatranom skupu DMU. Granica efikasnosti se razvija tako što obavlja posmatrane DMU. DEA razmatra svaku DMU pojedinačno i ispituje da li ulaze posmatrane DMU može da obavije odozdo ako se primenjuje ulazna orijentacija ili da li izlaze posmatrane DMU može da obavije odozgo ako se primenjuje izlazna orijentacija. DMU može postići dati izlaz sa ulazima od kojih najmanje jedan od ulaza može da bude manji ako ta DMU može biti obavijena odozdo, ili DMU može korišćenjem istih ulaza da napravi

izlaze od kojih najmanje jedan od izlaza može da bude veći ako ta DMU može biti obavijena odozgo. To znači da je DMU relativno neefikasna ako posmatrana DMU može biti obavijena, a ako ne, tada DMU učestvuje u razvijanju granice efikasnosti.

Charnes i sar. (1994, str. 24) su predstavili teoriju, metodologiju i primenu DEA i ukazali na neke njene važne osobine:

- težište je na pojedinačnim posmatranjima nasuprot populacionim osrednjavanjima,
- u analizu su uključeni veći broj ulaza i izlaza koji su izraženi vrednosno u njihovim prirodnim jedinicama,
- mogu biti uključene u analizu egzogene promenljive za predstavljanje ulaza i izlaza koje su pod kontrolom okruženja,
- mogu biti uključene u analizu kategorijske promenljive za predstavljanje ulaza i izlaza koje mogu da imaju samo diskretne vrednosti iz dopustivog skupa vrednosti,
- ne zahtevaju se vrednosni faktori ili težine za ulaze i izlaze,
- mogu biti uključeni u analizu vrednosni faktori za ulaze i izlaze kada se to želi,
- ne zahteva se funkcionalna forma između izlaza i ulaza,
- ukazuje se na potrebne promene ulaza i izlaza, tačnije racionalizaciju ulaza i određivanje ciljnih izlaza ako posmatrana DMU nije efikasna,
- primenjuju se isti kriterijumi za merenje efikasnosti svake DMU.

Postoje brojne studije koje ispituju efikasnost u različitim oblastima koristeći DEA. Treba napomenuti da je ova neparametarska tehnika za analizu efikasnosti prvo bila razvijena u javnom sektoru. Na primer, u DEA literaturi može da se pronađe veći broj empirijskih studija u kojima je razmatrana efikasnost u oblasti saobraćaja i transporta. Neke značajnije studije su za poštanski saobraćaj (Deprins i sar., 1984; Doble, 1995; Maruyama i Nakajima, 2002; Borenstein i sar., 2004; Horncastle i sar., 2006; Iturralde i Quiros, 2008; Cazals i sar., 2008; Knezević i sar., 2011, Nedeljković i Drenovac, 2012; Ralević i sar., 2013; Dobrodolac i sar., 2014; Ralević i sar., 2014a; Ralević i sar., 2014b); telekomunikacioni saobraćaj (DeBoer i Evans, 1996; Athanassopoulos i Giokas, 1998; Guedes de Avellar i sar., 2002; Pentzaropoulos i Giokas, 2002; Facanha i Resende, 2004; Uri, 2004; Giokas i Pentzaropoulos, 2008; Lu i Hung, 2008; Yang i

Chang, 2009); železnički saobraćaj i transport (Oum i Yu, 1994; Oum i sar., 1999; Banos-Pino i sar., 2002; Estache i sar., 2002; Kennedy i Smith, 2004; Loizides i Tsionas, 2004); drumski saobraćaj i transport (Kerstens, 1996; Pina i Torres, 2001; De Borger i sar., 2002; Dalen i Gomez-Lobo, 2003; Karlaftis, 2004; Odeck i Alkadi, 2004; Pina i Torres, 2006; Roy i Yvrande-Billon, 2007; Rohačova, 2015); vazdušni saobraćaj i transport (Gillen i Lall, 1997; Duygun i sar., 2000; Coelli i sar., 2002; Sickles i sar., 2002; Scheraga, 2004; Duke i Torres, 2005; Inglada i sar., 2006; Ralević i sar., 2009); vodni saobraćaj i transport (Tongzon, 2001; Sanchez, 2003; Clark i sar., 2004; Lawrence i Richards, 2004; Turner i sar., 2004; Cullinane i sar., 2005; Rodriguez-Alvarez i sar., 2007; Blonigen i Wilson, 2008; Cheon, 2009; Gonzalez i Trujillo, 2009; Hung i sar., 2010; Wanke i sar., 2011; Pjevčević i sar., 2012).

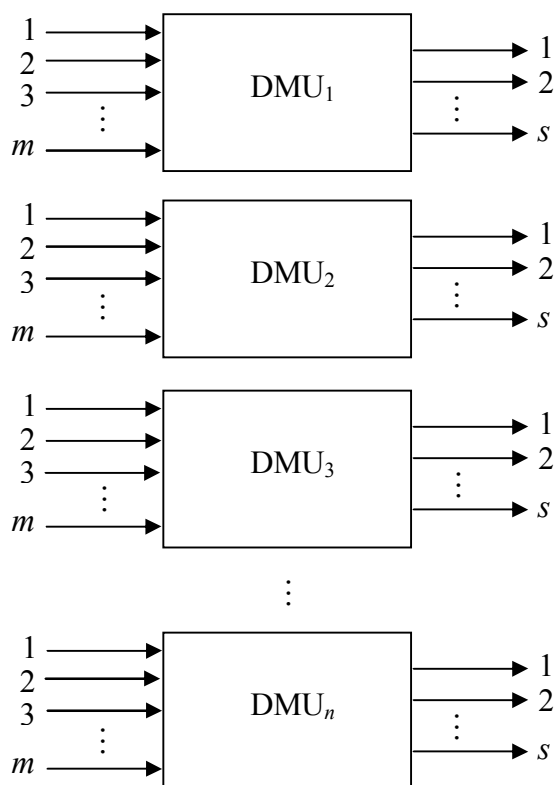
Debre-Farelovo merenje tehničke efikasnosti je bila inspiracija autora u radu (Charnes i sar., 1978) da razviju DEA modele za merenje efikasnosti. Ovi modeli se mogu proširivati i modifikovati u zavisnosti od potreba i prilagođavati u primeni u različitim oblastima. DEA se sastoji od  $n$  linearnih optimizacija kada se posmatra  $n$  DMU za jedan vremenski period  $t$ , gde se za svaku DMU $_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) koristi  $m$  ulaza  $x_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) za pravljenje  $s$  izlaza  $y_{rj}$  ( $r = 1, 2, 3, \dots, s$ ). Slučaj gde se granica efikasnosti ili granica najbolje prakse razvija na osnovu  $n$  jedinica odlučivanja koje su definisane sa  $m$  ulaza i  $s$  izlaza, prikazan je na slici 2.5.

Kada se vrši izbor DMU treba voditi računa da se ne posmatraju međusobno neuporedive jedinice odlučivanja. U radu (Cooper i sar., 2007, str. 22), 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.

Definisanje ulaza i izlaza se izvršava na osnovu teorije i prakse iz date oblasti, i zavisi od specifičnosti rada jedinice odlučivanja. Treba definisati reprezentativne ulaze i izlaze kako bi oni mogli objektivno da prezentuju aktivnosti na koje se odnose. Pravilno odabrani ulazni i izlazni parametri mogu verodostojno da predstavljaju sve resurse (npr. kadrovske, materijalne, finansijske i informacione) koje DMU koristi, kao i sve



rezultate koje DMU ostvaruje. Ukoliko se parametri pravilno ne definišu, dobijeni rezultati mogu navesti na površno tumačenje, kao i na delimično tačne i pogrešne zaključke u vezi sa efikasnošću posmatrane DMU. Vrednosti definisanih ulaza i izlaza treba da budu dobijeni iz pouzdanih i referentnih izvora, kao i ujednačeni za sve DMU koje se porede.



**Slika 2.5** DMU<sub>j</sub> okarakterisana sa  $m$  ulaza i  $s$  izlaza

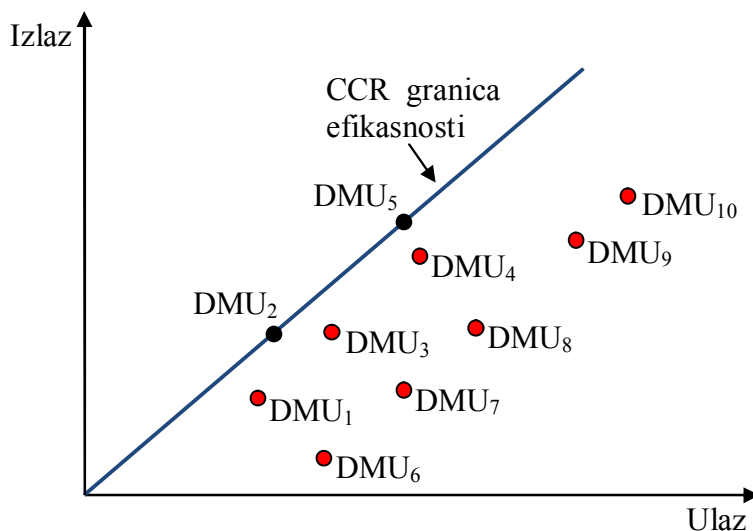
Broj DMU koje se razmatraju treba da bude veći od ukupnog broja ulaza i izlaza. U radu (Cooper i sar., 2007) se preporučuje da broj posmatranih DMU treba da zadovoljava uslov  $n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$ . U radu (Golany i Roll, 1989) je dat praktičan savet kako može da se poveća broj posmatranih DMU. Ovi autori su ukazali da broj DMU može da se poveća 4 puta ako se vrednosti ulaza i izlaza date na godišnjem nivou podele kvartalno. Drugi način da se reši problem velikog broja ulaza i izlaza je primenom multivarijacione statističke analize (Jerkins i Anderson, 2003). Ideja je da se iz posmatranog skupa ulaza i izlaza eliminišu određeni ulazi i izlazi, a da se pri tome ne izgube značajne informacije o efikasnosti posmatranih DMU. 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 visoko korelisanih ulaza i/ili izlaza u većini slučajeva neće presudno uticati na efikasnost posmatranih DMU. Međutim, treba napomenuti da rezultati dobijeni multivarijacionom statističkom analizom mogu u nekim slučajevima da eliminišu neke visoko korelisane ulaze i/ili izlaze koji su veoma važni za efikasnost posmatranih DMU.

### 2.3.1 Modeli za merenje tehničke efikasnosti

DEA metoda je korisna za razvijanje relativne efikasnosti za skup sastavljen od više jedinica odlučivanja. Iz skupa DEA modela razvijenih za tu svrhu, mogu da se izdvoje dva modela koja se najviše koriste. Prvi je CRS (engl. *Constant Returns to Scale*) DEA model, a drugi je VRS (engl. *Variable Returns to Scale*) DEA model. Prvi je originalan DEA model, drugi je prošireni CRS DEA model. Treba istaći da su ostali DEA modeli razvijeni za merenje tehničke efikasnosti nastali na osnovu ova dva DEA modela kao njihova nadogradnja, modifikacija i prilagođavanje. Na primer, to su: aditivni (engl. *Additive*) modeli (Charnes i sar., 1985), neprecizni (engl. *Imprecise*) modeli (Cooper et al., 1999; Zhu, 2003), region (engl. *Region*) modeli (Thompson i sar., 1986) modeli za merenje super-efikasnosti (Andersen i Petersen, 1993; Li i sar., 2007) i kon ratic (engl. *Cone Ratio*) modeli (Charnes i sar., 1989, 1990). Generalni okvir DEA modela i njihovo taksativno navođenje može biti pronađeno u (Kleine, 2004; Gattoufi i sar., 2004).

CRS DEA model je osnovni i originalni model za merenje tehničke efikasnosti. Ovaj model je poznat i kao CCR model, nazvan po početnim slovima prezimena autora, predložen u radu (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978). CCR model pretpostavlja konstantni prinos u odnosu na obim ulaganja. To znači da ovaj model razmatra DMU unutar tehnologije koja pokazuje konstantne prinose u odnosu na obim ulaganja. Na slici 2.6 prikazana je CCR granica efikasnosti u dve dimenzije za slučaj kada postoji jedan ulaz i jedan izlaz, tj. kada je  $m = 1$  i  $s = 1$ . U ovom slučaju od posmatranih deset jedinica odlučivanja, CCR granica efikasnosti je određena na osnovu DMU<sub>2</sub> i DMU<sub>5</sub>.



Slika 2.6 Granica efikasnosti CCR modela

CCR model je formulisan kao problem linearnog programiranja. Dualni problem od ovog modela može takođe biti korišćen. U Tabeli 2.1 prikazane su obe forme modela, tj. CCR model formulisan kao primalni problem ili primal i CCR model formulisan kao dualni problem ili dual za slučaj kada je izabrana ulazna orijentacija. U Tabeli 2.2 prikazane su primalna i dualna forma ovog modela za slučaj kada je izabrana izlazna orijentacija. Ovaj model će detaljnije biti razmatran u pododeljku 3.2.1 i koristiće se za merenje tehničke efikasnosti odabranih javnih poštanskih operatora.

Tabela 2.1 Primal i dual CCR modela, ulazno orijentisani

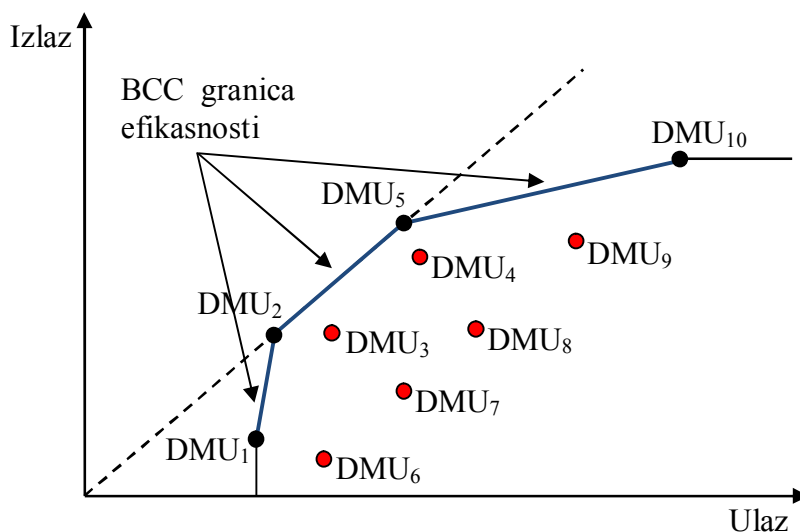
CCR model - primal	CCR model - dual
$\theta^* = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1,$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n;$ $v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0.$	$\theta^* = \min \theta$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

**Tabela 2.2** Primal i dual CCR modela, izlazno orijentisani

CCR model - primal	CCR model - dual
$\theta^* = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1,$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n;$ $v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0.$	$\phi^* = \max \phi$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

VRS DEA model je drugi osnovni model za merenje tehničke efikasnosti. Ovaj model je uveo Afriat (Afriat, 1972), poznat je i kao BCC model, nazvan po početnim slovima prezimena autora, predložen u radu (Banker, Charnes, Cooper, 1984). BCC model pretpostavlja promenljivi prinos u odnosu na obim ulaganja. To znači da BCC model može da razmatra i DMU unutar tehnologije koja pokazuje promenljive prinose u odnosu na obim ulaganja.

Na slici 2.7 prikazana je BCC granica efikasnosti u dve dimenzije za slučaj kada jedinice odlučivanja koriste jedan ulaz i prave jedan izlaz ( $m = 1$  i  $s = 1$ ). Ova granica efikasnosti je od posmatranih deset DMU određena na osnovu DMU<sub>1</sub>, DMU<sub>2</sub>, DMU<sub>5</sub> i DMU<sub>10</sub>.



**Slika 2.7** Granica efikasnosti BCC modela

BCC granica efikasnosti, prikazana na slici 2.7, ima tri različita linearna dela. Prvi deo je linija od DMU<sub>1</sub> do DMU<sub>2</sub> koji predstavlja rastući prinos u odnosu na obim ulaganja, drugi deo je od DMU<sub>2</sub> do DMU<sub>5</sub> koji predstavlja konstantni prinos u odnosu na obim ulaganja i poslednji deo je od DMU<sub>5</sub> do DMU<sub>10</sub> koji predstavlja opadajući prinos u odnosu na obim ulaganja. Može da se primeti da u delu od DMU<sub>2</sub> do DMU<sub>5</sub>, BCC granica efikasnosti postaje CCR granica efikasnosti.

BCC model se koristi u primalnoj i dualnoj formi. Primal i dual BCC modela su prikazani u Tabeli 2.3 za slučaj kada je izabrana ulazna orijentacija, a u Tabeli 2.4 su date obe forme modela za slučaj kada je izabrana izlazna orijentacija. BCC model će detaljnije biti razmatran u pododeljku 3.2.1 i koristiće se za merenje radne efikasnosti odabranih javnih poštanskih operatora.

**Tabela 2.3** Primal i dual BCC modela, ulazno orijentisani

BCC model - primal	BCC model - dual
$\theta^* = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1,$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n;$ $v_i \geq 0, u_r \geq 0,$ $u_0 \text{ je slobodna u znaku.}$	$\theta^* = \min \theta$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1;$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

**Tabela 2.4** Primal i dual BCC modela, izlazno orijentisani

BCC model - primal	BCC model - dual
$\theta^* = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1,$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - v_0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n;$ $v_i \geq 0, u_r \geq 0,$ $v_0 \text{ je slobodna u znaku.}$	$\phi^* = \max \phi$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1;$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

U primalnoj i dualnoj formi CCR i BCC modela ulazne i izlazne orijentacije,  $\theta$  označava ocenu efikasnosti. DMU<sub>0</sub> predstavlja jednu od DMU koja se procenjuje,  $x_{i0}$  i  $y_{r0}$  jesu  $i$ -ti ulaz i  $r$ -ti izlaz za DMU<sub>0</sub>, respektivno. U primalnoj formi CCR i BCC modela, težinski koeficijenti za ulaze su označeni sa  $v_i$ , dok su težinski koeficijenti za izlaze označeni sa  $u_r$ . U dualnoj formi ovih modela  $\lambda_j$  su dualne promenljive koje predstavljaju benčmarkove.

Za slučaj kada se za merenje tehničke efikasnosti koristi primalna forma CCR ili BCC modela, tada DMU<sub>0</sub> je efikasna ako i samo ako je  $\theta^* = 1$  (za ulaznu orijentaciju) ili  $\phi^* = 1$  (za izlaznu orijentaciju) i postoji najmanje jedno optimalno rešenje ( $v_i^*$ ,  $u_r^*$ ). U ostalim slučajevima DMU<sub>0</sub> je neefikasna. Ako je za merenje tehničke efikasnosti izabrana dualna forma ovih modela, tada DMU<sub>0</sub> je efikasna ako i samo ako je ocena efikasnosti  $\theta^* = 1$  (za ulaznu orijentaciju) ili  $\phi^* = 1$  (za izlaznu orijentaciju) i benčmarkovi  $\lambda_j = 0$  za svako  $j$  osim za DMU<sub>0</sub> za koju je  $\lambda = 1$ . U svim ostalim slučajevima DMU<sub>0</sub> je neefikasna.

Primalne forme NDRS (engl. *Non Decreasing Returns to Scale*) i NIRS (engl. *Non Increasing Returns to Scale*) modela mogu da se dobiju iz primalne forme BCC modela. Ako se u primalnoj formi BCC modela ulazne orijentacije postavi uslov  $u_0 \geq 0$  ili  $u_0 \leq 0$  dobijaju se ulazno orijentisani NDRS i NIRS modeli, respektivno. Ako se u primalnoj formi BCC modela izlazne orijentacije postavi uslov  $v_0 \leq 0$  ili  $v_0 \geq 0$  dobijaju se izlazno orijentisani NDRS i NIRS modeli, respektivno. Dualne forme NDRS i NIRS modela se mogu dobiti iz dualne forme BCC modela. Zamenom ograničenja  $\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1$  u dualnoj formi BCC modela sa ograničenjem  $\sum_{i=1}^n \lambda_j \geq 1$  ili  $\sum_{i=1}^n \lambda_j \leq 1$  dobijaju se dualne forme NDRS i NIRS modela, respektivno.

NDRS i NIRS modeli su varijante BCC modela i koriste se kada je poznato da DMU radi, u prvom slučaju, unutar tehnologije koja pokazuje neopadajući prinos u odnosu na obim ulaganja, ili u drugom slučaju, unutar tehnologije koja pokazuje nerastući prinos u odnosu na obim ulaganja.

Ulazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli razmatraju mogućnost radijalnog (proporcionalnog) smanjenja ulaza pri čemu izlaze održavaju na tekućim nivoima. Izlazno orijentisani CCR i BCC DEA modeli razmatraju mogućnost radijalnog povećanja izlaza pri čemu ulaze drže na tekućim nivoima. Zbog toga što ovi modeli reprezentuju radijalno merenje, poznati su u literaturi i kao radijalni DEA modeli. U Tabeli 2.5 prikazani su CRS slak-bazirani model (engl. *CRS Slack-based Model*) i ponderisani CRS slak-bazirani model kao kombinacija obe orijentacije. Ovi modeli su poznati kao aditivni DEA modeli. Oba modela su predstavnici neradijalnog merenja efikasnosti.

**Tabela 2.5** Primalna forma CRS i ponderisanog CRS slak-baziranog modela

CRS slak-bazirani model	Ponderisani CRS slak-bazirani model
$\max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$	$\max \sum_{i=1}^m w_i^- s_i^- + \sum_{r=1}^s w_r^+ s_r^+$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

CRS slak-bazirani 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), zasnovan na ulaznim slakovima ( $s_i^-$ ) i izlaznim slakovima ( $s_r^+$ ). Model pretpostavlja jednake marginalne vrednosti za sve nenegativne ulazne i izlazne slakove. DMU<sub>0</sub> je efikasna ako i samo ako je  $s_i^- = s_r^+ = 0$  za sve  $i$  i  $r$ . U suprotnom, optimalno  $s_i^- > 0$  ukazuje da postoji neumerenost u korišćenju  $i$ -tog ulaza, dok optimalno  $s_r^+ > 0$  identifikuje manjak u  $r$ -tom izlazu. Prema tome, rešenje CRS slak-baziranog modela pravi informacije o mogućoj racionalizaciji određenih ulaza, ali daje i mogućnost definisanja ciljnih vrednosti određenih izlaza za neefikasne DMU. Nedostatak ovog 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. Tačnije, ovaj model ne može da obezbedi uključivanje mišljenja eksperata o vrednostima pojedinih

ulaza i izlaza. Zato je model modifikovan u radu (Ali i sar., 1995) u ponderisani CRS slak-bazirani model. Ulazne težine (ponderi)  $w_i^-$  i izlazne težine  $w_r^+$  određuje korisnik kroz vrednosni sud o značaju pojedinih ulaza i izlaza.

Dodavanjem ograničenja  $\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1$ ,  $\sum_{i=1}^n \lambda_j \geq 1$  ili  $\sum_{i=1}^n \lambda_j \leq 1$  u prvi ili drugi aditivni DEA model, mogu se dobiti, u prvom slučaju VRS, NDRS ili NIRS slak-bazirani modeli, ili u drugom slučaju ponderisani VRS, NDRS ili NIRS slak-bazirani modeli, respektivno.

Korisno je istaći da se ovi aditivni DEA modeli mogu koristiti i u dualnoj formi. U Tabeli 2.6 prikazana je dualna forma CRS i ponderisanog CRS slak-baziranog modela.

**Tabela 2.6** Dualna forma CRS i ponderisanog CRS slak-baziranog modela

CRS slak-bazirani model	Ponderisani CRS slak-bazirani model
$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0, j = 1, 2, \dots, n;$ $v_i \geq 0, u_r \geq 0,$ $u_0 \text{ je slobodna u znaku.}$	$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0, j = 1, 2, \dots, n;$ $v_i \geq w_i^-, u_r \geq w_r^+,$ $u_0 \text{ je slobodna u znaku.}$

Treba napomenuti da modeli dati u Tabeli 2.6 ne daju obavezno različite rezultate. Posebno, neće se promeniti klasifikacija na efikasne i neefikasne DMU, tj. primenom jednog ili drugog modela neće doći do promene neke DMU iz efikasne u neefikasnu ili obrnuto.

U magistarskoj tezi (Ralević, 2010) koja je odbranjena na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu, prikazano je kako se dual BCC DEA model ulazno orijentisani i primal CRS slak-bazirani model analitički razvijaju na posmatranom skupu DMU.



### 2.3.2 Modeli za merenje ekonomske efikasnosti

Prethodno opisani modeli su fokusirani na tehnički aspekt efikasnosti. U ovom delu, predstavljeni su modeli koji mere efikasnost u slučajevima kada su poznati troškovi za ulaze i cene za izlaze.

Tehnologija i troškovi karakterišu savremene organizacije. Neke organizacije imaju prednosti u tehnološkom smislu, a druge u uštedi na troškovima. Zbog toga, menadžment želi da zna kako i u kojoj meri resursi organizacije mogu biti efikasno korišćeni u poređenju sa drugim sličnim organizacijama u istoj ili sličnoj oblasti.

U vezi sa ovom temom, postoje dve različite situacije; prva: sa istim troškovima za ulaze i cenama za izlaze za sve posmatrane DMU i druga: sa različitim troškovima i cenama od DMU do DMU. Farel (Farrell, 1957) i Debreu (Debreu, 1951) su prvi uveli koncept troškovne efikasnosti srodnih organizacija. Ovaj koncept je razvijen u primenljivu formu u radu (Fare i sar., 1985) korišćenjem linearnog programiranja. Nedostatak ovog koncepta je pretpostavka o jednakim troškovima i cenama za sve posmatrane DMU jer ona nije uvek važeća u stvarnom poslovanju, a merenje efikasnosti zasnovano na ovoj pretpostavci često može biti pogrešno. Zbog toga, razvijeni su modeli koji pretpostavljaju da troškovi za ulaze i cene za izlaze posmatranih DMU mogu biti različite. U radu (Tone, 2002a), predložen je novi pristup za razvijanje troškovne efikasnosti. Dalja proširenja ovog pristupa u vezi sa dekompozicijom troškovne efikasnosti, data su u radu (Tone i Tsutsui, 2007). Postoje i druge studije koje razmatraju novi pristup kao što su (Fukuyama i Weber, 2004; Tone i Sahoo, 2005).

U ovoj disertaciji, predstavljeni su DEA modeli koji koriste novi pristup u merenju ekonomske efikasnosti. U Tabeli 2.7 prikazana su dva modela. Jedan model se koristi za merenje troškovne efikasnosti, drugi se koristi za merenje prihodne efikasnosti. U Tabeli 2.8 prikazan je model za merenje profitne efikasnosti.  $DMU_0$  je troškovno efikasna, prihodno efikasna i profitno efikasna ako i samo ako je ocena troškovne efikasnosti  $c^* = 1$ , ocena prihodne efikasnosti  $r^* = 1$ , ocena profitne efikasnosti  $\pi^* = 1$  i benčmarkovi  $\lambda_j = 0$  za svako  $j$  osim za  $DMU_0$  za koju je  $\lambda = 1$ .

Oznake  $w_i^0$  i  $p_r^0$  koje se pojavljuju u modelima (videti Tabele 2.7 i 2.8) predstavljaju cenu  $i$ -tog ulaza i cenu  $r$ -tog izlaza za posmatranu  $DMU_0$ , respektivno.

Oznake  $\tilde{x}_{i0}$  i  $\tilde{y}_{r0}$  predstavljaju  $i$ -ti ulaz za koji se zahteva minimum troškova i  $r$ -ti izlaz koji ostvaruje maksimalni prihod.

**Tabela 2.7** Merenje troškovne i prihodne efikasnosti

CRS model za merenje troškovne efikasnosti	CRS model za merenje prihodne efikasnosti
$c^* = \min \frac{\sum_{i=1}^m w_i^0 \tilde{x}_{i0}}{\sum_{i=1}^m w_i^0 x_{i0}}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \tilde{x}_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\tilde{x}_{i0} \leq x_{i0};$ $\lambda_j, \tilde{x}_{i0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$	$r^* = \max \frac{\sum_{r=1}^s p_r^0 \tilde{y}_{r0}}{\sum_{r=1}^s p_r^0 y_{r0}}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \tilde{y}_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\tilde{y}_{r0} \geq y_{r0};$ $\lambda_j, \tilde{y}_{r0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

**Tabela 2.8** Merenje profitne efikasnosti

CRS model za merenje profitne efikasnosti
$\pi^* = \max \frac{\sum_{r=1}^s p_r^0 \tilde{y}_{r0} - \sum_{i=1}^m w_i^0 \tilde{x}_{i0}}{\sum_{r=1}^s p_r^0 y_{r0} - \sum_{i=1}^m w_i^0 x_{i0}}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \tilde{x}_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \tilde{y}_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$ $\tilde{x}_{i0} \leq x_{i0}, \quad \tilde{y}_{r0} \geq y_{r0};$ $\lambda_j, \tilde{x}_{i0}, \tilde{y}_{r0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$

### 2.3.3 Modeli za rangiranje efikasnih DMU

Nedostatak prikazanih modela za merenje efikasnosti (tehničke i ekonomske) je u tome što se efikasnim DMU dodeljuje ista ocena efikasnosti. To podrazumeva da sve

efikasne DMU podjednako dobro rade. Međutim, to nije realno jer i između efikasnih DMU postoji određena razlika u postignutoj efikasnosti. Ovu realnost nije moguće sagledati prethodno opisanim modelima jer oni svim efikasnim DMU dodeljuju ocenu efikasnosti jednaku 1, pa nije moguće napraviti redosled efikasnih DMU. Za ovu svrhu razvijeno je nekoliko analitičkih pristupa za rangiranje efikasnih DMU. Pregled analitičkih pristupa za rangiranje takvih DMU je prikazan u radovima (Adler i sar., 2002; Jablonski, 2011).

U radu (Andersen i Petersen, 1993), predložen je AP model za rangiranje. Ovaj model dozvoljava da se efikasnim jedinicama odlučivanja dodeljuje ocena efikasnosti veća od 1 (ulazna orijentacija) ili manja od 1 (izlazna orijentacija) čime se pravi razlika između njih. Na ovaj način dodeljena ocena je poznata kao ocena super-efikasnosti (engl. *Super-efficiency Score*), a predloženi model je poznat kao AP model za merenje super-efikasnosti. Ovi autori su u stvari modifikovali osnovni CCR model, tako što se iz skupa efikasnih DMU koji se rangiraju izostavlja DMU<sub>0</sub>. Na taj način se procenjuje odstojanje DMU<sub>0</sub> od granice efikasnosti koja je razvijena bez njenog učešća. AP model predstavlja radijalni pristup u merenju efikasnosti. U Tabeli 2.9 predstavljen je ovaj model u obe orijentacije. Suprotno takvom pristupu, u radu (Tone, 2002b), razvijeni su neradijalni modeli za merenje super-efikasnosti.

**Tabela 2.9** Rangiranje efikasnih DMU

AP model (ulazna orijentacija)	AP model (izlazna orijentacija)
$\theta^{SE*} = \min \theta^{SE}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j x_{ij} \leq \theta^{SE} x_{i0}, \quad i = 1,2,3,\dots, m;$ $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$ $j_0 \in \{1,2,3,\dots, n\},$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots, n.$	$\phi^{SE*} = \max \phi^{SE}$ <p>Uz uslove:</p> $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1,2,3,\dots, m;$ $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi^{SE} y_{r0}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$ $j_0 \in \{1,2,3,\dots, n\},$ $\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots, n.$

AP model omogućava da se efikasne jedinice rangiraju na osnovu dobijenih ocena super-efikasnosti. Ako je izabran AP model sa ulaznom orijentacijom, tada DMU koja ima najveću vrednost ocene super-efikasnosti postiže najbolju efikasnost. Sa druge strane, ako je izabran AP model sa izlaznom orijentacijom, tada najbolju efikasnost

postize ona efikasna DMU koja ima najmanju vrednost ocene super-efikasnosti. Korisno je napomenuti da je u radu (Banker i Chang, 2006), dokazano da modeli za merenje super-efikasnosti mogu da se koriste za otkrivanje nestandardnih DMU. Praksa je da se iz analize isključuju DMU koje imaju ocenu super-efikasnosti višu od 3 ili tri puta veću efikasnost od bilo koje druge DMU (ulazna orijentacija) i manju od 0,3 ili tri puta manju od bilo koje druge DMU (izlazna orijentacija). Takve DMU utiču negativno na objektivnost analize.

U radu (Adler i sar., 2002), prikazan je pristup u rangiranju prema kome se efikasne DMU rangiraju prema broju pojavljivanja u svojstvu benčmarka. Prema ovom pristupu, najbolju efikasnost postize ona DMU koja se najviše puta pojavljuje u svojstvu benčmarka. Rangiranje efikasnih DMU može da se izvrši i uvođenjem tzv. "idealne" DMU. Takva DMU ima vrednosti ulaza najmanje, a vrednosti izlaza najveće u odnosu na sve ostale efikasne jedinice odlučivanja. Tako definisana, ona će postizati bolju efikasnost od svih ostalih efikasnih DMU. Na taj način se efikasne DMU upoređuju u odnosu na "idealnu" DMU čime se omogućava njihovo rangiranje. U radu (Ralević, 2010), na konkretnom slučaju prikazano je rangiranje efikasnih DMU na ovaj način.

U radu (Lotfi i sar., 2011), dat je pristup koji može da se koristi za rangiranje  $n$  efikasnih DMU uvođenjem  $n+1$  nove agregirane DMU. Jedna agregirana jedinica odlučivanja ( $DMU^*$ ) ima vredost ulaza kao zbir svih određenih ulaza, a vrednost izlaza kao zbir svih određenih izlaza od efikasnih DMU. Ostalih  $n$  agregiranih jedinica odlučivanja ( $DMU_i^{**}$ )  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , imaju vrednost ulaza kao zbir svih određenih ulaza, a vrednost izlaza kao zbir svih određenih izlaza od efikasnih DMU pri čemu se isključuje posmatrana efikasna  $DMU_0$ . Tako, svaka posmatrana  $DMU_i$  iz skupa efikasnih jedinica odlučivanja ima svoj par agregiranih jedinica ( $DMU^*$  i  $DMU_i^{**}$ ). Rangiranje  $DMU_i$  se izvršava na osnovu razlike efikasnosti agregiranih  $DMU^*$  i  $DMU_i^{**}$  koja može da se dobije primenom osnovnih DEA modela. DMU koja ima najmanju razliku se rangira na prvom mestu.

## 2.4 DEA programski paketi i razvojna okruženja

Ručno rešavanje prethodno definisanih modela za svaku posmatranu DMU, posebno kada postoji veći broj ulaza i izlaza što je najčešće slučaj u praksi, bio bi spor i

mukotrpan posao, podložan greškama. Zbog toga su se razvili komercijalni i nekomercijalni softveri koji mogu da se koriste za rešavanje određenih DEA modela.

Najpoznatiji komercijalni softveri su:

- DEA Solver Pro, Verzija 4.0, (<http://www.saitech-inc.com/>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows, Microsoft Excel 97 ili noviju verziju,
- Frontier Analyst, Verzija 3.1.5, (<http://www.banxia.com/>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows 95/98/2000/NT/XP,
- OnFront, Verzija 2.02, (<http://www.emq.com/>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows 95/98/2000/NT/XP, 16MB memorije, 8MB prostora na hard disku,
- Warwick DEA, (<http://www.deazone.com/>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows, DOS.

Najpoznatiji nekomercijalni softveri su:

- DEA Excel Solver, (<http://www.deafrontier.net>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows, Microsoft Excel 97 ili noviju verziju,
- DEAP, Verzija 2.1, (<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.php>), zahteva operativni sistem DOS,
- EMS, Verzija 1.3, (<http://www.wiso.tu-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows,
- Pioneer, Verzija 2.0, (<http://faculty.smu.edu/barr/pioneer/>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows, DOS, Unix.

Svi nabrojani softveri imaju osobinu da mogu da rešavaju obe orijentacije efikasnosti, ulaznu i izlaznu. Pregled karakteristika spomenutih softverskih paketa je dat u (Barr, 2004).

U doktorskoj disertaciji, proračuni efikasnosti su izvršeni korišćenjem nekomercijalnog DEA Excel Solver softvera. Ovaj softver je opisan u (Zhu, 2003). Karakteristike softvera, kao i uputstva za rešavanje DEA modela koji su bili izabrani i korišćeni u tezi, predstavljeni su u Prilogu B ove disertacije. To su: CRS/CCR model, VRS/BCC model, CRS Slak-bazirani model, model za RTS klasifikaciju, model za izvršavanje analize stabilnosti (osetljivosti), model za izračunavanje profitne efikasnosti, model za izračunavanje troškovne efikasnosti, model za izračunavanje

prihodne efikasnosti, AP/CRS DEA model za merenje super-efikasnosti i modeli za izračunavanje Malmkvistovog pokazatelja produktivnosti (engl. *Malmquist Productivity Index*). Pored DEA Excel Solver softvera, postoje i drugi komercijalni i nekomercijalni softveri, prikazani u Tabelama 2.10 i 2.11, koji mogu da se uspešno koriste za rešavanje pojedinih DEA modela iz skupa navedenih. U Tabelama 2.10 i 2.11, oznaka "+" znači da određeni softver može da reši određeni model, dok oznaka "-" znači da određeni softver ne može da reši određeni model.

**Tabela 2.10** Komercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela

DEA modeli korišćeni u tezi	DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA
CRS/CCR	+	+	+	+
VRS/BCC	+	+	+	+
CRS Slak-bazirani model	+	-	-	+
RTS procena	-	-	-	-
Analiza osetljivosti	-	-	-	-
Profitna efikasnost	+	-	-	-
Troškovna efikasnost	+	-	+	-
Prihodna efikasnost	+	-	+	-
AP/CRS	+	-	-	+
Malmkvistov pokazatelj	+	+	+	-

**Tabela 2.11** Nekomercijalni softveri i mogućnost rešavanja određenih DEA modela

DEA modeli korišćeni u tezi	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
CRS/CCR	+	+	+	+
VRS/BCC	+	+	+	+
CRS Slak-bazirani model	+	-	+	-
RTS procena	+	-	-	-
Analiza osetljivosti	+	-	-	-
Profitna efikasnost	+	-	-	-
Troškovna efikasnost	+	+	-	-
Prihodna efikasnost	+	-	-	-
AP/CRS	+	-	+	+
Malmkvistov pokazatelj	+	+	+	-

### 3. MODEL ZA OPTIMIZACIJU RESURSA - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora

U ovom poglavlju, predložen je model za optimizaciju resursa (MOR) javnog poštanskog operatora. Optimizacija se bazira na merenju tehničke efikasnosti korišćenjem matematičkog programiranja. U modelu su upotrebljene četiri kvantitativne promenljive, pri tome, izvršen je presek podataka za jedan vremenski period. Model je testiran i verifikovan kroz istraživanje sprovedeno na skupu od 27 javnih poštanskih operatora (JPO) iz zemalja Evropske Unije i Srbije. Rezultati dobijeni u studiji predstavljenoj u ovom poglavlju disertacije, objavljeni su u radovima **Ralević i sar.** (2014b) i Dobrodolac, **Ralević i Marković** (2014).

#### 3.1 Pregled značajne literature

U nekoliko studija je bila razmatrana tehnička efikasnost u oblasti poštanskog saobraćaja. Problem koji je analiziran u tim studijama, čiji su rezultati prikazani u ovom odeljku disertacije, je postavljen u smislu fizičke količine ulaza i izlaza. To znači da elementi troškova i cena nisu bili razmatrani.

U radu (Deprins i sar., 1984), definisane su tri metode za merenje tehničke efikasnosti. Autori su imali cilj da izmere radnu efikasnost jedinica poštanske mreže u Belgiji. Prva metoda je prilagođavana Kob-Daglasovoj proizvodnoj funkciji. U drugoj metodi su primenjena Debreu-Farelova merenja tehničke efikasnosti. Treća metoda koja je bila uvedena je originalna metoda. Autori su upoređivali rezultate koji su bili izvedeni na osnovu sve tri metode i zaključili da je prosečna procenjena radna efikasnost posmatranih jedinica poštanske mreže oko 90%.

U radu (Doble, 1995), merena je tehnička efikasnost šalterskih radnika u poštama u Velikoj Britaniji primenom DEA. Rad je imao za cilj da utvrdi kolika se efikasnost postiže na šalterima jedinica poštanske mreže na nacionalnom i regionalnom nivou. DEA je primenjena na 1,282 izabrane jedinice poštanske mreže za podatke iz 1989. godine. Ulaz u modelu je bio ukupan rad, izlazi su predstavljeni sa prosečnim vremenom čekanja u redu kao merom kvaliteta usluge za devet različitih kategorija šalterskih poslova. Na nacionalnom nivou je utvrđeno da tehnička efikasnost može biti znatno

poboljšana na osnovu efikasnijeg korišćenja radne snage i smanjenjem prosečnog vremena čekanja u redu. Na regionalnom nivou pronađene su velike razlike u postignutoj efikasnosti. Pretpostavljeno je da su ove razlike postojale zbog primene različitih radnih praksi, kadrova i lokalnih uslova na tržištu rada. Takođe je zaključeno za period koji je bio posmatran da je neefikasnost postojala zbog primene neefikasne radne prakse i nedostatka kompjuterizacije transakcionih procedura.

Namera u radu (Maruyama i Nakajima, 2002) je bila da se odrede indikatori produktivnosti poštanskih usluga u Japanu. Autori su ukazali da se kroz analizu faktora koji utiču na produktivnost mogu dobiti korisne informacije o poželjnim politikama za održavanje visoke produktivnosti poštanskih usluga u budućnosti. U ovom radu prvo je bila procenjena tehnička efikasnost kao pokazatelj produktivnosti 47 regiona i 1,000 jedinica poštanske mreže neparametarskim pristupom. Izlazi modela su bili količina primljenih i uručenih poštanskih pošiljaka, dok su ulazi predstavljeni sa radom (broj radnika pošte) i kapitalom (troškovi koji su bili potrebni za izgradnju i održavanje određene pošte). Ovi autori su zatim primenili tobit model (engl. *Tobit Model*) za analizu izmerenih pokazatelja tehničke efikasnosti. Dobijene ocene tehničke efikasnosti su dalje razmatrane na osnovu dva tipa promenljivih. Prvi tip varijabli su blisko povezane sa lokacijom pošte, one su date i na njih se ne može uticati. To su gustina naseljenosti, tražnja za poštanskim uslugama, kao i geografske karakteristike dostavnog područja. Drugi tip promenljivih su kontrolisane ili varijable koje se odnose na političke odluke i napore menadžmenta. One se sastoje od ponovne raspodele (realokacije) ulaza (rada i kapitala) i nivoa tehničkih inovacija. Autori su zaključili da je nivo efikasnosti posmatranih jedinica poštanske mreže bio određen uslovima lokacije, tj. populacijom dostavnog područja, topografijom i tražnjom za poštanskim uslugama. Dodatno, autori su napomenuli da naporima menadžmenta da se napravi optimalna raspodela (alokacija) zaposlenih u poštama ili kapitala može da se poboljša nivo tehničke efikasnosti.

U radu (Borenstein i sar., 2004), predložena je metodologija za procenu učinka organizacija koje pružaju usluge. Ciljevi u ovom radu bili su da se definišu faktori koji bi mogli da se koriste za procenu efikasnosti ovih jedinica odlučivanja, kao i da se odrede grupe sličnih jedinica koje razvijaju iste funkcije a razlikuju se samo u intenzitetu korišćenja resursa. Analiza je uključila poređenje relativne efikasnosti više različitih jedinica, između ostalih i poštanskih operatora u Brazilu, korišćenjem DEA.



Autori su ukazali da predložena metodologija može da obezbedi korisne informacije koje mogu da pomognu menadžerima u procesu donošenja odluka.

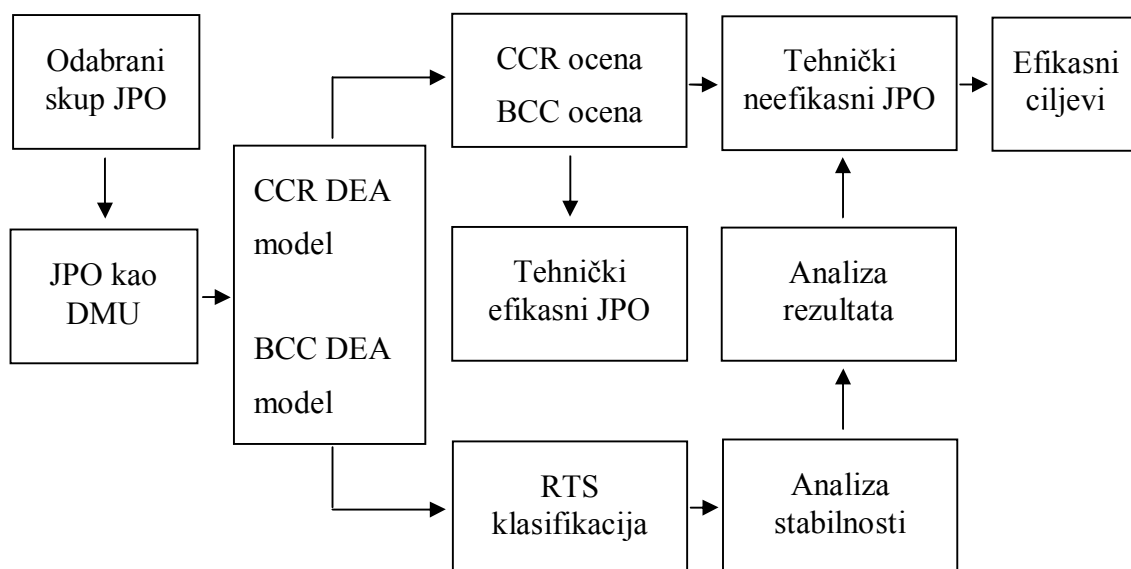
U radu (Iturralde i Quiros, 2008), analizirana je efikasnost poštanskog sektora u Evropskoj Uniji za period 1999-2003. Analiza je sprovedena na osnovu merenja promene produktivnosti poštanskih operatora korišćenjem Malmkvistovog pokazatelja. Promena produktivnosti posmatranih operatora je razmatrana na osnovu varijacija nivoa tehničke efikasnosti i tehnoloških promena. Rezultati dobijeni u ovom radu su pokazali da postoje značajne neefikasnosti za grupu operatora koji su bili analizirani. Autori su primetili da postoje i ogromne razlike u dobijenim vrednostima između pojedinih operatora. Konačno, u radu je zaključeno da je došlo do rasta prosečne produktivnosti za posmatrani period na osnovu povećanja efikasnosti koja je povezana sa tehnološkim progresom.

Knežević i sar. (2011) predstavili su dvo-stepeni pristup, kombinujući regresionu analizu i DEA metod, za definisanje potrebnog broja zaposlenih u jedinicama poštanske mreže. Autori su predloženi model testirali na skupu od 20 dostavnih pošta na teritoriji grada Beograda. Autori su ukazali da predloženi pristup, implementiran i u druge segmente poštanskog sistema, mogao bi da proizvede integralni sistem upravljanja ljudskim resursima.

U radu (Nedeljković i Drenovac, 2012), pokazano je kako može da se integriše teorija fazi skupova i DEA, tj. da se izvrši rešavanje DEA modela sa fazi podacima. Ovaj pristup je predložen za slučajeve kada treba da se izračunaju ocene tehničke efikasnosti posmatranih jedinica odlučivanja koje su okarakterisane sa nepreciznim ulaznim i izlaznim podacima. Autori su napomenuli da se saobraćaj i transport odvijaju u neizvesnom okruženju, pa zbog toga ulazni i izlazni podaci mogu biti neprecizni. Iz tog razloga ovaj pristup može biti koristan upravo za ovu oblast. Predloženi pristup za rešavanje fazi DEA modela se zasniva na meri mogućnosti. U specijalnom slučaju, kada su funkcije pripadnosti fazi podataka trapezoidnog oblika, ovim pristupom se fazi DEA model transformiše u model linearnog programiranja. Pristup je ilustrovan kroz numerički primer koji obuhvata pet jedinica poštanske mreže koje pripadaju javnom poštanskom operatoru u Srbiji.

### 3.2 Predloženi model za optimizaciju resursa

Model za optimizaciju resursa (MOR), predložen je za rešavanje problema optimizacije ograničenih resursa. Ovaj model je predstavljen na slici 3.1. Model je zasnovan na merenju tehničke efikasnosti korišćenjem DEA metode. Realizacija modela predviđa obavljanje nekoliko faza. Prvo, potrebno je da budu definisani ulazi i izlazi za DMU kod kojih se zahteva optimizacija ograničenih resursa (u posmatranom slučaju to su javni poštanski operatori). Dalje, model se izvršava kroz dva paralelna procesa. Prvi proces je vezan za razvrstavanje DMU na efikasne i neefikasne u zavisnosti od CCR i BCC ocena. Drugi proces zahteva da se uradi analiza stabilnosti. To omogućava da se identifikuju DMU kod kojih postoji potreba za racionalizacijom resursa. Na kraju, optimalne vrednosti za ulaze i izlaze izvede se korišćenjem CRS slak-baziranog modela.



Slika 3.1 Predloženi model za optimizaciju resursa

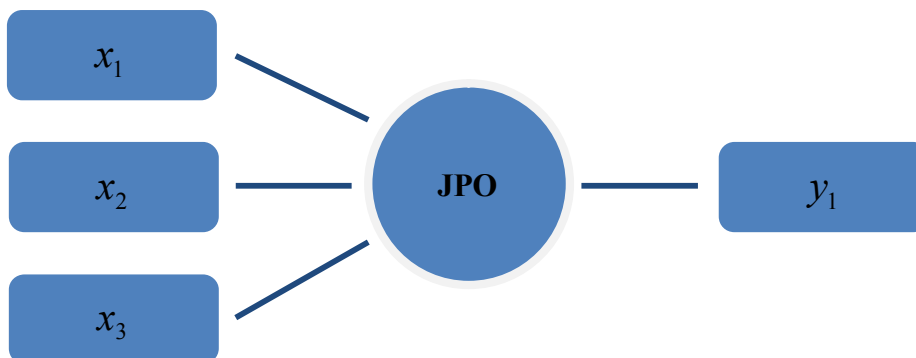
Predloženi model je bio testiran i verifikovan kroz istraživanje sprovedeno na uzorku koji je predstavljen u Tabeli 3.1. Korišćen je isti izvor podataka za sve operatore iz uzorka, a pronađen je na Internet prezentaciji Svetskog poštanskog saveza (engl. *Universal Postal Union*). Uzimajući u obzir 28 zemalja Evropske Unije, postoje dva javna poštanska operatora iz ovih zemalja koja nisu bila uključena u istraživanje. Jedan je JPO u Belgiji za koji nisu postojali zvanični podaci na Internet prezentaciji Svetskog poštanskog saveza u trenutku istraživanja. Drugi je JPO u Hrvatskoj koja nije bila članica Evropske Unije u posmatranoj 2011. godini.

Tabela 3.1 Uzorak

Javni poštanski operator	Zemlja	Međunarodna oznaka
Österreichische Post AG	Austrija	AUS
Bulgarian Posts	Bugarska	BGR
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	Portugal	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
JP "Pošta Srbije"	Srbija	SRB

Javni poštanski operator kao DMU bio je određen sa tri ulaza i jednim izlazom kao što je to prikazano na slici 3.2. Prvi ulaz ( $x_1$ ) predstavlja broj zaposlenih sa punim radnim vremenom (engl. *Number of Full-time Staff*), drugi ulaz ( $x_2$ ) je broj zaposlenih sa nepunim radnim vremenom (engl. *Number of Part-time Staff*), dok je treći ulaz ( $x_3$ ) okarakterisan sa ukupnim brojem jedinica poštanske mreže (engl. *Total Number of Permanent Post Offices*). Izlaz modela ( $y_1$ ) predstavlja ukupan broj prenetih

pismonosnih pošiljaka u domaćem saobraćaju (engl. *Number of Letter-post Items, domestic service*).



**Slika 3.2** JPO kao DMU za merenje tehničke efikasnosti

Postoje dva razloga zbog čega je javni poštanski operator određen na ovaj način. Prvi i osnovni razlog je da izabrani ulazni parametri (ljudski resurs i infrastruktura) impliciraju najveći deo ukupnih troškova potrebnih za rad javnog poštanskog operatora. Sa druge strane, izlaz koji se odnosi na pismonosne pošiljke pravi najveći deo prihoda. Drugi razlog je zbog namere da se koriste raspoloživi podaci iz iste baze podataka što je bilo ograničenje u izboru ulaza i izlaza. Podaci o vrednostima za izabrane ulaze i izlaz dati su u Tabeli 3.2. Navedeni podaci u Tabeli 3.2, dobijeni su, kao što je već rečeno, od Svetskog poštanskog saveza i odnose se na 26 zemalja EU i Srbiju za 2011. godinu. Cilj je bio da se za sve operatore koristi isti i pouzdan izvor podataka, kao i da podaci budu javni što omogućava da tačnost korišćenih podataka može biti proverena. Treba posebno istaći da su podaci dobijeni od organizacije koja je bila prva svetska organizacija i najstariji oblik multilateralne saradnje u svetu, i koja koordiniše poštanske politike i pravila između zemalja članica, a time i svetski poštanski sistem. 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 pismonosnih pošiljaka. Princip jedinstva poštanske teritorije za razmenu pismonosnih pošiljaka, pored jedinstva pismonosnih taksi i slobode tranzita, predstavlja osnovicu na kojoj počiva delatnost ovog saveza.

Tabela 3.2 Podaci

JPO	Naziv JPO	Ulazi			Izlaz
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_1$
JPO <sub>1</sub>	Austrija	17,233	3,882	1,880	6,215,000,000
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	8,689	3,796	2,981	19,159,655
JPO <sub>3</sub>	Kipar	714	1,034	1,082	58,787,116
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	28,232	8,020	3,408	2,574,778,260
JPO <sub>5</sub>	Danska	12,800	6,200	795	800,000,000
JPO <sub>6</sub>	Estonija	2,290	502	343	25,837,400
JPO <sub>7</sub>	Finska	20,077	7,508	978	837,000,000
JPO <sub>8</sub>	Francuska	204,387	25,900	17,054	14,900,000,000
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	512,147	0	13,000	19,784,000,000
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	117,206	38,558	11,818	18,074,291,171
JPO <sub>11</sub>	Grčka	9,060	28	1,546	446,505,500
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	28,592	5,368	2,746	857,056,665
JPO <sub>13</sub>	Irska	7,825	1,584	1,156	614,320,000
JPO <sub>14</sub>	Italija	133,426	11,025	13,923	4,934,317,901
JPO <sub>15</sub>	Letonija	2,438	2,055	571	28,886,614
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	2,336	4,226	715	36,599,075
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	950	547	116	110,800,000
JPO <sub>18</sub>	Malta	490	123	63	35,123,154
JPO <sub>19</sub>	Holandija	13,141	46,590	2,600	3,777,000,000
JPO <sub>20</sub>	Poljska	77,548	16,534	8,207	822,176,000
JPO <sub>21</sub>	Portugal	11,608	315	2,556	868,548,000
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	32,630	1,319	5,827	292,635,204
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	9,650	5,081	1,589	425,743,495
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	6,344	161	556	1,013,027,273
JPO <sub>25</sub>	Španija	65,924	0	3,183	5,123,200,000
JPO <sub>26</sub>	Švedska	19,222	2,918	1,924	2,231,000,000
JPO <sub>27</sub>	Srbija	14,659	280	1,507	243,130,583

Izvor: Svetski poštanski savez (2014),

[http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

### 3.2.1 Izračunavanje tehničke efikasnosti

CCR je originalni DEA model za određivanje relativne efikasnosti za grupu DMU, predstavljen je u drugom poglavlju doktorske disertacije u pododjeljku 2.3.1. Jedna formulacija CCR modela ima za cilj da minimizira ulaze zadržavajući dati nivo izlaza, tj. CCR ulazno-orijentisani model (videti M3.1 model). Druga formulacija CCR modela

ima za cilj da maksimizira izlaze bez povećavanja vrednosti nekog od posmatranih ulaza, tj. CCR izlazno-orijentisani model (videti M3.1' model). CCR modeli pretpostavljaju konstantni RTS (engl. *Constant Returns to Scale*), a CCR ocene mere ukupnu tehničku efikasnost (engl. *Overall Technical Efficiency*).

### M3.1 model

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

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1,2,3,\dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$$

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

### M3.1' model

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

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1,2,3,\dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$$

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

Ako se u modelima M3.1 i M3.1' doda  $\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j = 1$ , tada se dobija BCC ulazno-orijentisani i BCC izlazno-orijentisani modeli, respektivno (videti 2.3.1 pododeljak drugog poglavlja). BCC modeli pretpostavljaju promenljivi RTS (engl. *Variable Returns to Scale*), a BCC ocene mere čistu tehničku efikasnost (engl. *Pure Technical Efficiency*).

U radu (Seiford i Thrall, 1990), izvedena je veza između rešenja dobijenih korišćenjem M3.1 i M3.1' modela. Neka su  $\lambda_j^*$ ,  $j = 1,2,3,\dots, n$  i  $\theta^*$  optimalna rešenja

dobijena M3.1 modelom, tada postoje odgovarajuća optimalna rešenja  $\lambda_j^{**}$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  i  $\phi^*$  dobijena M3.1' modelom takva da važi  $\lambda_j^* = \frac{\lambda_j^{**}}{\phi^*}$  i  $\theta^* = \frac{1}{\phi^*}$ .

U ovoj studiji, CCR i BCC modeli su izabrani da bi se istražili izvori neefikasnosti javnih poštanskih operatora. Generalno, izvori neefikasnosti DMU mogu biti prouzrokovani neefikasnim radom ili nekonkurentnim uslovima unutar kojih DMU posluje. Za ovu svrhu koristi se razmerna ocena efikasnosti (engl. *Scale Efficiency Score*) definisana kao odnos,  $SS = \frac{\theta_{CCR}}{\theta_{BCC}}$ . Ovaj pristup opisuje izvore neefikasnosti, tj. da li je prouzrokovana neefikasnom radnom praksom (BCC efikasnost) ili nekonkurentnim uslovima prikazanim razmernom ocenom efikasnosti (SS) ili sa oba.

### 3.2.2 RTS klasifikacija

U DEA literaturi postoji nekoliko pristupa za procenjivanje RTS (engl. *Return to Scale*) klasifikacije. U radu (Seiford i Zhu, 1999a), pokazano je da postoje najmanje tri ekvivalentne RTS metode. Prvu CCR RTS metodu je uveo Banker (Banker, 1984). Drugu BCC RTS metodu su razvili Banker i sar. (1984) kao alternativni pristup korišćenja slobodnih promenljivih u BCC dualnom modelu. Treća RTS metoda bazira se na razmernom indeksu efikasnosti (engl. *Scale Efficiency Index*) i predložena je u radu (Fare i sar., 1994a). CCR RTS metoda je bazirana na sumi vrednosti dualnih promenljivih  $\lambda_j$  u CCR modelu, i korišćena je za RTS klasifikaciju posmatranih javnih poštanskih operatora.

U ovoj studiji, RTS klasifikacija je izvedena korišćenjem sledeće teoreme koja je data i dokazana u radu (Banker i Thrall, 1992):

**Teorema 1.** Neka su  $\lambda_j^*$  optimalne vrednosti dualnih promenljivih u M3.1 modelu, RTS klasifikacija za  $DMU_0$  može biti determinisana sa sledećim uslovima:

- (i) Ako je  $\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j^* = 1$ , tada dominira konstantni RTS, tj. CRS (engl. *Constant Returns to Scale*).

(ii) Ako je  $\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j^* > 1$ , tada dominira opadajući RTS, tj. DRS (engl. *Decreasing Returns to Scale*).

(iii) Ako je  $\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j^* < 1$ , tada dominira rastući RTS, tj. IRS (engl. *Increasing Returns to Scale*).

### 3.2.3 Analiza stabilnosti

Analiza stabilnosti RTS klasifikacije (engl. *Stability of the RTS Classification*) je važna tema u DEA koja je prvi put bila ispitana u radu (Seiford i Zhu, 1999b). Postoje nekoliko DEA pristupa koji razmatraju ovu temu. Jedan pristup je analiza stabilnosti za svaki DMU koji učestvuje u određivanju granice efikasnosti (videti Cooper i sar., 2001; Jahanshahloo, 2005). Drugi pristup je analiza stabilnosti za svaki DMU koji ne učestvuje u određivanju granice efikasnosti (videti Charnes i sar., 1996; Seiford i Zhu, 1998). Dodatno, neki autori su koristili FDH (engl. *Free Disposal Hull*) modele (suprotno DEA modelima koji su konveksni, FDH modeli su nekonveksni) za procenjivanje RTS (videti Podinovski, 2004; Soleimani-damaneh i sar., 2006; Lee i sar., 2012).

Analiza stabilnosti RTS klasifikacije i metode za procenjivanje RTS klasifikacije u DEA, obezbeđuju važne informacije o mogućim preturbacijama (engl. *Data Perturbations*) ulaznih i izlaznih vrednosti u analizi DMU. Ove informacije mogu pozitivno da deluju na učinak koji postiže DMU. One omogućavaju neefikasnim DMU da se odredi upustvo za poboljšanje efikasnosti. U radovima (Seiford i Zhu, 1999b; Jahanshahloo i sar., 2011), autori su razvili nekoliko formulacija linearnog programiranja za ispitivanje stabilnosti RTS klasifikacije. Ovi autori su razmatrali preturbacije ulaznih i izlaznih vrednosti za neefikasne DMU. U radu (Charnes i sar. 1985), ukazano je da ponekad promene nivoa ulaza ili izlaza, ili simultane promene nivoa ulaza i izlaza, nisu moguće. U radovima (Jahanshahloo i sar., 2005, Abri, 2013), razvijen je pristup izvođenja analize stabilnosti za efikasne i neefikasne DMU iz posmatranog skupa.

Analiza stabilnosti obezbeđuje intervale stabilnosti za očuvanje izvedene RTS klasifikacije za svaku DMU posebno. To omogućava razmatranje preturbacija za sve



ulaze ili izlaze od posmatrane DMU. Ulazno-orijentisana analiza stabilnosti RTS klasifikacije dozvoljava izlazne preturbacije (engl. *Output Perturbations*), dok analiza stabilnosti koja je izlazno-orijentisana, dopušta ulazne preturbacije (engl. *Input Perturbations*). U ovoj doktorskoj disertaciji, izvedena je izlazno-orijentisana analiza stabilnosti. To je omogućilo da se razmatra racionalizacija u ulazima kod onih javnih poštanskih operatora koji pokazuju tehničku neefikasnost. Donja i gornja granica intervala stabilnosti je određena na osnovu sledećih teorema koje su date i dokazane u radu (Seiford i Zhu, 1999b):

**Teorema 2.** Pretpostavimo da  $DMU_0$  pokazuje CRS. Ako je  $\gamma \in R^{CRS} = \{ \gamma : \min \{ 1, \mu_o^* \} \leq \gamma \leq \max \{ 1, \eta_o^* \} \}$ , onda se CRS klasifikacija i dalje zadržava, gde  $\gamma$  predstavlja proporcionalnu promenu svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \gamma x_{io}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ), a  $\eta_o^*$  i  $\mu_o^*$  su definisani u M3.2 i M3.2' modelima, respektivno.

**Teorema 3.** Pretpostavimo da  $DMU_0$  pokazuje DRS. DRS klasifikacija se i dalje zadržava za  $\xi \in R^{DRS} = \{ \xi : \eta_o^* < \xi \leq 1 \}$ , gde  $\xi$  predstavlja proporcionalno smanjenje svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \xi x_{io}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ), a  $\eta_o^*$  je definisano u M3.2 modelu.

**Teorema 4.** Pretpostavimo da  $DMU_0$  pokazuje IRS. IRS klasifikacija se i dalje zadržava za  $\zeta \in R^{IRS} = \{ \zeta : 1 \leq \zeta < \mu_o^* \}$ , gde  $\zeta$  predstavlja proporcionalnu promenu svih ulaza,  $\hat{x}_{io} = \zeta x_{io}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ), a  $\mu_o^*$  je definisano u M3.2' modelu.

M3.2 model

$$\eta_o^* = \frac{1}{\min \sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi^* y_{ro}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

M3.2' model

$$\mu_o^* = \frac{1}{\max \sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1,2,3,\dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots, n\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$$

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

### 3.2.4 Optimalne vrednosti ulaza i izlaza

Problem određivanja optimalnih vrednosti za ulaze i izlaze kod onih DMU koje pokazuju tehničku neefikasnost može da bude rešen korišćenjem aditivnih DEA modela (videti M3.3 i M3.3' modele) koji su detaljno predstavljeni u drugom poglavlju doktorske disertacije u pododeljku 2.3.1. M3.3 i M3.3' modeli razmatraju mogućnost racionalizacije angažovanih resursa. Istovremeno, ovi modeli mogu da odrede efikasne ciljeve kojima treba težiti. To omogućava da one DMU koje pokazuju tehničku neefikasnost postignu optimalan odnos ulaza i izlaza.

M3.3 model

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

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1,2,3,\dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1,2,3,\dots, s;$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots, n.$$

### M3.3' model

$$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$$

Uz uslove:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0, \quad j = 1, 2, \dots, n;$$

$$v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0,$$

$u_0$  je slobodna u znaku.

Optimalne vrednosti za svaki ulaz i izlaz posebno, mogu se izračunati korišćenjem rešenja iz M3.3 ili M3.3' modela, tj. određivanjem ulaznih i izlaznih slakova. Tako, na primer, korišćenjem rezultata M3.3 modela, optimalne vrednosti za ulaze i izlaze se dobijaju na način kao što je to predstavljeno u (3.1) i (3.2), respektivno.

$$x_{i0}^{opt.} = x_{i0} - s_{i0}^- \quad (3.1)$$

$$y_{r0}^{opt.} = y_{r0} + s_{r0}^+ \quad (3.2)$$

Korisno je napomenuti, da efikasni ciljevi za DMU koje pokazuju neefikasnost mogu da budu određeni korišćenjem dva modela (videti M3.4 i M3.4' modele) zasnovanih na MPSS (engl. *The Most Productive Scale Size*) konceptu koji je bio predložen u radu (Banker, 1984). Oba modela su bazirana na izlazno-orijentisanom CCR modelu. M3.4 model daje najveće ciljne vrednosti (engl. *The Largest MPSS Targets*) za ulaze i izlaze ili MPSS<sub>max</sub>, dok M3.4' model daje najmanje ciljne vrednosti (engl. *The Smallest MPSS Targets*) za ulaze i izlaze ili MPSS<sub>min</sub>.

### M3.4 model

$$\mathcal{G}^* = \min \sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

M3.4' model

$$v^* = \max \sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1,2,3,\dots,m;$$

$$\sum_{j \in \{1,2,3,\dots,n\}} \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad r = 1,2,3,\dots,s;$$

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

U radu (Seiford i Thrall, 1990), pokazano je da  $MPSS_{\max}$  i  $MPSS_{\min}$  ostaju isti u obe orijentacije. Najveće vrednosti MPSS za  $DMU_0 (x_{io}, y_{ro})$  su  $\hat{x}_{io} = \frac{x_{io}}{\phi^* g^*}$  i  $\hat{y}_{ro} = \frac{y_{ro}}{g^*}$ , a najmanje vrednosti MPSS za  $DMU_0$  su  $\check{x}_{io} = \frac{x_{io}}{\phi^* v^*}$  i  $\check{y}_{ro} = \frac{y_{ro}}{v^*}$ .

### 3.3 Rezultati optimizacije resursa

Korišćenjem M3.1 modela razvijena je relativna efikasnost za posmatranu grupu od 27 javnih poštanskih operatora. CCR, BCC i SS karakteristike za svaki JPO su date u Tabeli 3.3.

Rezultati iz Tabele 3.3 pokazuju da postoje tri javna poštanska operatora koji imaju CCR ocene jednake 1. Ova ocena meri ukupnu tehničku efikasnost kada se pretpostavi konstantni RTS. To su javni poštanski operatori u Austriji, Sloveniji i Španiji. Ovi JPO se mogu posmatrati kao realni i korisni benčmarkovi ostalim neefikasnim JPO. Javni poštanski operator u Austriji je jedan od tri JPO koji su postigli najbolji rezultat, osim toga, to je javni poštanski operator koji se najviše pojavljuje kao benčmark. Svaka zemlja se odlikuje specifičnim karakteristikama u poštanskom sektoru, ali bez obzira na to, javni poštanski operatori bi trebalo da budu otvoreni za poboljšanje rada i da imaju jedan ili više JPO kao primer koji treba da slede. Izbor relevantnih benčmakova je izveden na osnovu izračunavanja CCR DEA modela korišćenjem dobijenih vrednosti za dualne promenljive. Rezultati prikazani u četvrtoj koloni Tabele 3.3, pokazuju za svaki neefikasni javni poštanski operator koji JPO iz skupa efikasnih – JPO u Austriji,

Sloveniji i Španiji je pogodan za poređenje njihovog učinka. Na primer, za JPO u Srbiji dobri benčmarkovi su JPO u Sloveniji i Španiji.

**Tabela 3.3** Karakteristike efikasnosti

JPO	Naziv JPO	CCR		BCC	SS
		Ocene	Benčmarkovi	Ocene	Ocene
PPO <sub>1</sub>	Austrija	1.00000		1.00000	1.00000
PPO <sub>2</sub>	Bugarska	0.00611	PPO <sub>1</sub>	0.05639	0.10842
PPO <sub>3</sub>	Kipar	0.22830	PPO <sub>1</sub>	0.77607	0.29417
PPO <sub>4</sub>	Č. Republika	0.25288	PPO <sub>1</sub>	0.26107	0.96862
PPO <sub>5</sub>	Danska	0.30440	PPO <sub>1</sub>	0.36212	0.84059
PPO <sub>6</sub>	Estonija	0.03182	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub>	0.24353	0.13067
PPO <sub>7</sub>	Finska	0.25888	PPO <sub>1</sub>	0.30549	0.84744
PPO <sub>8</sub>	Francuska	0.30588	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub> , PPO <sub>25</sub>	0.80392	0.38048
PPO <sub>9</sub>	Nemačka	0.94551	PPO <sub>25</sub>	1.00000	0.94551
PPO <sub>10</sub>	V. Britanija	0.46263	PPO <sub>1</sub>	1.00000	0.46263
PPO <sub>11</sub>	Grčka	0.56198	PPO <sub>24</sub> , PPO <sub>25</sub>	1.00000	0.56198
PPO <sub>12</sub>	Mađarska	0.09707	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>25</sub>	0.11309	0.85834
PPO <sub>13</sub>	Irska	0.23249	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub>	0.28302	0.82146
PPO <sub>14</sub>	Italija	0.17023	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub>	0.20119	0.84611
PPO <sub>15</sub>	Letonija	0.03285	PPO <sub>1</sub>	0.20098	0.16346
PPO <sub>16</sub>	Litvanija	0.04344	PPO <sub>1</sub>	0.21147	0.20543
PPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0.32340	PPO <sub>1</sub>	0.73492	0.44005
PPO <sub>18</sub>	Malta	0.19875	PPO <sub>1</sub>	1.00000	0.19875
PPO <sub>19</sub>	Holandija	0.79696	PPO <sub>1</sub>	0.80875	0.98543
PPO <sub>20</sub>	Poljska	0.03069	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>25</sub>	0.03610	0.85018
PPO <sub>21</sub>	Portugal	0.46344	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub>	0.48475	0.95604
PPO <sub>22</sub>	Rumunija	0.05130	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub>	0.08887	0.57726
PPO <sub>23</sub>	Slovačka	0.12233	PPO <sub>1</sub>	0.16045	0.76245
PPO <sub>24</sub>	Slovenija	1.00000		1.00000	1.00000
PPO <sub>25</sub>	Španija	1.00000		1.00000	1.00000
PPO <sub>26</sub>	Švedska	0.40714	PPO <sub>1</sub> , PPO <sub>24</sub> , PPO <sub>25</sub>	0.41553	0.97983
PPO <sub>27</sub>	Srbija	0.11897	PPO <sub>24</sub> , PPO <sub>25</sub>	0.34138	0.34851
Prosek		0.34991		0.51441	0.64940

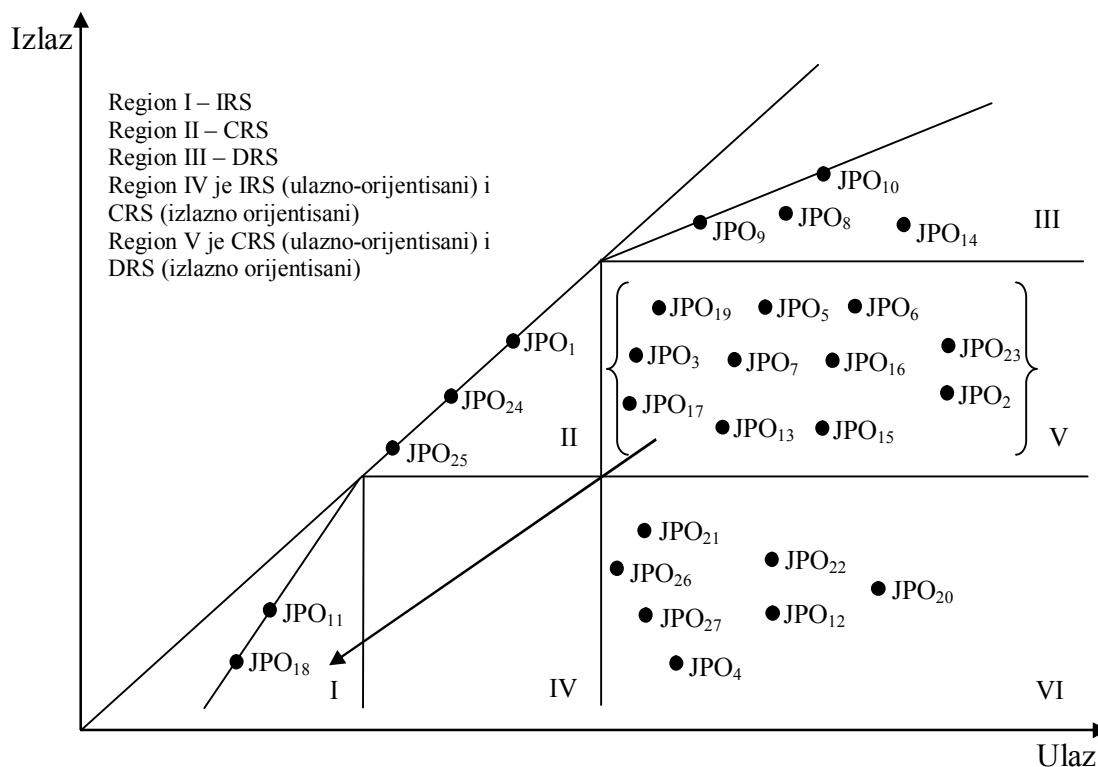
BCC ocena meri čistu tehničku efikasnost pod pretpostavkom promenljivog RTS. U ovom empirijskom istraživanju, postoje četiri javna poštanska operatora kojima je dodeljen BCC efikasan status, pored već tri JPO koji zadržavaju svoj prethodni efikasan status. Ta četiri javna poštanska operatora su u Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Grčkoj i

Malti. Na primer, može se zaključiti da javni poštanski operator u Grčkoj ima efikasan rad ( $\theta_{BCC}^* = 1$ ). Dodatno, može se smatrati da svi javni poštanski operatori koji imaju BCC ocenu iznad proseka (0.51441) imaju dobru radnu praksu. To su JPO u Austriji, Kipru, Francuskoj, Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Grčkoj, Luksemburgu, Malti, Holandiji, Sloveniji i Španiji.

Na osnovu rezultata razmernih ocena efikasnosti iz Tabele 3.3, javni poštanski operatori koji imaju dobar odnos ostvarenog rezultata rada i angažovanih resursa (rade u konkurentnim uslovima) su JPO u Austriji, Češkoj Republici, Danskoj, Finskoj, Nemačkoj, Mađarskoj, Irskoj, Italiji, Holandiji, Poljskoj, Portugalu, Slovačkoj, Sloveniji, Španiji i Švedskoj. Njihova razmerna ocena efikasnosti je veća od prosečne vrednosti (0.64940). Neke od njih, iako imaju dobar odnos rezultata i resursa, pokazuju neefikasnost u radu. Mogu se uočiti takvi primeri kod javnih poštanskih operatora u Češkoj Republici, Poljskoj i Portugalu. Postoje suprotni slučajevi gde javni poštanski operatori rade u nekonkurentnim uslovima ali imaju efikasnost rada iznad proseka, na primer JPO u Kipru i Luksemburgu. Pored toga, postoje javni poštanski operatori kao što su JPO u Bugarskoj, Estoniji, Letoniji, Litvaniji, Rumuniji, Slovačkoj i Srbiji koji obavljaju delatnost u nekonkurentnim uslovima i pokazuju neefikasnost u radu.

Korišćenjem M3.1 ili M3.1' modela, dobijeno je da se javni poštanski operatori nalaze unutar četiri RTS regiona I, II, III i VI (videti sliku 3.3). Regioni IV i V su prazni.

RTS klasifikacija posmatranih javnih poštanskih operatora je prikazana u Tabeli 3.4, određena je ulazno-orijentisanim CCR modelom. Kao što je to utvrđeno u Teoremi 1, kod DMU sa  $\sum_{j \in E_o} \lambda_j^* = 1$  dominira konstantni RTS. To znači da ove DMU su unutar MPSS (CCR i BCC ocene su jednake 1), tj. one imaju optimalan odnos angažovanih resursa i dobijenih rezultata. JPO u Austriji, Sloveniji i Španiji imaju ovaj status, dok JPO u Nemačkoj i Holandiji su blizu da to postignu. Može se primetiti da 24 od 27 javnih poštanskih operatora imaju mogućnost da poboljšaju svoju efikasnost promenom ovog odnosa do optimalne vrednosti.



Slika 3.3 RTS regioni

Rezultati izvedene analize stabilnosti su date u poslednjoj koloni Tabele 3.4 (oznaka "-" označava da nisu potrebne ulazne preturbacije, znak "+" označava da su potrebne ulazne preturbacije). Kod javnih poštanskih operatora u Austriji, Sloveniji i Španiji vrednosti za donju i gornju granicu intervala stabilnosti su jednake 1. To potvrđuje prethodnu konstataciju da kod ovih JPO postoji optimalan odnos ulaza i izlaza. Ostali JPO imaju vrednost za donju granicu intervala stabilnosti manju od 1 ili vrednost za gornju granicu intervala stabilnosti veću od 1. To ukazuje da oni mogu efikasan status da postignu ako izvrše preturbacije svojih ulaza.

U ovoj studiji, viškovi u ulazima (neumerenost u korišćenju resursa) i deficit u izlazu (manjak u postignutom rezultatu rada) određeni su korišćenjem M3.3 modela. To je urađeno za sve javne poštanske operatore kod kojih je analiza stabilnosti ukazala na potrebu za racionalizacijom resursa. Analitički rezultati su prikazani u Tabeli 3.5. Na primer, za javni poštanski operator u Srbiji, rezultati pokazuju da ne postoji višak u broju zaposlenih. To se zaključuje na osnovu vrednosti ulaznih slakova za prvi i drugi ulaz, tj.  $s_1^- = s_2^- = 0$ . Kod ovog operatora, višak je identifikovan u ukupnom broju jedinica poštanske mreže jer je za ovaj ulaz dobijeno  $s_3^- = 365$ . Vrednost

$s_1^+ = 1,800,442,588$  pokazuje da JPO u Srbiji ima veliki deficit u ukupnom broju prenetih pismonosnih pošiljaka, tj. trenutni broj prenetih pošiljaka godišnje, trebalo bi da bude veći za oko 1.8 milijardi.

**Tabela 3.4** RTS klasifikacija i analiza stabilnosti

JPO	Naziv JPO	CCR		Analiza stabilnosti	
		$\sum_{j \in E_o} \lambda_j^*$	RTS klasifikacija	Interval stabilnosti	Ulazne preturbacije
JPO <sub>1</sub>	Austrija	1.00000	Konstantni	(1, 1)	-
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	0.00308	Rastući	(1, 1.98331)	+
JPO <sub>3</sub>	Kipar	0.00946	Rastući	(1, 24.13585)	+
JPO <sub>4</sub>	Č. Republika	0.41428	Rastući	(0.61041, 1)	+
JPO <sub>5</sub>	Danska	0.12872	Rastući	(1, 2.36478)	+
JPO <sub>6</sub>	Estonija	0.00445	Rastući	(1, 7.15360)	+
JPO <sub>7</sub>	Finska	0.13467	Rastući	(1, 1.92229)	+
JPO <sub>8</sub>	Francuska	2.70674	Opadajući	(0.11300, 1)	+
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	3.86165	Opadajući	(0.24485, 1)	+
JPO <sub>10</sub>	V. Britanija	2.90817	Opadajući	(0.15908, 1)	+
JPO <sub>11</sub>	Grčka	0.16556	Rastući	(1, 3.39434)	+
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	0.13869	Rastući	(0.69990, 1)	+
JPO <sub>13</sub>	Irska	0.12627	Rastući	(1, 1.84123)	+
JPO <sub>14</sub>	Italija	2.93233	Opadajući	(0.05805, 1)	+
JPO <sub>15</sub>	Letonija	0.00465	Rastući	(1, 7.06850)	+
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	0.00589	Rastući	(1, 7.37714)	+
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0.01783	Rastući	(1, 18.14000)	+
JPO <sub>18</sub>	Malta	0.00565	Rastući	(1, 35.16939)	+
JPO <sub>19</sub>	Holandija	0.60772	Rastući	(1, 1.31139)	+
JPO <sub>20</sub>	Poljska	0.13263	Rastući	(0.23138, 1)	+
JPO <sub>21</sub>	Portugal	0.84328	Rastući	(0.54957, 1)	+
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	0.25133	Rastući	(0.20413, 1)	+
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	0.06850	Rastući	(1, 1.78580)	+
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	1.00000	Konstantni	(1, 1)	-
JPO <sub>25</sub>	Španija	1.00000	Konstantni	(1, 1)	-
JPO <sub>26</sub>	Švedska	0.70363	Rastući	(0.57863, 1)	+
JPO <sub>27</sub>	Srbija	0.21345	Rastući	(0.55737, 1)	+

Tumačenje rezultata iz Tabele 3.5 može da bude izvedeno za sve ostale operatore analogno kao za slučaj JPO u Srbiji. Interesantno je da se uoče rezultati koji su dobijeni za JPO u Francuskoj i Švedskoj. Oni pokazuju da ovi operatori nemaju neumerenost u



korišćenju posmatranih resursa. Međutim, ova dva operatora bi trebalo da sa postojećim resursima ostvaruju veći broj prenetih pismonosnih pošiljaka na godišnjem nivou. Između ostalog, rezultati iz Tabele 3.5 su pokazali da ne postoji nijedan javni poštanski operator koji ima višak u svim posmatranim ulazima.

**Tabela 3.5** Rezultati izvedeni modelom M3.3

JPO	Naziv JPO	Višak u ulazima			Deficit u izlazu
		$s_1^-$	$s_2^-$	$s_3^-$	$s_1^+$
PPO <sub>2</sub>	Bugarska	0	1,839	2,033	3,114,487,127
PPO <sub>3</sub>	Kipar	0	873	1,004	198,713,609
PPO <sub>4</sub>	Č. Republika	0	1,660	328	7,606,959,104
PPO <sub>5</sub>	Danska	5,513	4,558	0	1,828,151,596
PPO <sub>6</sub>	Estonija	0	0	95	786,107,775
PPO <sub>7</sub>	Finska	11,112	5,489	0	2,396,122,340
PPO <sub>8</sub>	Francuska	0	0	0	33,812,705,284
PPO <sub>9</sub>	Nemačka	242,900	0	0	1,140,159,598
PPO <sub>10</sub>	V. Britanija	8,876	14,155	0	20,994,256,702
PPO <sub>11</sub>	Grčka	0	0	1,065	348,017,661
PPO <sub>12</sub>	Mađarska	1,731	0	0	7,972,556,236
PPO <sub>13</sub>	Irska	0	0	322	2,028,065,495
PPO <sub>14</sub>	Italija	0	0	1,410	24,051,480,568
PPO <sub>15</sub>	Letonija	0	1,506	305	850,366,563
PPO <sub>16</sub>	Litvanija	0	3,700	460	805,868,284
PPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0	333	12	231,813,010
PPO <sub>18</sub>	Malta	0	13	10	141,593,030
PPO <sub>19</sub>	Holandija	0	43,630	1,166	962,239,540
PPO <sub>20</sub>	Poljska	12	0	0	25,970,009,592
PPO <sub>21</sub>	Portugal	0	0	1,536	1,005,567,563
PPO <sub>22</sub>	Rumunija	0	0	2,915	5,411,359,203
PPO <sub>23</sub>	Slovačka	0	2,907	536	3,054,483,395
PPO <sub>26</sub>	Švedska	0	0	0	3,248,620,408
PPO <sub>27</sub>	Srbija	0	0	365	1,800,442,588

Konačno, optimalne vrednosti ulaza i izlaza mogu da budu izračunate razvijanjem relacija (3.1) i (3.2), respektivno, za svaki posmatrani javni poštanski operator. U ovoj studiji one su bile razvijene korišćenjem rešenja M3.3 modela. Na primer, za slučaj JPO u Srbiji je:

$$x_1^{opt.} = x_1 - s_1^- = 14,659 - 0 = 14,659$$

$$x_2^{opt.} = x_2 - s_2^- = 280 - 0 = 280$$

$$x_3^{opt.} = x_3 - s_3^- = 1,507 - 365 = 1,142$$

$$y_1^{opt.} = y_1 + s_1^+ = 243,130,583 + 1,800,442,588 = 2,043,573,171$$

Analogno kao na primeru JPO iz Srbije, optimizacija može biti izvršena za sve ostale poštanske operatore iz posmatranog skupa. Tako izvedeni rezultati su prikazani u Tabeli 3.6.

**Tabela 3.6** Optimizacija

JPO	Naziv JPO	Optimalni ulazi			Optimalan izlaz
		$x_1^{opt.}$	$x_2^{opt.}$	$x_3^{opt.}$	$y_1^{opt.}$
PPO <sub>2</sub>	Bugarska	8,689	1,957	948	3,133,646,782
PPO <sub>3</sub>	Kipar	714	161	78	257,500,725
PPO <sub>4</sub>	Č. Republika	28,232	6,360	3,080	10,181,737,364
PPO <sub>5</sub>	Danska	7,287	1,642	795	2,628,151,596
PPO <sub>6</sub>	Estonija	2,290	502	248	811,945,175
PPO <sub>7</sub>	Finska	8,965	2,019	978	3,233,122,340
PPO <sub>8</sub>	Francuska	204,387	25,900	17,054	48,712,705,284
PPO <sub>9</sub>	Nemačka	269,247	0	13,000	20,924,159,598
PPO <sub>10</sub>	V. Britanija	108,330	24,403	11,818	39,068,547,873
PPO <sub>11</sub>	Grčka	9,060	28	481	794,523,161
PPO <sub>12</sub>	Mađarska	26,861	5,368	2,746	8,829,612,901
PPO <sub>13</sub>	Irska	7,825	1,584	834	2,642,385,495
PPO <sub>14</sub>	Italija	133,426	11,025	12,513	28,985,798,469
PPO <sub>15</sub>	Letonija	2,438	549	266	879,253,177
PPO <sub>16</sub>	Litvanija	2,336	526	255	842,467,359
PPO <sub>17</sub>	Luksemburg	950	214	104	342,613,010
PPO <sub>18</sub>	Malta	490	110	53	176,716,184
PPO <sub>19</sub>	Holandija	13,141	2,960	1,434	4,739,239,540
PPO <sub>20</sub>	Poljska	77,536	16,534	8,207	26,792,185,592
PPO <sub>21</sub>	Portugal	11,608	315	1,020	1,874,115,563
PPO <sub>22</sub>	Rumunija	32,630	1,319	2,912	5,703,994,407
PPO <sub>23</sub>	Slovačka	9,650	2,174	1,053	3,480,226,890
PPO <sub>26</sub>	Švedska	19,222	2,918	1,924	5,479,620,408
PPO <sub>27</sub>	Srbija	14,659	280	1,142	2,043,573,171

#### **4. MODEL ZA OPTIMIZACIJU TROŠKOVA I PRIHODA - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora**

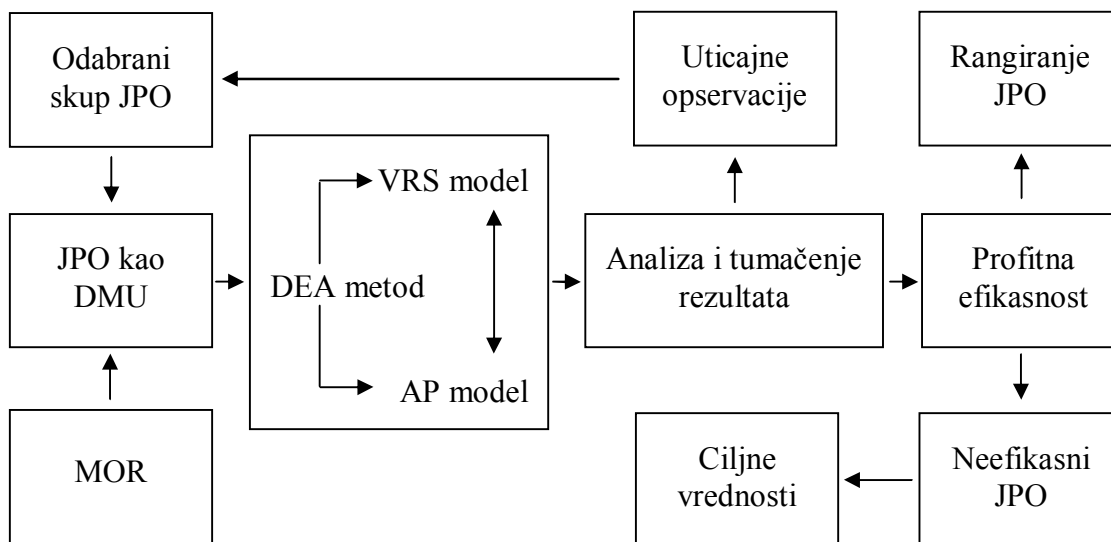
U prethodnom poglavlju disertacije, postavljeni problem optimizacije resursa je bio rešen merenjem tehničke efikasnosti. To je podrazumevalo da je poređenje definisano u smislu proizvodne mogućnosti. U ovom poglavlju, predložen je model za optimizaciju troškova i prihoda (MOTP) javnog poštanskog operatora. Optimizacija se zasniva na neparametarskom merenju ekonomske (ukupne) efikasnosti. U modelu su upotrebljene tri kvantitativne i tri cenovne promenljive sa podacima za jedan vremenski period. Testiranje i verifikacija modela je izvršena na istom skupu javnih poštanskih operatora (JPO) i sa podacima iz istog izvora kao u slučaju modela za optimizaciju resursa (MOR). Rezultati dobijeni u studiji koja je predstavljena u ovom poglavlju disertacije, objavljeni su u radu **Ralević** i sar. (2013).

##### **4.1 Predloženi model za optimizaciju troškova i prihoda**

Studije u kojima se neparametarskim pristupom razmatra tehnička efikasnost u oblasti poštanskog saobraćaja, predstavljene su u trećem poglavlju disertacije u odeljku 3.1. Pregledom literature u (WOS, 2014) za vremenski period 1996-2014, utvrđeno je da ne postoje radovi koji koriste ovaj pristup za razmatranje ekonomske efikasnosti u poštanskom sektoru. Tako, predloženi model, pored praktičnog značaja koji ima u rešavanju problema optimizacije troškova i prihoda, ima teorijski značaj jer doprinosi daljem razvoju primene matematičkog programiranja u oblasti poštanskog saobraćaja.

Model za optimizaciju troškova i prihoda (MOTP) predstavljen je na slici 4.1. On je baziran na merenju ekonomske efikasnosti korišćenjem DEA pristupa. Model zahteva da fizička količina ulaza i izlaza posmatranih DMU (u ovom slučaju to su javni poštanski operatori) bude definisana kao kod modela za optimizaciju resursa (MOR) uz elemente troškova za ulaze i prihoda za izlaze. Rezultati dobijeni u ovoj studiji izvedeni su u dve etape. To je bilo potrebno jer su u prvoj etapi uočene uticajne opservacije u posmatranom skupu. One su bile otkrivene korišćenjem AP modela. U drugoj etapi, analitički postupak merenja profitne efikasnosti je ponovljen bez uticajnih opservacija. To je omogućilo da se odrede javni poštanski operatori koji nemaju optimalan odnos

troškova i prihoda. Za tu svrhu bio je izabran VRS model. Dalje kalkulacije efikasnosti na posmatranom skupu, izvedene su kvantifikacijom ocena troškovne i prihodne efikasnosti. One su bile iskorišćene da se dobiju optimalne vrednosti za troškove i prihode.



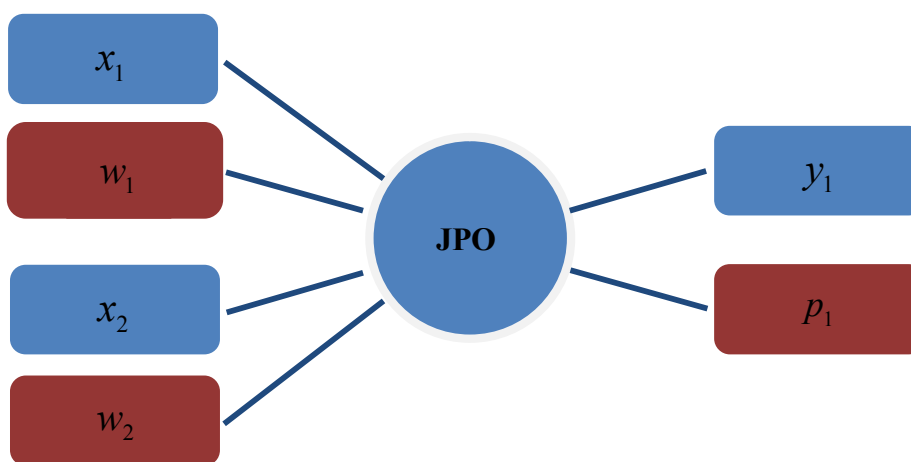
Slika 4.1 Predloženi model za optimizaciju troškova i prihoda

#### 4.1.1 Uzorak i promenljive

Predloženi model je bio testiran i verifikovan na uzorku koji je dat u Tabeli 3.1. Posmatrani su JPO u državama Evropske Unije: Austrija (Österreichische Post AG), Bugarska (Bulgarian Posts), Kipar (Cyprus Post), Češka Republika (Česká pošta), Danska (Post Denmark), Estonija (Eesti Post), Finska (Itella Posti Oy), Francuska (La poste), Nemačka (Deutsche Post), Velika Britanija (Royal Mail Group plc), Grčka (Hellenic Post ELTA), Mađarska (Magyar Posta), Irska (An Post), Italija (Poste Italiane), Letonija (Latvijas Pasts), Litvniija (Lietuvos paštas), Luksemburg (P & T Luxembourg), Malta (Malta Post), Holandija (PostNL), Poljska (Poczta Polska), Portugal (CTT – Correios), Rumunija (Posta Romana), Slovačka (Slovenská pošta), Slovenija (Pošta Slovenije d.o.o), Španija (Correos y Telégrafos) i Švedska (Posten Sweden Post) i JPO u Srbiji (JP "Pošta Srbije").

Izbor promenljivih za definisanje javnog poštanskog operatora kao DMU uslovljen je ulaznim i izlaznim parametrima iz modela za optimizaciju resursa koji je predstavljen

u trećem poglavlju disertacije. JPO kao DMU prikazan je na slici 4.2. Posmatran je ukupan broj zaposlenih ( $x_1$ ) kao zbir zaposlenih sa punim i nepunim radnim vremenom, ukupan broj jedinica poštanske mreže ( $x_2$ ) i ukupan broj prenetih pismonosnih pošiljaka u domaćem saobraćaju ( $y_1$ ) sa ulaznim cenama za svaki ulaz i izlaznom cenom za izlaz. Na slici 4.2, promenljive ( $w_1$ ) i ( $w_2$ ) predstavljaju troškove za zaposlene (engl. *Labour Costs*) i ostale troškove koji su potrebni za rad jedinica poštanske mreže (engl. *Intermediate Consumption*), respektivno. Zbir ovih troškova čini ukupne operativne troškove (engl. *Operating Expenditure*). Oznaka ( $p_1$ ), na slici 4.2, onačava operativni prihod (engl. *Operating Revenue*).



**Slika 4.2** JPO kao DMU za merenje ekonomske efikasnosti

Na osnovu kvantifikovanih ulaza, izlaza, ulaznih i izlaznih cena, cilj je da se izmeri profitna efikasnost koja je ključna za optimizaciju troškova i prihoda. Pored dostupnih i pouzdanih ulaza i izlaza (Tabela 3.2), za uspešnu realizaciju MOTP potrebno je da i ulazne i izlazne cene budu raspoložive i pouzdane. Podaci o cenama za svakog operatora iz posmatranog uzorka dati su u Tabeli 4.1. Cene su iskazane u SDR (engl. *Special Drawing Rights*). To je međunarodna obračunska jedinica koju je utvrdio i definisao Međunarodni monetarni fond (MMF).

Tabela 4.1 Podaci o cenama

JPO	Naziv JPO	Ulazne cene		Izlazna cena
		$w_1$ (SDR) <sup>1</sup>	$w_2$ (SDR)	$p_1$ (SDR)
JPO <sub>1</sub>	Austrija	1,228,976,411	661,756,529	2,041,449,031
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	41,035,063	22,095,803	60,315,294
JPO <sub>3</sub>	Kipar	15,990,376	8,610,203	27,540,871
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	433,402,241	233,370,437	678,783,654
JPO <sub>5</sub>	Danska	654,347,580	352,341,004	1,096,927,786
JPO <sub>6</sub>	Estonija	25,518,113	13,740,522	40,101,095
JPO <sub>7</sub>	Finska	1,057,742,207	569,553,496	1,622,325,190
JPO <sub>8</sub>	Francuska	11,319,418,703	6,095,071,609	17,978,938,500
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	28,717,733,782	15,463,395,114	46,233,361,415
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	4,443,957,704	2,392,900,302	7,295,065,458
JPO <sub>11</sub>	Grčka	258,136,325	138,996,482	402,954,527
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	341,093,648	183,665,811	532,216,604
JPO <sub>13</sub>	Irska	440,542,292	237,215,080	679,612,468
JPO <sub>14</sub>	Italija	4,564,516,122	2,457,816,373	8,116,337,382
JPO <sub>15</sub>	Letonija	28,908,377	15,566,049	45,700,689
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	29,718,725	16,002,391	45,936,524
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	84,574,562	45,540,149	137,172,905
JPO <sub>18</sub>	Malta	10,219,794	5,502,966	18,290,353
JPO <sub>19</sub>	Holandija	2,153,706,824	1,159,688,290	3,620,050,548
JPO <sub>20</sub>	Poljska	736,600,887	396,631,247	1,152,241,727
JPO <sub>21</sub>	Portugal	313,164,743	168,627,169	526,838,248
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	187,061,432	100,725,386	250,786,343
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	166,501,306	89,654,549	251,086,773
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	119,166,193	64,166,412	200,808,383
JPO <sub>25</sub>	Španija	1,262,655,826	679,891,599	2,015,989,160
JPO <sub>26</sub>	Švedska	1,689,852,468	909,920,560	2,724,323,813
JPO <sub>27</sub>	Srbija	102,344,532	55,108,594	169,793,977

Izvor: Svetski poštanski savez (2014),

[http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

<sup>1</sup>1 SDR = 1.2938 EUR za 30.12.2011. godinu

#### 4.1.2 DEA metod za merenje profitne efikasnosti

U drugom poglavlju doktorske disertacije u pododeljku 2.3.2, predstavljeni su modeli za merenje ekonomske efikasnosti koji koriste novi pristup u merenju. Profitna efikasnost posmatranih javnih poštanskih operatora je određena korišćenjem VRS

modela (videti M4.1 model). Tako, posmatrani javni poštanski operator je profitno efikasan ako i samo ako je ocena profitne efikasnosti  $\pi^* = 1$  i benčmarkovi  $\lambda_j = 0$  za svako  $j$ , osim za posmatrani JPO<sub>0</sub> za koji je  $\lambda = 1$ . Da se otkriju uticajne opservacije iz uzorka i identifikuju ekstremne profitne efikasnosti, korišćen je AP model za merenje super-efikasnosti (videti M4.2 model).

M4.1 model

$$\pi^* = \max \frac{\sum_{r=1}^s p_r^0 \tilde{y}_{r0}}{\sum_{r=1}^s p_r^0 y_{r0}} - \frac{\sum_{i=1}^m w_i^0 \tilde{x}_{i0}}{\sum_{i=1}^m w_i^0 x_{i0}}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \tilde{x}_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \tilde{y}_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1;$$

$$\tilde{x}_{i0} \leq x_{i0}, \quad \tilde{y}_{r0} \geq y_{r0};$$

$$\lambda_j, \tilde{x}_{i0}, \tilde{y}_{r0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

M4.2 model

$$\theta^{SE*} = \min \theta^{SE}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j x_{ij} \leq \theta^{SE} x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \setminus \{j_0\}} \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

$$j_0 \in \{1, 2, 3, \dots, n\},$$

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

AP model je nastao kao modifikacija originalnog CCR DEA modela. U radu (Banker i Chang, 2006) je dokazano da ovaj model za merenje super-efikasnosti može biti korišćen u otkrivanju uticajnih opservacija, tj. nestandardnih DMU. Nestandardne

DMU utiču na objektivnost analize unoseći "šum". Zbog toga je veoma važno da one budu otkrivene. Pored toga, AP model je korišćen kao dodatak M4.1 modelu za rangiranje profitne efikasnosti koju postižu posmatrani javi poštanski operatori. Kao što je utvrđeno u drugom poglavlju doktorske disertacije u pododeljku 2.3.3, AP model (ulazno orijentisan) dodeljuje efikasnim DMU ocenu super-efikasnosti ( $\theta^{SE^*}$ ) višu od 1. To omogućava da se efikasne DMU rangiraju na osnovu ovih ocena. Tako, najbolju efikasnost postiže ona efikasna DMU<sub>0</sub> koja ima najvišu ocenu super-efikasnosti.

#### 4.1.3 Optimalne vrednosti za troškove i prihode

Optimizacija troškova i prihoda je potrebna kod DMU koja pokazuje profitnu neefikasnost. Optimalne vrednosti za troškove i prihode moguće je odrediti na osnovu ocena troškovne efikasnosti (videti M4.3 model) i prihodne efikasnosti (videti M4.4 model). Karakteristike ovih modela predstavljene su u drugom poglavlju doktorske disertacije u pododeljku 2.3.2. Ocena  $c^*$  iz M4.3 modela upućuje na potrebno smanjenje nivoa troškova, dok ocena  $r^*$  u M4.4 modelu ukazuje na ciljni nivo prihoda.

M4.3 model

$$c^* = \min \frac{\sum_{i=1}^m w_i^0 \tilde{x}_{i0}}{\sum_{i=1}^m w_i^0 x_{i0}}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \tilde{x}_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1;$$

$$\tilde{x}_{i0} \leq x_{i0};$$

$$\lambda_j, \tilde{x}_{i0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$



#### M4.4 model

$$r^* = \max \frac{\sum_{r=1}^s p_r^0 \tilde{y}_{r0}}{\sum_{r=1}^s p_r^0 y_{r0}}$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \tilde{y}_{r0}, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1;$$

$$\tilde{y}_{r0} \geq y_{r0};$$

$$\lambda_j, \tilde{y}_{r0} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

## 4.2 Rezultati optimizacije troškova i prihoda

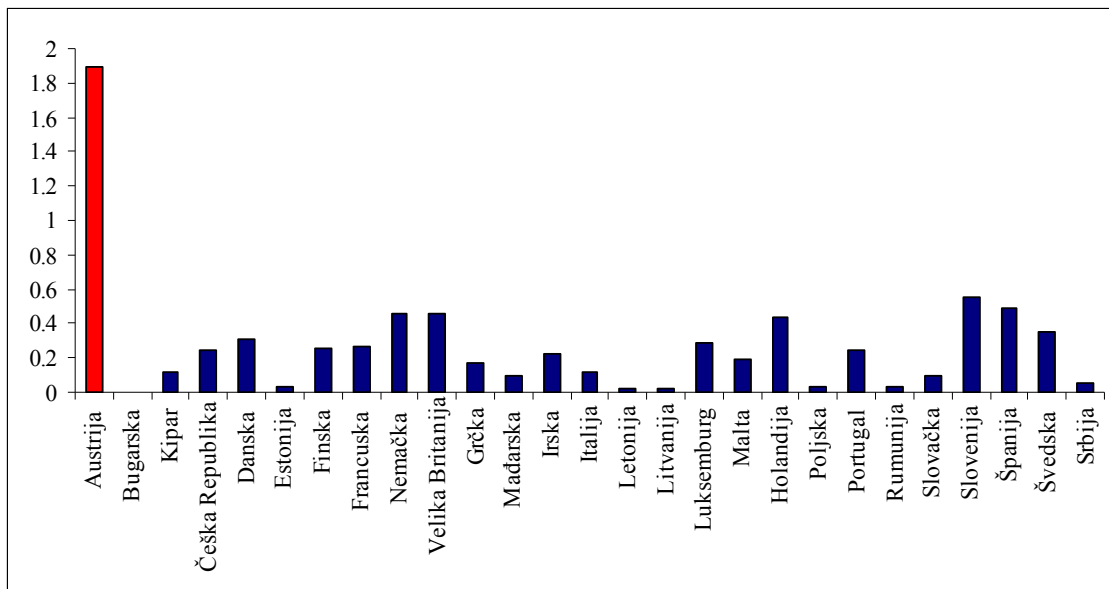
Primena M4.1 i M4.2 modela za posmatrani uzorak je izvršena u dve etape. U prvoj etapi posmatrani su svi javni poštanski operatori. U drugoj etapi bio je isključen JPO koji je identifikovan kao nestandardan. Korišćenjem M4.1 i M4.2 modela, dobijene su ocene profitne efikasnosti  $\pi^*$  i ocene super-efikasnosti  $\theta^{SE^*}$ , respektivno. Analitički rezultati iz prve etape prikazani su u Tabeli 4.2. Oni pokazuju da je javni poštanski operator u Austriji nestandardna DMU. Ovaj operator ima nekoliko puta veću ocenu super-efikasnosti od bilo kog drugog operatora (videti sliku 4.3). To znači da dobijene ocene profitne efikasnosti predstavljene u Tabeli 4.2 nisu objektivne. Zbog toga, bilo je potrebno da se izvrši druga etapa u kojoj se ne posmatra JPO u Austriji. Analitički rezultati iz ove etape su predstavljeni u Tabeli 4.3. U drugoj etapi ne postoji velika nesrazmernost ocena super-efikasnosti (videti sliku 4.4) kao u slučaju prve etape. Dalje, optimalne vrednosti dualnih promenljivih  $\lambda_j^*$  su određene korišćenjem M4.1 modela. To je bilo potrebno da bi se odredio referentni skup za svaki profitno neefikasni JPO. Ovi rezultati su prikazani u Tabeli 4.4.

**Tabela 4.2** Ocene efikasnosti iz prve etape

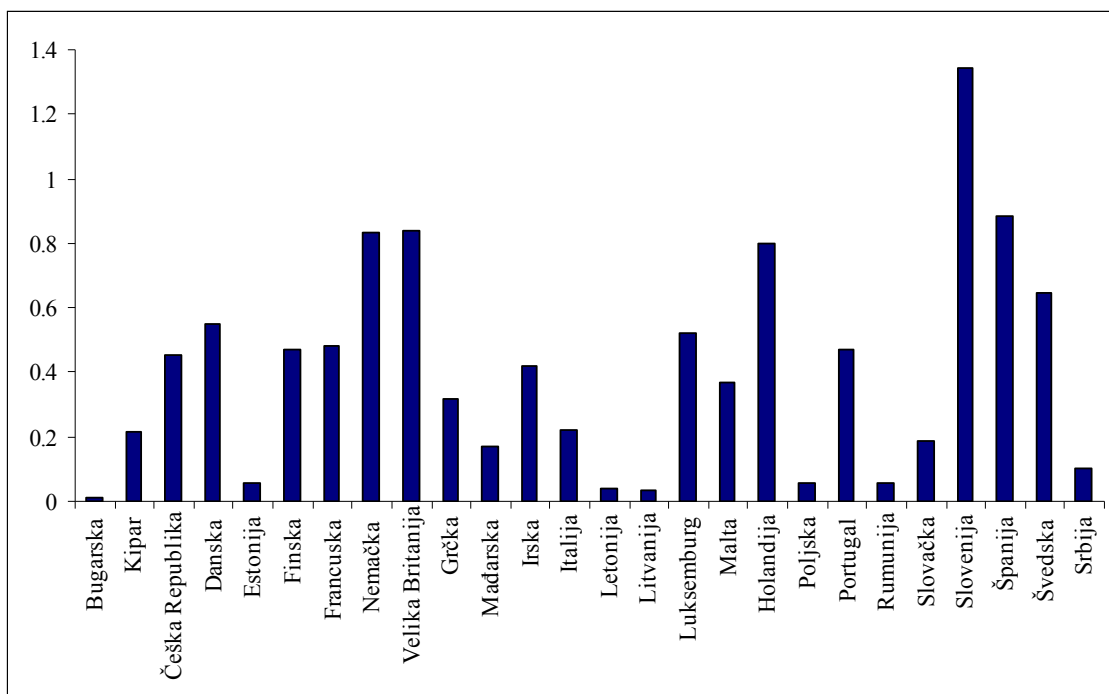
JPO	Naziv JPO	Profitna efikasnost	Super-efikasnost
		$\pi^*$	$\theta^{SE^*}$
JPO <sub>1</sub>	Austrija	1.00000	1.89006
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	0.00530	0.00521
JPO <sub>3</sub>	Kipar	0.15583	0.11426
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	0.34111	0.24130
JPO <sub>5</sub>	Danska	0.31686	0.30440
JPO <sub>6</sub>	Estonija	0.03734	0.03144
JPO <sub>7</sub>	Finska	0.26595	0.25888
JPO <sub>8</sub>	Francuska	0.80838	0.26429
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	1.00000	0.46035
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	1.00000	0.46263
JPO <sub>11</sub>	Grčka	0.17241	0.16692
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	0.11822	0.09441
JPO <sub>13</sub>	Irska	0.22867	0.22182
JPO <sub>14</sub>	Italija	0.28893	0.11605
JPO <sub>15</sub>	Letonija	0.02398	0.02184
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	0.02002	0.01895
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0.51443	0.28893
JPO <sub>18</sub>	Malta	1.00000	0.19466
JPO <sub>19</sub>	Holandija	0.53245	0.43943
JPO <sub>20</sub>	Poljska	0.06503	0.03030
JPO <sub>21</sub>	Portugal	0.25217	0.24749
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	0.03984	0.02929
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	0.09922	0.09819
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	0.59176	0.55114
JPO <sub>25</sub>	Španija	0.65734	0.48688
JPO <sub>26</sub>	Švedska	0.35594	0.35076
JPO <sub>27</sub>	Srbija	0.05585	0.05529

Rezultati iz Tabela 4.3 i 4.4, pokazuju da javni poštanski operatori u Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Malti, Sloveniji i Španiji ispunjavaju potreban i dovoljan uslov profitne efikasnosti. To znači da ovi operatori imaju optimalan odnos troškova i prihoda. Kao takvi, oni se pojavljuju u referentnim skupovima i predstavljaju dobru praksu raspodele troškova i prihoda za ostale neefikasne operatore. Na primer, za javnog poštanskog operatora u Srbiji, određen je referentni skup koji se sastoji od JPO u Velikoj Britaniji ( $\lambda_{10} = 0.05651$ ) i Sloveniji ( $\lambda_{24} = 0.94349$ ). Može se dalje izvesti

zaključak da je operator u Sloveniji više odgovarajući benčmark nego operator u Velikoj Britaniji jer je  $\lambda_{24} > \lambda_{10}$ . U praksi, to bi značilo da odnos troškova i prihoda koji postoji kod JPO u Sloveniji treba da bude cilj za operatora u Srbiji.



Slika 4.3 Raspodela ocena super-efikasnosti iz prve etape



Slika 4.4 Raspodela ocena super-efikasnosti iz druge etape

**Tabela 4.3** Ocene efikasnosti iz druge etape

JPO	Naziv JPO	Profitna efikasnost	Super-efikasnost
		$\pi^*$	$\theta^{SE^*}$
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	0.01129	0.00985
JPO <sub>3</sub>	Kipar	0.26302	0.21596
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	0.58341	0.45607
JPO <sub>5</sub>	Danska	0.57679	0.55230
JPO <sub>6</sub>	Estonija	0.06511	0.05942
JPO <sub>7</sub>	Finska	0.50021	0.46972
JPO <sub>8</sub>	Francuska	0.80838	0.47953
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	1.00000	0.83527
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	1.00000	0.83940
JPO <sub>11</sub>	Grčka	0.34129	0.31549
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	0.20645	0.17130
JPO <sub>13</sub>	Irska	0.45675	0.41925
JPO <sub>14</sub>	Italija	0.29404	0.21935
JPO <sub>15</sub>	Letonija	0.04253	0.04128
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	0.03589	0.03581
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0.79000	0.52425
JPO <sub>18</sub>	Malta	1.00000	0.36792
JPO <sub>19</sub>	Holandija	0.89693	0.79731
JPO <sub>20</sub>	Poljska	0.07458	0.05612
JPO <sub>21</sub>	Portugal	0.53209	0.46777
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	0.07051	0.05535
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	0.21796	0.18558
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	1.00000	1.34208
JPO <sub>25</sub>	Španija	1.00000	0.88340
JPO <sub>26</sub>	Švedska	0.79673	0.64707
JPO <sub>27</sub>	Srbija	0.12297	0.10451
Prosek		0.48796	

Rezultati dobijeni u Tabeli 4.3, pokazuju da je prosečna profitna efikasnost oko 50% (0.48796). S obzirom na obavezu pružanja poštanskih usluga na celoj teritoriji jedne države, može se smatrati da svi JPO koji postižu efikasnost veću od prosečne imaju relativno dobar odnos troškova i prihoda. To su pored onih operatora koji su postigli profitnu efikasnost još JPO u Holandiji, Francuskoj, Švedskoj, Luksemburgu, Češkoj Republici, Danskoj, Portugalu i Finskoj. Svi ostali operatori (JPO u Bugarskoj, Kipru,

Estoniji, Grčkoj, Mađarskoj, Irskoj, Italiji, Letoniji, Litvaniji, Poljskoj, Rumuniji, Slovačkoj i Srbiji) imaju nezadovoljavajući odnos troškova i prihoda.

**Tabela 4.4** Vrednosti dualnih promenljivih

JPO	Naziv JPO	$\lambda_j^*$	Referentni skup
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	$\lambda_{10} = 0.04006$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.95994}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>3</sub>	Kipar	$\lambda_{18} = \mathbf{0.80737}$ ; $\lambda_{24} = 0.19263$	Malta; Slovenija
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	$\lambda_{10} = 0.19930$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.80070}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>5</sub>	Danska	$\lambda_{24} = \mathbf{0.90902}$ ; $\lambda_{25} = 0.09098$	<b>Slovenija</b> ; Španija
JPO <sub>6</sub>	Estonija	$\lambda_{18} = \mathbf{0.63018}$ ; $\lambda_{24} = 0.36982$	<b>Malta</b> ; Slovenija
JPO <sub>7</sub>	Finska	$\lambda_{24} = \mathbf{0.83936}$ ; $\lambda_{25} = 0.16064$	<b>Slovenija</b> ; Španija
JPO <sub>8</sub>	Francuska	$\lambda_9 = 0.20911$ ; $\lambda_{10} = \mathbf{0.79089}$	Nemačka; <b>V. Britanija</b>
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	$\lambda_9 = 1.00000$	
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	$\lambda_{10} = 1.00000$	
JPO <sub>11</sub>	Grčka	$\lambda_{10} = 0.01731$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.98269}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	$\lambda_{10} = 0.18394$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.81606}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>13</sub>	Irska	$\lambda_{10} = 0.01946$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.98054}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>14</sub>	Italija	$\lambda_{10} = \mathbf{0.92421}$ ; $\lambda_{24} = 0.07579$	<b>V. Britanija</b> ; Slovenija
JPO <sub>15</sub>	Letonija	$\lambda_{18} = 0.34148$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.65852}$	Malta; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	$\lambda_{10} = 0.00038$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.99962}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	$\lambda_{18} = \mathbf{0.89249}$ ; $\lambda_{24} = 0.10751$	<b>Malta</b> ; Slovenija
JPO <sub>18</sub>	Malta	$\lambda_{18} = 1.00000$	
JPO <sub>19</sub>	Holandija	$\lambda_{24} = 0.22193$ ; $\lambda_{25} = \mathbf{0.77807}$	Slovenija; <b>Španija</b>
JPO <sub>20</sub>	Poljska	$\lambda_{10} = \mathbf{0.58675}$ ; $\lambda_{24} = 0.41325$	<b>V. Britanija</b> ; Slovenija
JPO <sub>21</sub>	Portugal	$\lambda_{10} = 0.03630$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.96370}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	$\lambda_{10} = 0.18387$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.81613}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	$\lambda_{10} = 0.05511$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.94489}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	$\lambda_{24} = 1.00000$	
JPO <sub>25</sub>	Španija	$\lambda_{25} = 1.00000$	
JPO <sub>26</sub>	Švedska	$\lambda_{10} = 0.10475$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.89525}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>
JPO <sub>27</sub>	Srbija	$\lambda_{10} = 0.05651$ ; $\lambda_{24} = \mathbf{0.94349}$	V. Britanija; <b>Slovenija</b>

Rangiranje posmatranih operatora prema učinku nije moguće izvesti korišćenjem samo M4.1 modela jer postoji više operatora koji su profitno efikasni. Problem rangiranja tih operatora rešen je korišćenjem M4.2 modela. Rezultati izvedeni M4.2

modelom (prikazani u četvrtoj koloni Tabele 4.3) pokazuju da JPO u Sloveniji ima  $\theta^{SE^*} = 1.34208$ , JPO u Španiji ima  $\theta^{SE^*} = 0.88340$ , JPO u Velikoj Britaniji ima  $\theta^{SE^*} = 0.83940$ , JPO u Nemačkoj ima  $\theta^{SE^*} = 0.83527$  i JPO u Malti ima  $\theta^{SE^*} = 0.36792$ . To praktično znači da od pet profitno efikasnih operatora, JPO u Sloveniji ima najbolji postignut učinak, zatim slede operatori u Španiji, Velikoj Britaniji, Nemačkoj i Malti. Korišćenjem ovih rezultata, i rezultata dobijenih M4.1 modelom, izvedeno je rangiranje operatora (Tabela 4.5). Poredak javnih poštanskih operatora prema učinku je prikazan u petoj koloni Tabele 4.5.

**Table 4.5** Rangiranje

JPO	Naziv JPO	$\pi^*$	$\theta^{SE^*}$	Poredak
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	0.01129		26
JPO <sub>3</sub>	Kipar	0.26302		17
JPO <sub>4</sub>	Češka Republika	0.58341		10
JPO <sub>5</sub>	Danska	0.57679		11
JPO <sub>6</sub>	Estonija	0.06511		23
JPO <sub>7</sub>	Finska	0.50021		13
JPO <sub>8</sub>	Francuska	0.80838		7
JPO <sub>9</sub>	Nemačka	1.00000	0.83527	4
JPO <sub>10</sub>	Velika Britanija	1.00000	0.83940	3
JPO <sub>11</sub>	Grčka	0.34129		15
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	0.20645		19
JPO <sub>13</sub>	Irska	0.45675		14
JPO <sub>14</sub>	Italija	0.29404		16
JPO <sub>15</sub>	Letonija	0.04253		24
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	0.03589		25
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	0.79000		9
JPO <sub>18</sub>	Malta	1.00000	0.36792	5
JPO <sub>19</sub>	Holandija	0.89693		6
JPO <sub>20</sub>	Poljska	0.07458		21
JPO <sub>21</sub>	Portugal	0.53209		12
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	0.07051		22
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	0.21796		18
JPO <sub>24</sub>	Slovenija	1.00000	1.34208	1
JPO <sub>25</sub>	Španija	1.00000	0.88340	2
JPO <sub>26</sub>	Švedska	0.79673		8
JPO <sub>27</sub>	Srbija	0.12297		20

Za svaki profitno neefikasni javni poštanski operator, postoji mogućnost smanjenja postojećeg nivoa troškova (posmatran kao zbir troškova za zaposlene ( $w_1$ ) i ostalih troškova ( $w_2$ ) potrebnih za rad jedinica poštanske mreže), kao i povećanja postojećeg nivoa prihoda ( $p_1$ ). Optimalne vrednosti za troškove i prihode izračunate su na osnovu ocena troškovne i prihodne efikasnosti (dobijene korišćenjem M4.3 i M4.4 modela). Konačno, rezultati optimizacije troškova i prihoda dati su u Tabelama 4.6 i 4.7.

**Tabela 4.6** Optimizacija troškova

JPO	Naziv JPO	Postojeći nivo troškova (SDR) ( $w_1 + w_2$ )	Troškovna efikasnost $c^*$	Smanjenje troškova	Optimalni nivo troškova (SDR) ( $w_1 + w_2$ )*
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	63,130,866	0.04591	-95%	2,898,536
JPO <sub>3</sub>	Kipar	24,600,579	0.34151	-66%	8,401,311
JPO <sub>4</sub>	Č. Republika	666,772,678	0.55195	-45%	368,028,089
JPO <sub>5</sub>	Danska	1,006,688,584	0.28119	-72%	283,073,779
JPO <sub>6</sub>	Estonija	39,258,635	0.21733	-78%	8,532,060
JPO <sub>7</sub>	Finska	1,627,295,703	0.20262	-80%	329,724,826
JPO <sub>8</sub>	Francuska	17,414,490,312	0.55635	-44%	9,688,564,943
JPO <sub>11</sub>	Grčka	397,132,807	0.32632	-67%	129,591,742
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	524,759,459	0.16429	-84%	86,214,086
JPO <sub>13</sub>	Irska	677,757,372	0.42804	-57%	290,108,718
JPO <sub>14</sub>	Italija	7,022,332,495	0.27972	-72%	1,964,301,821
JPO <sub>15</sub>	Letonija	44,474,426	0.13476	-87%	5,993,493
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	45,721,116	0.09446	-91%	4,318,835
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	130,114,710	0.72040	-28%	93,734,059
JPO <sub>19</sub>	Holandija	3,313,395,114	0.52293	-48%	1,732,670,372
JPO <sub>20</sub>	Poljska	1,133,232,134	0.05688	-94%	64,457,401
JPO <sub>21</sub>	Portugal	481,791,912	0.44323	-56%	213,544,835
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	287,786,818	0.06116	-94%	17,602,233
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	256,155,855	0.19931	-80%	51,053,289
JPO <sub>26</sub>	Švedska	2,599,773,028	0.77203	-23%	2,007,109,048
JPO <sub>27</sub>	Srbija	157,453,126	0.32423	-68%	51,050,835

Razmatranjem rezultata iz Tabela 4.6 i 4.7, javni poštanski operatori koji pokazuju profitnu neefikasnost mogu se podeliti u dve grupe. U prvoj grupi su operatori koji imaju ocene troškovne i prihodne efikasnosti približno jednake, što ukazuje da postoji srazmernost između troškova i prihoda. To su JPO u Bugarskoj, Kipru, Češkoj

Republici, Estoniji, Grčkoj, Mađarskoj, Irskoj, Italiji, Letoniji, Litvaniji, Luksemburgu, Poljskoj, Portugalu, Rumuniji, Slovačkoj, Švedskoj i Srbiji. Druga grupa se karakteriše javnim poštanskim operatorima čija se postignuta troškovna efikasnost razlikuje od ostvarene prihodne efikasnosti (ne postoji srazmernost između troškova i prihoda). U ovoj grupi su JPO u Danskoj, Finskoj, Francuskoj i Holandiji.

**Tabela 4.7** Optimizacija prihoda

JPO	Naziv JPO	Postojeći nivo prihoda (SDR) ( $p_1$ )	Prihodna efikasnost $r^*$	Povećanje prihoda	Optimalni nivo prihoda (SDR) ( $p_1$ ) <sup>*</sup>
JPO <sub>2</sub>	Bugarska	60,315,294	0.01129	+99%	119,949,441
JPO <sub>3</sub>	Kipar	27,540,871	0.26303	+74%	47,837,704
JPO <sub>4</sub>	Č. Republika	678,783,654	0.58341	+42%	961,555,910
JPO <sub>5</sub>	Danska	1,096,927,786	0.57680	+42%	1,561,148,199
JPO <sub>6</sub>	Estonija	40,101,095	0.06512	+93%	77,590,867
JPO <sub>7</sub>	Finska	1,622,325,190	0.50021	+50%	2,433,140,405
JPO <sub>8</sub>	Francuska	17,978,938,500	0.80839	+19%	21,423,969,342
JPO <sub>11</sub>	Grčka	402,954,527	0.34129	+66%	668,383,980
JPO <sub>12</sub>	Mađarska	532,216,604	0.20645	+79%	954,554,701
JPO <sub>13</sub>	Irska	679,612,468	0.45675	+54%	1,048,810,167
JPO <sub>14</sub>	Italija	8,116,337,382	0.29404	+71%	13,846,151,388
JPO <sub>15</sub>	Letonija	45,700,689	0.04254	+96%	89,457,404
JPO <sub>16</sub>	Litvanija	45,936,524	0.03590	+96%	90,224,040
JPO <sub>17</sub>	Luksemburg	137,172,905	0.79000	+21%	165,978,938
JPO <sub>19</sub>	Holandija	3,620,050,548	0.89693	+10%	3,993,180,125
JPO <sub>20</sub>	Poljska	1,152,241,727	0.07458	+93%	2,218,545,838
JPO <sub>21</sub>	Portugal	526,838,248	0.53209	+47%	773,352,275
JPO <sub>22</sub>	Rumunija	250,786,343	0.07051	+93%	483,888,837
JPO <sub>23</sub>	Slovačka	251,086,773	0.21796	+78%	447,446,723
JPO <sub>26</sub>	Švedska	2,724,323,813	0.79673	+20%	3,278,106,846
JPO <sub>27</sub>	Srbija	169,793,977	0.32297	+68%	284,748,897

Dalje, rezultati iz Tabela 4.6 i 4.7 pokazuju da kod javnih poštanskih operatora postoje različiti zahtevi za smanjenjem postojećeg nivoa troškova i povećanjem postojećeg nivoa prihoda do optimalnog odnosa. Na primer, JPO u Luksemburgu i Švedskoj trebalo bi da imaju smanjene troškove i povećane prihode do 30%, dok bi se optimalan odnos troškova i prihoda kod JPO u Češkoj Republici, Irskoj i Portugalu postigao u slučaju smanjenja troškova i povećanja prihoda od 30% do 60%. Pored toga,



mogu se izdvojiti operatori koji u cilju optimizacije troškova i prihoda treba da smanje postojeći nivo troškova i povećaju postojeći nivo prihoda od 60% do 90%. Primeri su JPO u Kipru, Estoniji, Grčkoj, Mađarskoj, Italiji, Slovačkoj i Srbiji. Konačno, kod JPO u Bugarskoj, Letoniji, Litvaniji, Poljskoj i Rumuniji postoji zahtev za smanjenjem troškova i povećanjem prihoda za više od 90%. Sa druge strane, na primer, operator u Finskoj bi mogao da ima optimalan odnos troškova i prihoda ako bi smanjio postojeći nivo troškova za 80%, a povećao postojeći nivo prihoda za 50%.

## 5. MERENJE PROMENE EFIKASNOSTI - Studija slučaja na odabranom skupu javnih poštanskih operatora za period 2003-2012

U ovom poglavlju, predstavljen je Malmkvistov koncept (Malmquist, 1953) za analizu evaluacije efikasnosti jedinice odlučivanja (DMU) tokom vremena. On je bio primenjen na empirijskoj studiji iz oblasti poštanskog saobraćaja.

Modeli za merenje efikasnosti koji su bili predstavljeni u drugom poglavlju disertacije (odjeljak 2.3) razmatraju statičke uslove. To znači da se oni analitički razvijaju na osnovu jednog izabranog vremenskog perioda (engl. *Cross-section Data*). Kada se posmatra više uzastopnih vremenskih perioda gde DMU radi u kontinuitetu unutar njih, tada se svaka DMU tretira kao posebna i odvojena jedinica od drugih vremenskih perioda. Takva situacija odgovara dinamičkim uslovima. Kada su podaci za svaku DMU raspoloživi i pouzdani za vremenske periode (engl. *Panel Data*), moguće je pratiti promenu efikasnosti posmatranih DMU tokom tog vremena.

Analiza efikasnosti DMU kroz niz uzastopnih vremenskih perioda, u literaturi je poznata i kao prozorska (engl. *Windows*) analiza. Osnovni koncept ove analize je bio razvijen u radu (Klop, 1985). Relacije koje postoje između glavnih elemenata u prozorskoj analizi: broj DMU ( $n$ ), broj perioda ( $k$ ), dužina prozora ( $p$ ,  $p \leq k$ ) i broj prozora ( $w$ ), izvedene su u radu (Sun, 1988). Značajna karakteristika prozorske analize je u postojanju većeg broja DMU. To omogućava objektivnost analize efikasnosti jer se povećava broj uzorkovanja populacije. Korisno je napomenuti, da alternativna formula za dobijanje ukupnog broja DMU u prozorskoj analizi može biti pronađena u radu (Charnes i Cooper, 1991).

Osnovna prednost dinamičkog koncepta merenja efikasnosti u odnosu na statički ogleda se u mogućnosti merenja promene efikasnosti tokom posmatranog vremena. Za tu svrhu može uspešno da se koristi Malmkvistov pokazatelj (indeks) produktivnosti (engl. *Malmquist Productivity Index*). Ovaj metod je prvi put bio uveden u radu (Malmquist, 1953). Predloženo je bilo poređenje ulaza u dva različita vremenska perioda gde je ukazano da ulazi u jednom periodu mogu biti smanjeni tako da organizacija može još uvek da pravi isti nivo izlaza kao u drugom vremenskom periodu. Ova ideja vodi do ulaznog Malmkvistovog pokazatelja. U radovima (Caves i sar., 1982;

Fare i sar., 1994b), autori su istraživali i razvijali ovu ideju u različitim okolnostima. U početku, ovaj pokazatelj i njegove varijante su uglavnom bili korišćeni u oblasti proizvodnje. Međutim, Kortelainen je u radu (Kortelainen, 2008) ukazao da Malmkvistov pokazatelj može biti primenjen jednako dobro i u drugim oblastima.

## 5.1 Malmkvistov koncept

Kao što je već pomenuto, Malmkvistov koncept je razvijen sa ciljem da se prati promena efikasnosti DMU tokom vremena. Ova promena može da se pojavi zbog više razloga. Prema (Fried i sar., 2008) ona nastaje zbog razlike u organizacionoj tehnologiji, razlike u obimu rada, razlike u izvršavanju delatnosti i razlike u radnom okruženju u kojoj se delatnost obavlja. Pored ovog izvora, Biro za statistiku rada u SAD (BLS, 2005) i Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD, 2001), varijacije u promeni efikasnosti kroz vreme, takođe, pripisuju ovim istim izvorima.

Malmkvistov indeks (MI) se definiše kao proizvod dve komponente, kao što je to prikazano u jednakosti (5.1). Prva komponenta  $(MI)_1$  (engl. *Catch-up*) se odnosi na stepen do kojeg DMU poboljšava ili pogoršava svoju tehničku efikasnost između dva posmatrana vremenska perioda. Ona ispituje da li na promenu efikasnosti tokom vremena utiče tehnička efikasnost. Druga komponenta  $(MI)_2$  (engl. *Frontier-shift*) odražava promene u granicama efikasnosti između dva perioda, tj. meri doprinos tehnološke promene na promenu efikasnosti.

$$MI = (MI)_1 \cdot (MI)_2 \quad (5.1)$$

Neka se posmatra skup od  $n$  DMU za dva vremenska perioda (prvog - odgovaraće mu u daljem tekstu gornji indeks 1, i drugog - odgovaraće mu u daljem tekstu gornji indeks 2), gde svaka DMU $_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) 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.

Prva komponenta u jednakosti (5.1) se definiše jednakošću (5.2).

$$(MI)_1 = \frac{\theta^2((x_0, y_0)^2)}{\theta^1((x_0, y_0)^1)} \quad (5.2)$$

Oznake  $\theta^1((x_0, y_0)^1)$  i  $\theta^2((x_0, y_0)^2)$  u jednakosti (5.2) pokazuju efikasnosti koju je jedna odabrana DMU<sub>0</sub>  $j_0 \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ , postigla koristeći tehnologiju 1 u prvom periodu i tehnologiju 2 u drugom periodu, respektivno. Ako je  $(MI)_1 > 1$ , to ukazuje da postoji pozitivan uticaj tehničke efikasnosti na promenu efikasnosti (uočen je napredak u tehničkoj efikasnosti od prvog perioda do drugog perioda). U slučaju kada je  $(MI)_1 < 1$ , tada postoji negativan uticaj tehničke efikasnosti na promenu efikasnosti (uočeno je nazadovanje u tehničkoj efikasnosti). Za  $(MI)_1 = 1$  važi da ne postoji uticaj tehničke efikasnosti, tj. nije uočena promena u tehničkoj efikasnosti tokom vremena.

Druga komponenta u jednakosti (5.1) se izračunava kao što je to prikazano u (5.3).

$$(MI)_2 = \sqrt{\frac{\theta^1((x_0, y_0)^1)}{\theta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\theta^1((x_0, y_0)^2)}{\theta^2((x_0, y_0)^2)}} \quad (5.3)$$

Oznaka  $\theta^2((x_0, y_0)^1)$  u jednakosti (5.3) predstavlja relativnu ocenu efikasnosti u prvom periodu za DMU<sub>0</sub> koja je merena u odnosu na granicu efikasnosti koja postoji u drugom periodu (tehnologija 2). Ocena efikasnosti  $\theta^1((x_0, y_0)^2)$  se odnosi na drugi period i u jednakosti (5.3) je dobijena u odnosu na granicu efikasnosti iz prvog perioda (tehnologija 1). Tako,  $(MI)_2 > 1$  ukazuje da postoji pozitivan efekat korišćenja tehnologije 2 u odnosu na tehnologiju 1,  $(MI)_2 < 1$  ukazuje da postoji negativan efekat uvođenja nove tehnologije (tehnologija 2 pravi manje rezultate nego tehnologija 1 sa istim ulazima), dok  $(MI)_2 = 1$  ukazuje da tehnološka promena koja se desila u drugom periodu ne utiče na promenu efikasnosti.

## 5.2 Kvantifikacija promene efikasnosti

Da bi se izvršilo merenje promene efikasnosti potrebno je odrediti Malmkvistov pokazatelj na način kao što je to utvrđeno u jednakosti (5.1). Funkcionalna forma za izračunavanje ovog pokazatelja može da se dobije korišćenjem relacija koje su prikazane u (5.2) i (5.3). Rezultat tog izvođenja je dat sa (5.4).

$$MI = \sqrt{\frac{\theta^1((x_0, y_0)^2)}{\theta^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\theta^2((x_0, y_0)^2)}{\theta^2((x_0, y_0)^1)}} \quad (5.4)$$

Jednakost (5.4) daje konačan sud o promeni efikasnosti tokom vremena sagledavajući istovremeno tehničke i tehnološke promene. Tako, efikasnost za  $DMU_0$  od prvog perioda do drugog perioda je poboljšana ako je  $MI > 1$ . Kada je  $MI < 1$ , to ukazuje da je između dva perioda došlo do pogoršanja efikasnosti. Konačno,  $MI = 1$  ukazuje da tokom vremena nije uočeno da postoji promena u postignutoj efikasnosti.

Prema (5.4) problem kvantifikacije Malmkvistovog pokazatelja za  $DMU_0$  se svodi na određivanje numeričkih vrednosti  $\theta^1((x_0, y_0)^1)$ ,  $\theta^2((x_0, y_0)^2)$ ,  $\theta^1((x_0, y_0)^2)$  i  $\theta^2((x_0, y_0)^1)$ . Ove ocene efikasnosti mogu da se dobiju primenom ulazno ili izlazno orijentisanog radijalnog DEA modela, kao što je to prikazano u radu (Fare i sar., 1994b). Rezultati o promeni efikasnosti za  $DMU_0$  izvedeni ulaznom orijentacijom treba da se slažu sa rezultatima koji su dobijeni izlaznom orijentacijom. Pored radijalnog pristupa, za izračunavanje Malmkvistovog pokazatelja mogu uspešno da se koriste: neradijalni DEA model i neradijalni i neorijentisani DEA model. Oni su bili razvijeni u radovima (Zhu, 1996; Tone, 2001, 2002b; Chen, 2003; Tone i Tsutsui, 2009). Tako, kod ovih autora, praćenje promene efikasnosti tokom vremena je zasnovano na neradijalnom merenju efikasnosti i super-efikasnosti.

U studiji koja je predstavljena u ovom poglavlju disertacije, ocene efikasnosti potrebne za izračunavanje Malmkvistovog pokazatelja na posmatranom skupu javnih poštanskih operatora, dobijene su radijalnim DEA pristupom ulazne orijentacije. To je zahtevalo, u ovom konkretnom slučaju, razvijanje četiri modela linearnog programiranja (M5.1, M5.2, M5.3 i M5.4).

M5.1 model

$$\theta^1(x_0, y_0)^1 = \min \theta$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^1 \leq \theta x_{i0}^1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^1 \geq y_{r0}^1, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

M5.2 model

$$\theta^2(x_0, y_0)^2 = \min \theta$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^2 \leq \theta x_{i0}^2, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^2 \geq y_{r0}^2, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

M5.3 model

$$\theta^1(x_0, y_0)^2 = \min \theta$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^1 \leq \theta x_{i0}^2, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^1 \geq y_{r0}^2, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

M5.4 model

$$\theta^2(x_0, y_0)^1 = \min \theta$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^2 \leq \theta x_{i0}^1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^2 \geq y_{r0}^1, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

### 5.3 Studija slučaja

U ovom poglavlju je izvršeno merenje promene efikasnosti 27 javnih poštanskih operatora za vremenski period od deset godina. Uzorak je predstavljen u Tabeli 3.1 koja je prikazana u trećem poglavlju ove disertacije (odjeljak 3.2). Kao što je to već utvrđeno, uzorak je bio sastavljen od JPO iz Evropske Unije i Srbije. Presek podataka je izvršen za 2003. godnu (prvi period) i 2012. godinu (drugi period).

Proizvodna aktivnost posmatranih poštanskih operatora je bila definisana sa tri ulazne i tri izlazne promenljive. One su predstavljene u Tabeli 5.1 i 5.2, respektivno.

**Tabela 5.1** Ulazne promenljive

Oznaka	Opis
$x_1$	Broj zaposlenih
$x_2$	Broj jedinica poštanske mreže
$x_3$	Operativni troškovi

**Tabela 5.2** Izlazne promenljive

Oznaka	Opis
$y_1$	Broj prenetih pismonosnih pošiljaka u dom. saob.
$y_2$	Broj paketskih pošiljaka
$y_3$	Operativni prihod

Izvor korišćenih podataka je bio Svetski poštanski savez (engl. *Universal Postal Union*). Podaci o vrednostima za ulazne promenljive za oba perioda su prikazani u

Tabeli 5.3, dok su podaci za izlazne promenljive dati u Tabeli 5.4. Radi bolje preglednosti Tabela 5.3 i 5.4, umesto punih naziva zemalja u kojima rade posmatrani javni poštanski operatori, korišćene su odgovarajuće međunarodne oznake za svaku zemlju.

**Tabela 5.3** Podaci o ulazima za prvi i drugi period

Zemlja	Ulazi (2003)			Ulazi (2012)		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$ (SDR) <sup>1</sup>	$x_1$	$x_2$	$x_3$ (SDR) <sup>2</sup>
AUS	28,845	2,007	1,322,245,897	20,774	1,931	1,924,377,682
BGR	14,878	3,021	32,597,831	11,348	2,981	61,541,532
CYP	1,752	1,123	17,863,808	1,748	1,128	26,246,653
CZE	40,730	3,430	385,771,071	33,429	3,403	680,571,365
DNK	27,682	1,019	1,025,528,070	16,338	785	974,706,829
EST	4,237	549	36,220,271	2,443	337	41,834,219
FIN	23,740	1,346	925,711,857	27,816	964	1,659,227,468
FRA	285,802	16,992	13,073,523,162	226,681	17,041	17,890,128,755
DEU	383,173	13,514	32,507,437,314	512,147	13,000	47,223,175,966
GBR	191,843	15,868	10,282,955,419	149,940	11,818	7,640,657,084
GRC	11,402	2,218	381,660,347	8,848	1,538	350,550,318
HUN	40,848	3,102	447,236,650	33,619	2,739	599,490,222
IRL	10,498	1,658	639,184,020	9,233	1,152	707,964,807
ITA	150,746	13,728	6,206,420,739	144,122	13,159	7,324,576,847
LVA	7,316	964	28,821,070	4,215	557	42,486,396
LTU	8,030	965	34,828,947	6,257	703	48,485,149
LUX	1,782	108	94,255,742	1,402	116	130,114,710
MLT	665	50	11,018,292	618	64	16,357,082
NLD	62,070	2,577	2,630,684,233	59,769	2,600	3,494,420,601
POL	100,760	8,304	1,014,873,496	91,373	8,446	1,239,752,439
PRT	15,273	3,537	501,773,906	11,391	2,557	462,867,811
ROU	35,436	6,840	113,059,017	32,887	5,470	250,300,394
SVK	17,252	1,617	131,708,184	14,297	1,586	254,557,107
SVN	6,094	554	138,914,681	6,389	556	187,986,151
ESP	59,822	3,343	1,378,373,991	57,126	3,076	1,942,547,425
SWE	46,589	1,720	2,302,483,755	21,491	1,829	2,891,567,470
SRB	19,104	1,671	127,495,094	15,068	1,499	156,758,958

Izvor: Svetski poštanski savez (2014),

[http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

<sup>1</sup>1 SDR = 1.2604 EUR za 31.12.2003. godinu, <sup>2</sup>1 SDR = 1.3180 EUR za 28.12.2012. godinu

**Tabela 5.4** Podaci o izlazima za prvi i drugi period

Zemlja	Izlazi (2003)			Izlazi (2012)		
	$y_1$	$y_2$	$y_3$ (SDR)	$y_1$	$y_2$	$y_3$ (SDR)
AUS	873,129,000	43,673,405	1,361,816,240	6,215,000,000	42,258,160	2,092,789,699
BGR	81,539,469	887,062	33,507,156	16,007,255	286,411	57,356,266
CYP	51,800,000	61	24,400,798	51,885,588	1,273	26,246,653
CZE	2,723,299,149	2,025,305	408,721,282	2,713,272,944	1,690,174	689,168,579
DNK	1,153,300,000	30,447,000	1,202,756,128	690,000,000	30,049,000	1,032,881,122
EST	38,513,980	1,370,020	37,958,205	23,505,991	577,799	44,359,528
FIN	820,000,000	22,100,000	988,355,291	802,000,000	29,800,000	1,692,789,700
FRA	17,201,000,000	254,000,000	13,193,370,166	14,900,000,000	266,000,000	18,590,557,940
DEU	20,840,000,000	1,531,000,000	35,036,124,097	19,308,000,000	955,000,000	47,649,785,408
GBR	20,749,000,000	109,500,000	10,368,226,364	17,510,052,370	423,000,000	7,988,706,366
GRC	527,922,600	2,105,647	399,480,633	402,997,500	1,029,500	352,150,968
HUN	1,149,701,323	8,992,722	458,111,534	800,775,685	1,492,073	592,276,017
IRL	635,400,000	7,168,000	602,727,582	537,778,000	3,400,000	692,957,082
ITA	6,343,522,000	22,977,000	6,578,408,840	4,325,063,036	870,357	8,008,228,259
LVA	46,456,755	101,907	30,355,718	27,400,035	47,616	47,689,179
LTU	40,927,280	117,750	36,853,314	36,257,934	299,592	48,717,169
LUX	106,700,000	4,300	105,472,229	106,914,000	819,452	137,172,905
MLT	43,000,000	214	14,388,175	33,886,305	948	18,127,039
NLD	5,384,000,000	40,000,000	3,327,666,808	3,437,000,000	120,000,000	3,744,206,009
POL	2,463,777,833	20,343,320	1,047,565,709	1,453,953,244	18,135,182	1,248,784,728
PRT	979,500,500	7,810,158	547,008,075	799,987,000	219,000	506,981,974
ROU	253,834,289	5,074,091	111,165,597	268,637,087	1,532,903	238,394,393
SVK	320,746,623	5,035,864	134,752,408	418,642,574	2,836,156	253,666,157
SVN	673,559,703	150,521	147,307,314	929,781,222	73,716	196,136,095
ESP	5,248,430,509	20,512,171	1,500,912,877	3,640,965,035	22,919,828	2,015,989,160
SWE	4,360,000,000	44,900,000	2,300,054,655	2,123,000,000	16,300,000	2,949,784,935
SRB	128,228,619	1,156,033	117,320,629	255,001,419	503,275	164,458,881

Izvor: Svetski poštanski savez (2014),

[http://pls.upu.int/pls/ap/spp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/spp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

## 5.4 Rezultati merenja promene efikasnosti

Rezultati merenja promene efikasnosti na studiji slučaja koja je determinisana u odeljku 5.3, izvedeni su ulaznim Malmkvistovim pokazateljem. On je bio izračunat za svakog posmatranog javnog poštanskog operatora na osnovu (5.4) korišćenjem dobijenih rešenja M5.1, M5.2, M5.3 i M5.4 modela koji su prikazani u Tabeli 5.5.



Dodatno, za svaki od ovih operatora dobijene su obe, prva i druga, komponente Malmkvistovog pokazatelja na osnovu razvijanja relacija definisanih u (5.2) i (5.3).

**Tabela 5.5** Rezultati dobijeni primenom modela M5.1, M5.2, M5.3 i M5.4

Zemlja	M5.1 model	M5.2 model	M5.3 model	M5.4 model
	$\theta^1((x_0, y_0)^1)$	$\theta^2((x_0, y_0)^2)$	$\theta^1((x_0, y_0)^2)$	$\theta^2((x_0, y_0)^1)$
AUS	0.90358	1.00000	2.82715	0.96064
BGR	0.92528	0.83501	0.70371	0.95148
CYP	1.00000	0.90404	0.75598	1.23797
CZE	1.00000	0.95267	0.89155	1.47290
DNK	0.99470	0.98550	0.91617	1.08530
EST	0.94291	0.96248	0.84204	0.98004
FIN	0.89180	0.97187	0.90075	0.98410
FRA	0.82937	0.95830	0.98811	0.92692
DEU	1.00000	1.00000	1.41379	1.95705
GBR	1.00000	1.00000	1.47171	0.92384
GRC	0.82201	0.91441	0.79276	0.94969
HUN	0.88366	0.89224	0.76120	0.94005
IRL	0.82258	0.89861	0.90466	0.86365
ITA	0.83731	1.00000	0.90896	0.96691
LVA	0.79505	1.00000	0.85585	0.94839
LTU	0.80197	0.90172	0.77494	0.94867
LUX	0.93984	0.98049	1.16721	1.02796
MLT	1.00000	1.00000	0.86495	1.20130
NLD	1.00000	1.00000	0.94004	1.16473
POL	0.88259	0.91637	0.80656	0.94664
PRT	0.87984	0.99745	0.86495	0.99433
ROU	1.00000	0.85595	0.73086	0.93212
SVK	1.00000	0.90340	0.78358	0.96013
SVN	1.00000	1.00000	1.33092	1.01244
ESP	1.00000	0.95063	0.82231	1.01389
SWE	1.00000	1.00000	1.59334	0.94061
SRB	0.71760	0.94476	0.80621	0.83063

Da bi se izvelo merenje promene efikasnosti na način koji je utvrđen u odeljku 5.2, potrebno je razviti relacije (5.2), (5.3) i (5.4) za svakog posmatranog javnog poštanskog operatora. Na primer, za slučaj JPO iz Srbije je:

$$(MI)_1 = \frac{\theta^2((x_0, y_0)^2)}{\theta^1((x_0, y_0)^1)} = \frac{0.94476}{0.71760} = 1.31656$$

$$(MI)_2 = \sqrt{\frac{\theta^1((x_0, y_0)^1)}{\theta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\theta^1((x_0, y_0)^2)}{\theta^2((x_0, y_0)^2)}} = \sqrt{\frac{0.71760}{0.83063} \times \frac{0.80621}{0.94476}} = 0.85862$$

$$MI = \sqrt{\frac{\theta^1((x_0, y_0)^2)}{\theta^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\theta^2((x_0, y_0)^2)}{\theta^2((x_0, y_0)^1)}} = \sqrt{\frac{0.80621}{0.71760} \times \frac{0.94476}{0.83063}} = 1.13042$$

Analogno kao na primeru JPO iz Srbije, kvantifikacija promene efikasnosti tokom posmatranog vremena može biti izvršena za sve ostale poštanske operatore iz datog skupa. Rezultati takvog merenja su predstavljeni u Tabeli 5.6.

Rezultati iz Tabele 5.6 pokazuju da prosečan porast efikasnosti na nivou posmatranog skupa javnih poštanskih operatora dostiže 0.445% (1.00445). Dobijeni nalaz ukazuje da je taj porast posledica poboljšanja tehničke efikasnosti (4.279%) u vremenskom periodu 2003-2012. Interesantno je uočiti da je vrednost za drugu komponentu Malmkvistovog pokazatelja na ukupnom nivou manja od 1 (0.96378). U vezi sa dobijenim rezultatima iz ove studije, treba navesti da su u radu (Iturralde i Quiros, 2008) autori pronašli da je porast efikasnosti poštanskog sektora u Evropskoj Uniji za period 1999-2003 bio 1.4%.

Na osnovu dobijenih vrednosti za Malmkvistov pokazatelj koje su navedene u drugoj koloni Tabele 5.6, može se uočiti da za dati period vremena postoje značajne razlike u promeni efikasnosti na pojedinačnom nivou. Te varijacije se u proseku kreću od -25% do 80%. Tako, javni poštanski operator na Kipru pokazuje najveće prosečno smanjenje efikasnosti (0.74301), dok JPO u Austriji ima najveći prosečan rast efikasnosti (1.80473).

Dekompozicija Malmkvistovog pokazatelja na komponente (videti treću i četvrtu kolonu Tabele 5.6), identifikovala je, na nivou operatora, velike razlike u tehničkoj i tehnološkoj promeni. Tako, na primer JPO u Austriji, Francuskoj, Grčkoj, Italiji, Letoniji, Litvaniji, Portugalu i Srbiji su postigli rast tehničke efikasnosti za više od 10% 2012. godine u poređenju sa 2003. godinom. Sa druge strane, može se uočiti da pojedini poštanski operatori za posmatrane vremenske periode nisu ostvarili značajne tehnološke promene. U tom delu se u negativnom kontekstu posebno izdvaja JPO u Češkoj Republici.

**Tabela 5.6** Kvantifikacija promene efikasnosti

Zemlja	Malmkvistov pokazatelj	Komponente	
	$MI$	$(MI)_1$	$(MI)_2$
AUS	1.80473	1.10671	1.63071
BGR	0.81697	0.90244	0.90529
CYP	0.74301	0.90404	0.82188
CZE	0.75938	0.95267	0.79710
DNK	0.91453	0.99076	0.92306
EST	0.93649	1.02075	0.91746
FIN	0.99874	1.08978	0.91646
FRA	1.10983	1.15546	0.96051
DEU	0.84995	1.00000	0.84995
GBR	1.26216	1.00000	1.26216
GRC	0.96364	1.11241	0.86626
HUN	0.90422	1.00971	0.89552
IRL	1.06972	1.09244	0.97921
ITA	1.05959	1.19430	0.88720
LVA	1.06539	1.25778	0.84704
LTU	0.95837	1.12438	0.85235
LUX	1.08837	1.04325	1.04326
MLT	0.84853	1.00000	0.84853
NLD	0.89838	1.00000	0.89838
POL	0.94055	1.03828	0.90588
PRT	0.99305	1.13367	0.87596
ROU	0.81922	0.85595	0.95710
SVK	0.85865	0.90340	0.95047
SVN	1.14655	1.00000	1.14655
ESP	0.87807	0.95063	0.92367
SWE	1.30152	1.00000	1.30152
SRB	1.13042	1.31656	0.85862
Prosek	1.00445	1.04279	0.96378

Korisno je istaći da pored ulaznog Malmkvistovog pokazatelja koji je korišćen u ovoj studiji, za analizu evaluacije efikasnosti tokom vremena može da se razvije Malmkvistov pokazatelj zasnovan na radijalnim DEA modelima izlazne orijentacije. Rezultati predstavljeni u Prilogu C ove disertacije koji su izvedeni na studiji slučaja definisanoj u odeljku 5.3, dobijeni su upravo na ovaj način. Oni su potvrdili tačnost rezultata dobijenih u ovom poglavlju.

## 6. KORIŠĆENJE NEPARAMETARSKJE TEHNIKE ZA MERENJE TROŠKOVNE EFIKASNOSTI DOSTAVNE POŠTANSKE MREŽE

U ovom poglavlju disertacije, predložen je višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti (engl. *Cost Efficiency*) dostavnih jedinica poštanske mreže. Analizirana je kompletna dostavna mreža JP "Pošta Srbije" koja uključuje 1,194 dostavne jedinice. Da bi se uporedile jedinice koje rade u istim ili sličnim uslovima, one su grupisane unutar 18 klastera na osnovu odgovarajućeg algoritma. To je omogućilo troetapnu analizu: jedinice-klasteri-mreža. Troškovna efikasnost jedinica je izmerena korišćenjem neparametarske analize. Efikasnost određenog klastera je izračunata kao prosečna ocena troškovne efikasnosti jedinica koje pripadaju tom klasteru. Konačno, efikasnost dostavne poštanske mreže je procenjena. Izvedeni su rezultati koji imaju praktičan značaj u vezi sa poboljšanjem troškovne efikasnosti. Rezultati studije predstavljene u ovom poglavlju teze, objavljeni su u radu **Ralević** i sar. (2014a).

Efikasno funkcionisanje poštanskog sistema ima veliki društveni i ekonomski uticaj na razvoj društva. To je razlog zašto se poštanska usluga smatra kao jedna od usluga od opšteg ekonomskog interesa, SGEI (engl. *Service of General Economic Interest*). Kao što je definisano od strane Evropske Komisije (2014), SGEI je ekonomska aktivnost koju javne vlasti identifikuju kao posebno važnu za građane i koja zahteva javnu intervenciju kako bi bila obezbeđena svima po istim uslovima. Na primer, to su javni transport, poštanske usluge, socijalne usluge i sl. Zbog toga, bitan cilj svake državne politike u oblasti poštanskog saobraćaja je da se obezbedi ponuda određenog obima poštanskih usluga težeći da budu što kvalitetnije, koje će se pružati po pristupačnim cenama, na celoj teritoriji, svakoj osobi bez diskriminacije. Ovaj tip usluge je nazvan univerzalna poštanska usluga (engl. *Universal Service Obligation*). Uglavnom, ona je obezbeđena od strane javnih poštanskih operatora (JPO) koji su obično sinonimi za pružaoce univerzalne usluge (engl. *Universal Service Providers*).

Predloženi model za merenje troškovne efikasnosti dostavne poštanske mreže može da bude dragoceno sredstvo za kreatore politike iz poštanskog sektora i menadžere poštanskih operatora. Rezultati dobijeni u ovom istraživanju mogli bi da budu korisni kreatorima politike da definišu obim univerzalne poštanske usluge. Ako bi oni imali za

cilj da smanje izdvajanja za univerzalnu poštansku uslugu, rezultati ove studije mogu da ih usmere u kojim područjima je potrebno redefinisati obim ove usluge. Ako se proceni da je u interesu društva da univerzalna usluga ostane na istom nivou ili da se njen obim poveća, dobijeni rezultati potvrđuju hipotezu da je ova usluga dodatni trošak za javnog poštanskog operatora i da se mora finansirati na neki od načina koji su poznati u relevantnoj literaturi (postojanje rezervisanog područja, razni modaliteti kompenzacionih fondova, finansiranje iz državnog budžeta). Sa druge strane, predložena metodologija mogla bi da bude korisna menadžerima da optimizuju poštansku mrežu jer može dovesti do dve vrste poboljšanja. Prvo se odnosi na identifikaciju izvora neefikasnosti, dok je drugo povezano sa redefinisanjem poštanske mreže. Na primer, jedinica poštanske mreže za koju se ispostavi da je veoma neefikasna može se redefinisati na osnovu promene njene veličine i lokacije kako bi koristila manji prostor ili jeftiniji od trenutnog, ili promenom njenog modaliteta rada uvodeći franšizu, samouslužne pošte, 24/7 automatizovane ormariće za prijem i uručenje paketa i sl. Nalaz dobijen u ovoj studiji, između ostalog, ukazao je da najmanje 794 dostavne jedinice samo na osnovu realokacije resursa mogu da poboljšaju svoju efikasnost.

Generalno, kao što je na to ukazano u drugom poglavlju disertacije, postoje dva moguća pristupa za merenje efikasnosti. Jedan pristup je parametarski (ekonometrijski) pristup, a drugi je neparametarski (matematički) pristup. Obe od ovih tehnika mere efikasnost na osnovu poređenja stvarnog učinka sa optimalnim učinkom lociranim na granici efikasnosti, tj. relativnu procenu efikasnosti u odnosu na razvijenu granicu efikasnosti. Oba pristupa su analitička, složena i koriste funkcije odstojanja (engl. *Distance Function*) da bi izmerili relativnu efikasnost u odnosu na granicu. Međutim, ove tehnike merenja efikasnosti koriste različite metode za obavljanje podataka i prave drugačija podešavanja za statističku obradu podataka. Nedostatak ovih pristupa jeste u činjenici da je stvarna granica efikasnosti nepoznata. To znači da obe tehnike razvijaju granicu najbolje prakse (empirijska aproksimacija stvarne granice efikasnosti) i mere relativnu efikasnost od te granice.

Pregledom literature u (WOS, 2014) za vremenski period 1996-2014, pronađene su dve studije koje su koristile DEA za merenje troškovne efikasnosti dostavnih jedinica poštanske mreže. U radu (Cazals i sar., 2008), autori analiziraju troškovnu efikasnost dostavnih jedinica merenjem troškova radnih sati i koriste određenu metodu (engl.

*Order-m Frontier*) za procenu troškovne granice efikasnosti. Ova metoda se bazira na neparametarskom pristupu, a bila je predložena u radu (Cazals i sar., 2002). U radu (Horncastle i sar., 2006), ilustrovalna je primena parametarskog i neparametarskog pristupa za merenje troškovne efikasnosti dostavnih pošta. Za razliku od ovih studija, u ovom poglavlju je predložen višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti. Zbog toga, korišćen je neparametarski pristup - DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*). Dodatno, s obzirom da su dostavne pošte brojne i heterogene, uveden je novi algoritam za klasterovanje, i ukazano je da bi dekompozicija troškovne efikasnosti mogla da ima praktičan značaj za poboljšanje efikasnosti.

Ovo poglavlje se nastavlja na sledeći način. U odeljku 6.1, predstavljena je neparametarska metodologija za merenje troškovne efikasnosti. U odeljku 6.2, predloženi model je verifikovan uvođenjem JPO iz Srbije kao studije slučaja. Razmatrana je ukupna dostavna poštanska mreža JP "Pošta Srbije" analizirajući 1,194 dostavne jedinice. Analitički rezultati su predstavljeni i ilustrovani u odeljku 6.3.

## 6.1 Metodologija

Efikasnost proizvodne jedinice može biti definisana u smislu proizvodnih mogućnosti ili ekonomskog cilja. Prvi slučaj je povezan sa tehničkom (proizvodnom) efikasnošću 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 tim poređenjima, efikasnost je ekonomska jer je optimum izražen u vrednosnom smislu. Na primer, ako je cilj proizvodne jedinice minimiziranje troškova, onda merenje troškovne efikasnosti podrazumeva poređenje između minimalno mogućih troškova i trenutnih, kao što je to definisano u drugom poglavlju disertacije u pododeljku 2.2.1.

Postoje dve široko rasprostranjene tehnike za merenje tehničke i troškovne efikasnosti. Prva je SFA (engl. *Stochastic Frontier Analysis*), koja je zasnovana na parametarskom (ekonometrijskom) pristupu. Druga je u osnovi neparametarski pristup za analizu efikasnosti poznata kao DEA. Oba slučaja uključuju poređenje trenutnih

performansi sa optimalnim performansama koje su locirane na relevantnoj aproksimativnoj granici efikasnosti, koja se različito razvija u svakom od ova dva slučaja.

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 proizvodna jedinica 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 proizvodne jedinice postižu teorijski ideal.

DEA metod (Farrell 1957; Charnes et al. 1978) je matematički programski pristup za analizu efikasnosti. Ovde, proizvodna jedinica je posmatrana kao višeulazna i višezlazna jedinica odlučivanja, DMU (engl. *Decision Making Unit*) sa mogućnošću da ona ima kontrolu tokom procesa transformacije njenih ulaza u izlaze. U ovoj studiji, svaka DMU označava dostavnu jedinicu poštanske mreže, što znači da je prethodna tvrdnja samo delimično tačna jer jedinici nije dozvoljeno da nezavisno prilagođava izlaze ili, u izvesnoj meri, ni ulaze. Na primer, alokacija broja zaposlenih za svaku DMU je odgovornost regionalnog menadžera.

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. Jednom kada je poznata ova granica, lokacija DMU unutar nje će obezbediti odgovore u vezi sa relativnom efikasnošću te DMU (Fried i sar., 2008). Pored DEA pristupa, FDH (engl. *Free Disposal Hull*) pristup predložen u radu (Deprins i sar., 1984), mogao bi da bude uspešno korišćen za procenu neparametarske granice efikasnosti. U DEA metodi, koriste se konveksni (engl. *Convex*) modeli, dok se u FDH metodi, koristi nekonveksni (engl. *Non-convex*) model. Prva tehnika je strožija u ocenjivanju efikasnosti od druge,

što znači da ocene troškovne efikasnosti izvedene DEA metodom su manje ili jednake sa ocenama efikasnosti dobijenih FDH metodom. Zbog toga, u ovoj studiji, izabran je DEA metod za izračunavanje odgovarajućih funkcija odstojanja za merenje troškovne efikasnosti.

Parametarski i neparametarski pristupi imaju sličnosti i razlike u razvijanju granice i proceni relativne efikasnosti od te razvijene granice. U tom cilju, obe analitičke tehnike koriste funkcije odstojanja da mere efikasnost u odnosu na granicu. Dalje, one koriste različite načine da obaviju podatke i imaju različito prilagođavanje za statističku obradu podataka. Jedna od osnovnih prednosti neparametarske metode je da ne postoji potreba za eksplicitno određivanje funkcionalne forme proizvodne funkcije. To omogućava da se izbegnu negativni efekti specifikacije u regresionoj analizi, koji mogu postojati u parametarskom pristupu.

Troškovna efikasnost zahteva specifikaciju ekonomskog cilja (minimiziranje troškova) i informaciju u vezi sa relevantnim ulaznim cenama. Proizvodna jedinica postiže najbolje ekonomske rezultate ako je ona troškovno efikasna, a zauzvrat, vrednost je manja ako je ona troškovno neefikasna. Troškovna efikasnost upućuje na sposobnost da se kombinuju ulazi i izlazi u optimalnom odnosu u svetlu preovlađujućih troškova.

Neka dostavne jedinice poštanske mreže koriste odgovarajuću tehnologiju  $T$  i  $m$  ulaza  $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \in (R^+)^m$ , da naprave  $s$  izlaza  $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_s) \in (R^+)^s$  pri čemu je  $R^+$  skup pozitivnih realnih brojeva. Data tehnologija transformiše resurse jedinice mreže (ulaze) u rezultate (izlaze). Kako ona predstavlja sve kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki moguće, tehnologija može biti predstavljena na osnovu proizvodnog skupa (videti 6.1).

$$T = \{(y, x) : x \text{ može da proizvede } y\} \quad (6.1)$$

Neka se pretpostavi da su jedinice mreže suočene sa ulaznim cenama  $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_m) \in (R^+)^m$ , gde se traži minimiziranje troškova. Troškovna granica je onda definisana kao što je to utvrđeno u (6.2), dok je ulazna funkcija odstojanja data u (6.3) (videti pododeljak 2.2.1 drugog poglavlja). Dostavna jedinica mreže je troškovno efikasna ako je funkcija odstojanja jednaka 1.



$$c(y, w) = \min_x \{w^T x : D_I(y, x) \geq 1\} \quad (6.2)$$

$$D_I(y, x) = \min_w \{w^T x : c(y, w) \geq 1\} \quad (6.3)$$

Merenje troškovne efikasnosti (CE) je određeno odnosom minimalno potrebnih troškova i stvarnih troškova, ili proizvodom dve komponente – ukupne tehničke efikasnosti, OTE (engl. *Overall Technical Efficiency*) ulazne orijentacije i alokativne efikasnosti, AE (engl. *Allocative Efficiency*). Detaljan pregled, uključujući slučaj sa izlaznom orijentacijom, može biti pronađen u radu (Lovell, 1993). Troškovna efikasnost odgovara jednakosti (6.4).

$$CE(y, x, w) = \frac{c(y, w)}{w^T x} = OTE_I(y, x) \times AE_I(y, x, w) \quad (6.4)$$

Izvori neefikasnosti proizvodnog plana  $(x, y)$  dostavnih jedinica poštanske mreže su prouzrokovani neefikasnim poslovanjem i/ili nekonkurentnim uslovima. Tako, ukupna tehnička efikasnost može biti dekomponovana unutar čiste tehničke efikasnosti, PTE (engl. *Pure Technical Efficiency*) i razmerne efikasnosti, SE (engl. *Scale Efficiency*). U posmatranom slučaju, PTE može da istraži izvore neefikasnosti koji su prouzrokovani neefikasnim poslovanjem jedinica dostavne poštanske mreže, dok SE može da ispita uslove unutar kojih dostavne jedinice rade.

Za posmatranu poštansku mrežu, AE se odnosi na sposobnost da se kombinuju ulazi i/ili izlazi dostavnih jedinica u optimalnom odnosu u smislu preovlađujućih cena. Ova efikasnost obezbeđuje informaciju u kojoj meri tehnički efikasna jedinica odstupa od postizanja minimalnih troškova zbog neuspeha (propusta) da napravi realokaciju svojih resursa.

Prethodni indikatori efikasnosti su povezani na način kao što je to prikazano u relaciji (6.5).

$$CE(y, x, w) = PTE(y, x) \times SE(y, x) \times AE_I(y, x, w) \quad (6.5)$$

Problem određivanja indikatora efikasnosti je problem izračunavanja odgovarajućih funkcija odstojanja. U ovoj studiji, zahtevane funkcije odstojanja su dobijene na osnovu neparametarskog pristupa korišćenjem DEA metode. Ovaj metod bio je detaljno objašnjen u drugom poglavlju doktorske disertacije u odeljku 2.3.

Funkcija odstojanja za PTE dobijena je korišćenjem BCC modela (videti drugo poglavlje, pododjeljak 2.3.1). SE je izračunata na osnovu CCR (videti pododjeljak 2.3.1) i BCC modela. Konačno, AE je određena rezidualno kao odnos troškovne efikasnosti i ukupne tehničke efikasnosti.

## **6.2 Studija slučaja na dostavnoj poštanskoj mreži JPO u Srbiji**

Sve zemlje članice Svetskog poštanskog saveza imaju obavezu da osiguraju svim korisnicima pavo na univerzalnu poštansku uslugu. Međutim, na članicama je da odluče kako najbolje da ispune ovu obavezu.

Evropska Unija (1997), Direktiva 97/67/EC uspostavila je EU okvir za regulisanje poštanskih usluga čime je obezbeđeno pružanje univerzalne poštanske usluge u svakoj zemlji članici. Ovaj okvir je definisao minimalne karakteristike univerzalne usluge kao što su:

- prijem pošiljaka sa odgovarajućih pristupnih tačaka svakog radnog dana,
- dostava na sve adrese svakog radnog dana,
- prijem, prenos i uručenje pismonosnih pošiljaka mase do 2 kg,
- prijem, prenos i uručenje paketa mase do 10 kg. Nacionalne regulatorne agencije mogu da povećaju težinska ograničenja na način da ne prekorače ograničenje od 20 kg. Na osnovu toga, države članice treba da obezbede da paketi primljeni od ostalih država članica mase do 20 kg budu uručeni unutar njihovih teritorija,
- obezbede usluge preporučenih i vrednosnih pošiljaka.

S obzirom da zakonodavstvo Republike Srbije prati propise Evropske Unije, veoma slični kriterijumi važe za javnog poštanskog operatora u Srbiji. Jedina razlika je u broju dostave u toku nedelje koji je ustanovljen Zakonom o poštanskim uslugama Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 18/2005 i 30/2010). Ovaj broj je definisan prema veličini naselja, tj. broju stanovnika kao što je to prikazano u Tabeli 6.1. Broj dostavnih dana u toku nedelje u Srbiji je definisan na čisto administrativnoj osnovi. Da bi se postigla viša troškovna efikasnost poštanskih operatora, ovaj broj bi trebalo definisati prema broju pošiljaka koje treba da budu dnevno dostavljane po određenom dostavnom području ili dostavnoj zoni. Pored toga, javni poštanski operator trebalo bi da koristi odgovarajući

softver za optimizaciju dostavnih ruta što dodatno može da poboljša efikasnost. Ovaj tip softvera je već implementiran kod modernih poštanskih operatora imajući u vidu da se očekivanja o dostavi razlikuju svakodnevno i da broj dostavljača i njihove rute treba da se prilagođavaju svakog radnog dana.

**Tabela 6.1** Režimi dostave

Dostavno područje (DP)	Broj dostave u toku nedelje	Broj stanovnika
Dostavno područje tipa 1	Svakog radnog dana	Preko 3,500
Dostavno područje tipa 2	2	Od 750 do 3,500
Dostavno područje tipa 3	1	Do 750

Imajući u vidu karakteristike univerzalne poštanske usluge, može se zaključiti da ona nije ponuđena na komercijalnoj osnovi. Tako, finansijska pozicija javnog poštanskog operatora, po pravilu, ima negativan bilans ako se posmatra samo segment univerzalne usluge. To je iz razloga što nije profitabilno opsluživati svakog korisnika na celoj teritoriji zemlje. Organizacija "Frontier Economics" (2013) je uradila studiju za Evropsku komisiju (engl. *European Commission*) o principima koje koriste nacionalne regulatorne agencije i JPO pri kalkulaciji neto troška univerzalne poštanske usluge. Dodatno, mogući pristupi opisani su od strane CERP (2008) i Blagojević (2014).

Jedan od glavnih strateških pitanja u poštanskom sektoru jeste problem finansiranja troškova univerzalne usluge. Finansijski mehanizmi za ovu svrhu diskutovani u literaturi (videti na primer, Gautier i Paolini, 2010; Oxera, 2007) su sledeći: postojanje rezervisanog područja, razni modaliteti kompenzacionih fondova, 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). Detaljna studija o razvoju tržišta poštanskih usluga na liberalnom tržištu EU bila

je izvršena od strane organizacija "Copenhagen Economics" (2010) i "WIK-Consult" (2013).

U slučaju Srbije, postojeći Zakon o poštanskim uslugama promovira monopol za pisma do 100 grama koji je obezbeđen za javnog poštanskog operatora. Pošto srpsko zakonodavstvo prati zakonodavstvo EU, očekuje se da će monopol biti ukinut u narednih nekoliko godina. Efikasnost JPO će biti posebno značajna u uslovima liberalnog tržišta, što je od posebnog interesa za sve učesnike: javne poštanske operatore, ostale kompanije u ovoj oblasti, korisnike i vladu.

### 6.2.1 Uzorak i algoritam klasterovanja

U ovoj studiji, analizirana je troškovna efikasnost dostavnih jedinica JP "Pošta Srbije". Ova kompanija je javni poštanski operator, što znači da pokriva celu teritoriju Srbije (77,474 km<sup>2</sup>) sa 1,194 dostavne jedinice i 313 jedinica bez dostave. Dostavna jedinica podrazumeva jedinicu poštanske mreže koja izvršava obe glavne aktivnosti u tehnološkom procesu prenosa pošiljke vezane za poštu: prijem (engl. *Collection*) pošiljaka i dostavu (engl. *Delivery*) pošiljaka. Sa druge strane, jedinica bez dostave je odgovorna samo za aktivnosti prijema pošiljaka.

Predložena metodologija bila je primenjena na uzorku koji je uključio sve dostavne jedinice. Nisu se razmatrale jedinice bez dostave, niti druge jedinice poštanske mreže kao što su centri za sortiranje. Obrazloženje za analizu samo troškovne efikasnosti dostavnih jedinica je u tome što ovaj tip pošte podrazumeva veće troškove u poređenju sa jedinicama bez dostave.

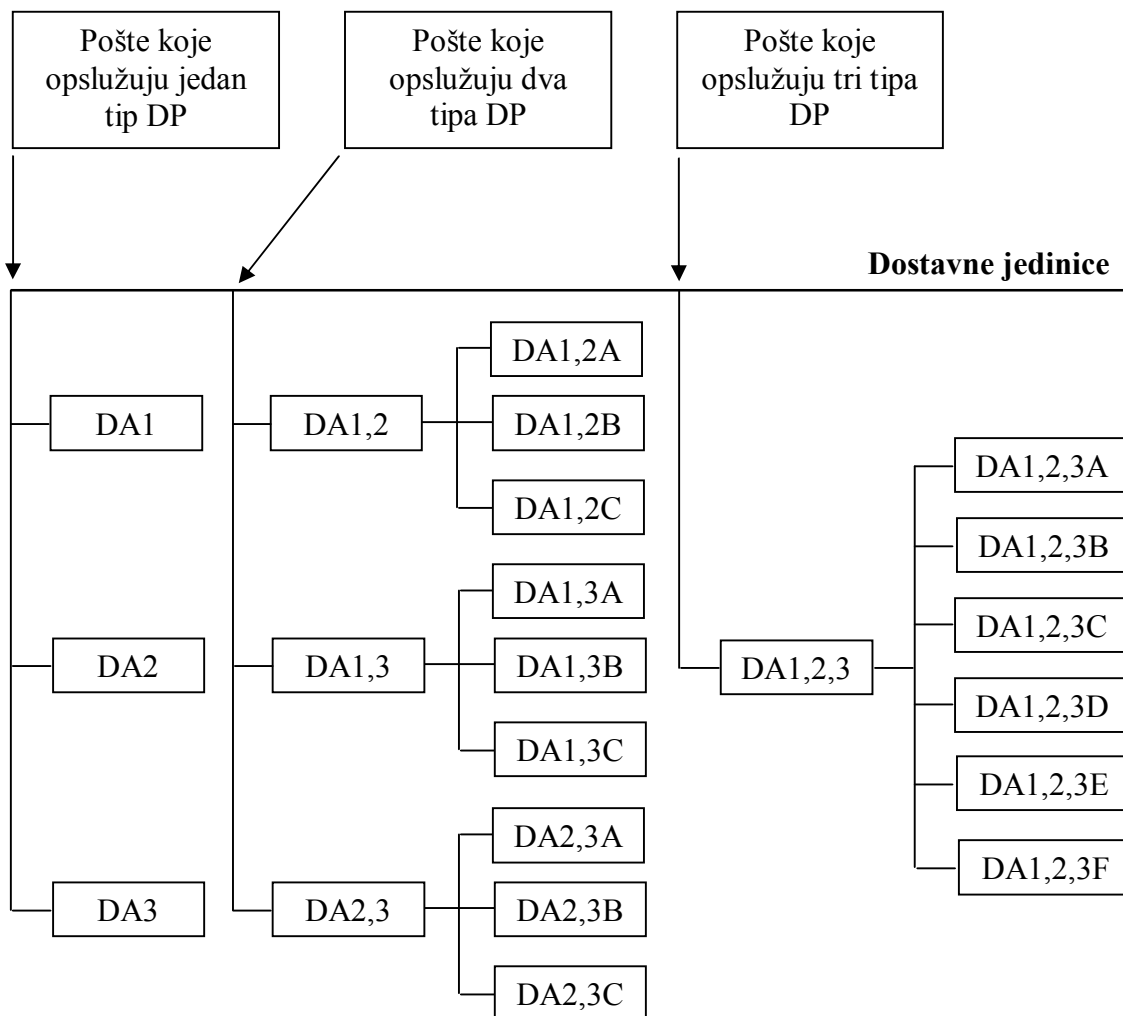
U procesu merenja efikasnosti, aktivnosti koje se odnose na prijem i dostavu nisu bile posebno odvojene jer radnici koji dostavljaju pošiljke su ponekad angažovani na aktivnostima prijema u dostavnoj jedinici, kao što su ručno sortiranje, pripremanje dokumentacije ili čak, na aktivnostima upravljanja u slučaju veoma malih poštanskih jedinica. Razlog za ovaj fenomen leži u činjenici da, prema Zakonu o poštanskim uslugama Republike Srbije, u nekim područjima dostava nije organizovana svakog radnog dana, što ima za posledicu da jedan radnik izvršava više različitih zadataka. Ovaj fenomen nije karakteristika jedino u slučaju JPO u Srbiji, nego i kod mnogih drugih poštanskih operatora iako režimi dostave nisu isti. To omogućava da predloženi model

za merenje troškovne efikasnosti bude implementiran u mnogim drugim poštanskim kompanijama.

Imajući u vidu da postoje različiti uslovi u kojima određene dostavne pošte rade, one su klasifikovane unutar klastera. Cilj ove segmentacije je poređenje uporedivih dostavnih jedinica, kao i da se dobiju preporuke o poboljšanju efikasnosti koje bi trebalo da budu implementirane u svakom klasteru i na opštem nivou. Dostavne jedinice su podeljene unutar 18 klastera u zavisnosti od načina kako je dostava organizovana u ovim jedinicama. Dostava kao parametar za segmentaciju jedinica je razmatrana jer je ona deo proizvodne aktivnosti pošte koji donosi najveće troškove.

Na osnovu nacionalnih propisa Republike Srbije u oblasti poštanskih usluga, državna teritorija bi trebalo da bude pokrivena sa tri tipa režima dostave u zavisnosti od minimalnog broja dostave u toku nedelje (kao što je to ranije pomenuto i prikazano u Tabeli 6.1). Iako postoje tri režima dostave, jedinice su segmentisane unutar 18 klastera. 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 DA1, DA2 i DA3 klaster, respektivno. 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 6.1).

Kao što je prikazano na slici 6.1, jedinice koje opslužuju dva tipa dostavnih područja, u prvom koraku, podeljene 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. DA1 je prvi klaster, DA1,2A četvrti, DA1,2,3A trinaesti, DA1,2,3F osamnaesti.



Slika 6.1 Segmentacija dostavnih jedinica

Na primer, DA1,2 je grupa koja uključuje jedinice sa dostavnim područjem tipa 1 i dostavnim područjem tipa 2. Dalje, ova grupa je podeljena unutar DA1,2A, DA1,2B i DA1,2C klastera. Ova tri klastera su definisana u M6.1 modelu. U ovom modelu,  $x_{ij}$  označava broj dostavnih tačaka u dostavnom području tipa 1 koje bi trebalo da budu pokrivena sa  $i$ -tom jedinicom iz DA1,2 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 M6.1 modelu,  $q_{ij}$  je ukupan broj dostavnih tačaka opsluženih od strane  $i$ -te jedinice iz DA1,2 grupe.

M6.1 model

---

$x_{ij} + y_{ij} = q_{ij}$	$j = 4,5,6$ (DA1,2 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
DA1,2A: $\frac{x_{ij}}{q_{ij}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 2
DA1,2B: $\frac{x_{ij}}{q_{ij}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 1
DA1,2C: $0.33 < \frac{x_{ij}}{q_{ij}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 1 i dostavnog područja tipa 2

---

Grupe DA1,3 i DA2,3 su klasifikovane analogno DA1,2 grupi. Tako, DA1,3 grupa koja uključuje jedinice sa dostavnim područjem tipa 1 i dostavnim područjem tipa 3 je segmentisana prema M6.2 modelu. 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 DA1,3 grupe, respektivno.

M6.2 model

---

$x_{ik} + z_{ik} = q_{ik}$	$k = 7,8,9$ (DA1,3 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
DA1,3A: $\frac{x_{ik}}{q_{ik}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 1 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 3
DA1,3B: $\frac{x_{ik}}{q_{ik}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 1
DA1,3C: $0.33 < \frac{x_{ik}}{p_{ik}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 1 i dostavnog područja tipa 3

---

Konačno, DA2,3 grupa sa jedinicama koje pokrivaju dostavno područje tipa 2 i dostavno područje tipa 3 je segmentisana na osnovu M6.3 modela. 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 DA2,3 grupe, respektivno.

M6.3 model

$y_{ip} + z_{ip} = q_{ip}$	$p = 10,11,12$ (DA2,3 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
DA2,3A: $\frac{y_{ip}}{q_{ip}} \geq 0.67,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 2 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 3
DA2,3B: $\frac{y_{ip}}{r_{ip}} \leq 0.33,$	Jedinice sa visokim udelom dostavnog područja tipa 3 u poređenju sa dostavnim područjem tipa 2
DA2,3C: $0.33 < \frac{y_{ip}}{r_{ip}} < 0.67,$	Jedinice sa približno istim udelom dostavnog područja tipa 2 i dostavnog područja tipa 3

Kao što je predstavljeno na slici 6.1, jedinice koje opslužuju tri tipa dostavnih područja (dostavno područje tipa 1, dostavno područje tipa 2 i dostavno područje tipa 3) čine DA1,2,3 grupu koja je podeljena unutar šest klastera: DA1,2,3A; DA1,2,3B; DA1,2,3C; DA1,2,3D; DA1,2,3E i DA1,2,3F. Ovi klasteri su određeni na osnovu M6.4 modela.

M6.4 model

$x_{ir} + y_{ir} + z_{ir} = q_{ir}$	$r = 13,14,15, \dots, 18$ (DA1,2,3 grupa ima 6 klastera), $i = 1,2,3, \dots, n_r$ gde $n_r$ označava ukupan broj jedinica u $r$ -toj grupi
DA1,2,3A: $x_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir},$	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
DA1,2,3B: $x_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir} \wedge y_{ir} < z_{ir},$	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
DA1,2,3C: $y_{ir} > x_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir} \wedge x_{ir} > z_{ir},$	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
DA1,2,3D: $y_{ir} > x_{ir} \wedge y_{ir} > z_{ir} \wedge x_{ir} < z_{ir},$	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
DA1,2,3E: $z_{ir} > x_{ir} \wedge z_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} > y_{ir},$	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
DA1,2,3F: $z_{ir} > x_{ir} \wedge z_{ir} > y_{ir} \wedge x_{ir} < y_{ir},$	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



U M6.4 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 pokrivene od strane  $i$ -te jedinice iz DA1,2,3 grupe, respektivno.

Implementiranjem algoritma za klasterovanje kao SQL upita (Listing 6.1) na uzorku od 1,194 dostavne jedinice, dobijena je distribucija po klasterima kao što je predstavljeno u Tabeli 6.2.

### Listing 6.1 Klastering algoritam

```
select num_DA, count(name_of_branch) as post_count from
  (select name_of_branch, (case when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and du>ds>dn
then 'DA 1,2,3A'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and du>dn>ds then 'DA 1,2,3B'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and ds>du>dn then 'DA 1,2,3C'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and ds>dn>du then 'DA 1,2,3D'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and dn>du>ds then 'DA 1,2,3E'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and dn>ds>du then 'DA 1,2,3F'
  when DA_1 = 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and ((100*ds/(ds+dn))>=67) then 'DA 2,3A'
  when DA_1 = 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and ((100*ds/(ds+dn))<=33) then 'DA 2,3B'
  when DA_1 = 0 and DA_2 > 0 and DA_3 > 0 and (33<(100*ds/(ds+dn))<67) then 'DA 2,3C'
  when DA_1 = 0 and DA_2 = 0 and DA_3 > 0 then 'DA 3'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 = 0 and ((100*du/(du+ds))>=67) then 'DA 1,2A'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 = 0 and ((100*du/(du+ds))<=33) then 'DA 1,2B'
  when DA_1 > 0 and DA_2 > 0 and DA_3 = 0 and (33<(100*du/(du+ds))<67) then 'DA 1,2C'
  when DA_1 > 0 and DA_2 = 0 and DA_3 = 0 then 'DA 1'
  when DA_1 > 0 and DA_2 = 0 and DA_3 > 0 and ((100*du/(du+dn))>=67) then 'DA 1,3A'
  when DA_1 > 0 and DA_2 = 0 and DA_3 > 0 and ((100*du/(du+dn))<=33) then 'DA 1,3B'
  when DA_1 > 0 and DA_2 = 0 and DA_3 > 0 and (33<(100*du/(du+dn))<67) then 'DA 1,3C'
  when DA_1 = 0 and DA_2 > 0 and DA_3 = 0 then 'DA 2'
end) as num_DA
from DA)
group by num_DA
order by num_DA;
```

### 6.2.2 Promenljive u modelu rada dostavne jedinice

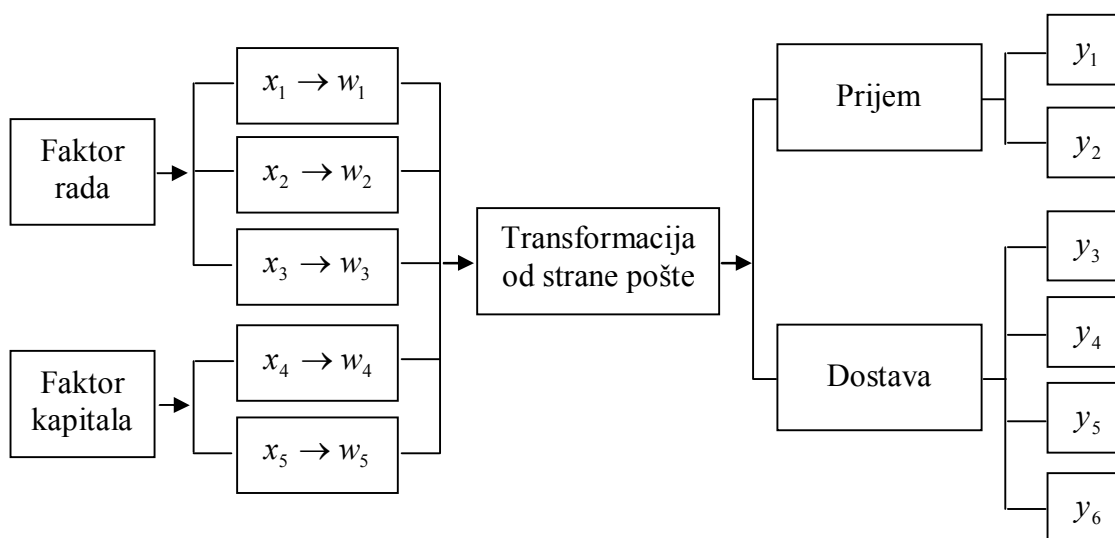
Stalni tehnološki razvoj primorava poštansku industriju da se stalno prilagođava potrebama svojih korisnika. Pored toga, savremena pošta nudi širok asortiman usluga. Za potrebe ovog istraživanja, ove usluge bile su grupisane u tri kategorije. Prva kategorija uključuje tradicionalne poštanske usluge (pismo nosne usluge, paketske usluge, uputničke usluge i ekspres usluge). Druga kategorija uključuje finansijske usluge (uplate i isplate) i konačno, poslednja uključuje ostale usluge kao što su elektronske usluge, marketinške usluge, usluge prodaje itd. Da bi obezbedili ove usluge, poštanski operatori trebalo bi da koriste odgovarajuću tehnologiju i ljudske resurse što implicira adekvatne troškove. Tako, ukupni troškovi mogli bi da budu razmatrani kao suma troškova rada i troškova kapitala.

Troškovi rada pošte uključuju troškove šalterskih radnika, dostavljača i ostalih zaposlenih angažovanih na proizvodnim aktivnostima jedinica poštanske mreže kao što su menadžeri i radnici koji sortiraju poštu ili pripremaju odgovarajuću dokumentaciju. Troškovi kapitala su troškovi građenja i održavanja pošta i troškovi za dostavna vozila i neophodnu opremu. Rezultati studije (Filippini i Zola, 2005) su pokazali da su troškovi rada oko 90% ukupnih troškova pošte, dok su troškovi kapitala oko 10% ukupnih troškova. U slučaju JP "Pošta Srbije", ukupni troškovi rada bili su 12,575,638,000 RSD (129,947,982 EUR) za 2011. godinu. Ukupni troškovi kapitala iznosili su 4,104,455,000 RSD (42,412,611 EUR) za istu godinu. Dakle, 75% troškova se odnose na faktor rada a 25% troškova se odnose na faktor kapitala (JP "Pošta Srbije", 2012).

**Tabela 6.2** Raspodela jedinica

Klaster	Tip jedinice	Broj jedinica	Procenat (%)
Klaster I	DA1	118	9.88
Klaster II	DA2	214	17.92
Klaster III	DA3	128	10.72
Klaster IV	DA1,2A	53	4.44
Klaster V	DA1,2B	20	1.68
Klaster VI	DA1,2C	23	1.93
Klaster VII	DA1,3A	36	3.02
Klaster VIII	DA1,3B	18	1.51
Klaster IX	DA1,3C	20	1.68
Klaster X	DA2,3A	201	16.83
Klaster XI	DA2,3B	88	7.37
Klaster XII	DA2,3C	123	10.30
Klaster XIII	DA1,2,3A	31	2.60
Klaster XIV	DA1,2,3B	27	2.26
Klaster XV	DA1,2,3C	24	2.01
Klaster XVI	DA1,2,3D	22	1.84
Klaster XVII	DA1,2,3E	28	2.35
Klaster XVIII	DA1,2,3F	20	1.68
Ukupno		1,194	100

U ovoj studiji, analizirana je veza između korišćenih resursa, rada i kapitala, i obezbeđenih poštanskih usluga da bi se procenila troškovna efikasnost dostavnih jedinica. Troškovna efikasnost je izračunata prema predloženoj metodologiji i višezlaznim i višezlaznim modelom koji je predstavljen na slici 6.2.



**Slika 6.2** Višeulazni i višeizlazni model rada dostavne jedinice

Upotrebljene su promenljive koje se odnose na faktor rada i faktor kapitala. Faktor rada je bio određen sa tri promenljive -  $x_1$  - broj šalterskih radnika (engl. *Post Office Counter Clerks*),  $x_2$  - broj dostavljača (engl. *Delivery Workers*) i  $x_3$  - menadžeri i radnici za sortiranje pošiljaka ili pripremanje dokumenata (engl. *Managers and Workers Sorting Mail or Preparing Documents*). Ove varijable su okarakterisane sa odgovarajućim troškovima koji su označeni kao  $w_1$ ,  $w_2$  i  $w_3$ , respektivno.

Faktor kapitala bio je definisan sa dve promenljive -  $x_4$  - ukupni operativni troškovi objekata (engl. *Total Operating Cost of Buildings*) koji su određeni cenom iznajmljivanja po metru kvadratnom i veličinom kvadrature i  $x_5$  - broj dostavnih vozila (engl. *Delivery Vehicles*). Odgovarajući troškovi su označeni sa  $w_4$  i  $w_5$ , respektivno.

Performanse izlaza dostavnih jedinica su identifikovane korišćenjem rezultata odvojeno za prijem i dostavu. Obrazloženje za to je dato u pododeljku 6.2.1, i ono se odnosi na fenomen da su dostavljači ponekad angažovani ne samo na jedan posao već na više poslova. Sa jedne strane, za procenu rezultata dostavne jedinice koji se odnosi na prijem, uvedene su dve promenljive -  $y_1$  - primljena pisma, ekspres pošiljke i paketi (engl. *Collected Letter Post, Express Items and Postal Parcels*) i  $y_2$  - broj finansijskih usluga (engl. *Number of Financial Services*) ponuđenih od strane jedinice. Sa druge strane, performanse dostave su procenjene na osnovu četiri varijable -  $y_3$  - pisma (engl.

*Letter Post*),  $y_4$  - paketi (engl. *Postal Parcels*),  $y_5$  - ekspres pošiljke (engl. *Express Items*) i  $y_6$  - uputničke pošiljke (engl. *Money Orders*).

Ovo istraživanje je sprovedeno korišćenjem baze podataka JP "Pošta Srbije". Analizirani su podaci za 2011. godinu i razmatrane 1,194 dostavne jedinice koje rade širom Srbije. Opisna statistika za ulaze i izlaze na nivou dostavne mreže je predstavljena u Tabeli 6.3.

**Tabela 6.3** Opisna statistika za ulaze i izlaze

Promenljive	Opis	Jedinice mere	Vrednost
$x_1$	Šalterski radnici	Broj radnika	5,805
$x_2$	Dostavljači	Broj radnika	4,375
$x_3$	Menadžeri i radnici za sortiranje pošiljaka ili pripremanje dokumenata	Broj radnika	2,139
$x_4$	Ukupni operativni troškovi objekata	Metara kvadratnih	54,165 (procenjeno)
$x_5$	Dostavna vozila	Broj vozila	728
$y_1$	Primljena pisma, ekspres pošiljke i paketi	U milionima	394.106
$y_2$	Broj finansijskih usluga	U milionima	143.341
$y_3$	Dostavljena pisma	U milionima	301.362
$y_4$	Dostavljeni paketi	U milionima	0.555
$y_5$	Dostavljene ekspres usluge	U milionima	4.040
$y_6$	Dostavljene uputničke pošiljke	U milionima	2.819

### 6.3 Rezultati i diskusija

U ovoj studiji, izračunate su ocene troškovne efikasnosti za svaku dostavnu jedinicu korišćenjem metodologije opisane u odeljku 6.1. Cilj je bio da se uporede jedinice koje rade u istim ili sličnim uslovima, tj. one koje su klasifikovane u okviru klastera. Međutim, zbog toga što postoji veliki broj dostavnih jedinica koje su heterogene, nije moguće da se formiraju klasteri gde sve jedinice iz određenog klastera imaju i rade pod identičnim uslovima. Posledica toga je da dve dostavne jedinice koje pripadaju istom klasteru, koriste iste ulaze i imaju identične rute ali sa različitim obimom dostave, mogu

da pokažu različitu efikasnost samo zbog različite tražnje, a ne niti zbog troškova, niti zbog alokacije resursa.

Da bi se potvrdila celishodnost klastering procedure, koeficijent varijacije, CV (engl. *Coefficient of Variation*) je izračunat. CV je statistička mera disperzije podataka oko aritmetičke sredine, i prema tome, može se zaključiti da mala vrednost CV karakteriše veću homogenost klastera. CV je izračunat kao odnos standardne devijacije, SD (engl. *Standard Deviation*) i aritmetičke sredine (engl. *Arithmetic Mean*). U ovoj studiji, određen je CV za svaki indikator efikasnosti (CE, PTE, SE, AE) i klaster (videti Tabele 6.4 i 6.5). Prosečna vrednost CV za indikatore efikasnosti se kreće od 5% to 10%. Tako, relativno male vrednosti CV potvrđuju celishodnost klastering metode.

Prethodna četiri pokazatelja efikasnosti su povezani, kao što je to predstavljeno jednakošću (6.5). Troškovna efikasnost određenog klastera je izračunata kao prosečna vrednost ocena troškovne efikasnosti dostavnih jedinica koje pripadaju tom klasteru. Prosek je određen prema relaciji (6.6).

$$CE_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} CE_i}{n_j} \quad (6.6)$$

U relaciji (6.6),  $j$  označava određeni klaster ( $j = I, II, III, \dots, XVIII$ ),  $i$  ukazuje na dostavnu jedinicu,  $n_j$  predstavlja broj dostavnih jedinica u  $j$ -tom klasteru.

Rezultati za CE predstavljeni su u Tabeli 6.4, pokazuju da postoji znatna razlika troškovne efikasnosti po klasterima sa vrednostima između 15% i 92%. Najmanja prosečna troškovna efikasnost (0.15014) je pronađena u dostavnim jedinicama iz klastera DA3 koje funkcionišu u malim naseljima sa manje od 750 stanovnika, a najveća (0.92106) je pronađena u dostavnim jedinicama iz klasteru DA1 koje rade u naseljima sa više od 3,500 stanovnika. Razmatranjem ukupne dostavne poštanske mreže, troškovna efikasnost je 40%, što ukazuje da postoje određene mogućnosti za poboljšanja.

**Tabela 6.4** Ocene troškovne efikasnosti

Tip dostavne jedinice	Klaster $j$	$n_j$	CE	$CV_{CE}$
DA 1	Klaster I	118	0.92106	0.02886
DA 2	Klaster II	214	0.45342	0.02235
DA 3	Klaster III	128	0.15014	0.02744
DA1,2A	Klaster IV	53	0.72987	0.08100
DA1,2B	Klaster V	20	0.46081	0.13799
DA1,2C	Klaster VI	23	0.59894	0.09529
DA1,3A	Klaster VII	36	0.44949	0.12400
DA1,3B	Klaster VIII	18	0.32052	0.15723
DA1,3C	Klaster IX	20	0.38392	0.08295
DA2,3A	Klaster X	201	0.27154	0.06969
DA2,3B	Klaster XI	88	0.21076	0.18826
DA2,3C	Klaster XII	123	0.23085	0.13211
DA1,2,3A	Klaster XIII	31	0.44579	0.09473
DA1,2,3B	Klaster XIV	27	0.40551	0.14629
DA1,2,3C	Klaster XV	24	0.35502	0.09198
DA1,2,3D	Klaster XVI	22	0.31620	0.06833
DA1,2,3E	Klaster XVII	28	0.26350	0.11855
DA1,2,3F	Klaster XVIII	20	0.25573	0.12468
Ukupno		1,194	0.40128	0.09954

Izvori troškovne neefikasnosti mogu biti izraženi kao suma tehničke i alokativne neefikasnosti, i shodno tome, izvedena troškovna efikasnost za svaki klaster je dekomponovana unutar njenih sastavnih delova. Analitički rezultati su predstavljeni u Tabeli 6.5.

Radna efikasnost je okarakterisana PTE ocenom. Na osnovu proračuna, procenjena prosečna radna efikasnost je oko 88%. Ovaj rezultat je 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%. Iako je ova ocena efikasnosti relativno visoka, postoje mogućnosti za poboljšanja. Osnovna pretpostavka u studijama koje ispituju vezu između ljudskog kapitala (engl. *Human Capital*) i učinka organizacije je da znanje, veštine i sposobnosti, KSA (engl. *Knowledge, Skills and Abilities*) zaposlenih imaju direktan uticaj na rezultate rada. Pored toga, 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).

**Tabela 6.5** Dekompozicija troškovne efikasnosti i radna produktivnost

Cluster	PTE	CV <sub>PTE</sub>	SE	CV <sub>SE</sub>	AE	CV <sub>AE</sub>	LP
I	0.98228	0.02007	0.95932	0.03206	0.97744	0.00989	0.07451
II	0.87270	0.02459	0.76530	0.01010	0.67890	0.01333	0.06375
III	0.79115	0.03118	0.32005	0.00925	0.59296	0.01853	0.05919
IV	0.92437	0.04086	0.83753	0.08367	0.94275	0.04953	0.07085
V	0.87664	0.05287	0.80510	0.11307	0.65290	0.13059	0.06804
VI	0.82550	0.06180	0.76734	0.08658	0.94553	0.05640	0.06613
VII	0.93119	0.04752	0.53988	0.14240	0.89409	0.07656	0.07272
VIII	0.85672	0.05292	0.45956	0.19475	0.81409	0.09021	0.06494
IX	0.92541	0.04697	0.49979	0.05224	0.83008	0.07904	0.07054
X	0.89754	0.05332	0.47960	0.06478	0.63082	0.03167	0.06374
XI	0.91607	0.05126	0.39867	0.19939	0.57710	0.15391	0.07266
XII	0.89760	0.04741	0.42970	0.13982	0.59852	0.09666	0.06658
XIII	0.90983	0.11220	0.53768	0.01944	0.91127	0.07192	0.07222
XIV	0.88966	0.10199	0.51767	0.09883	0.88050	0.11355	0.06967
XV	0.87454	0.08414	0.46859	0.07561	0.86632	0.03792	0.06900
XVI	0.88113	0.07331	0.41907	0.02288	0.85632	0.05065	0.07004
XVII	0.82499	0.05441	0.39741	0.10344	0.80370	0.09691	0.06650
XVIII	0.89851	0.08340	0.36776	0.08182	0.77391	0.10272	0.07233
Prosek	0.88755	0.05779	0.55389	0.08501	0.79040	0.07111	0.06852
CV	0.05028		0.33807		0.16989		0.05889

Prema rezultatima koji se odnose na SE ocene, razlike po klasterima su očigledne. Ove razlike između klastera su očekivane jer SE ocena generalno karakteriše uslove okruženja kao što je gustina naseljenosti stanovnika. U posmatranom slučaju, odgovarajuća promenljiva je broj stanovnika po dostavnom području. Dobijeni rezultati predstavljeni u Tabeli 6.5 ukazuju da je najmanje povoljno okruženje za dostavne jedinice u Klasteru III.

Razmatranjem dostavnih jedinica iz Klastera I, uočava se da su one, uglavnom, efikasne prema oba indikatora efikasnosti, PTE i SE. To znači da zbog njihovih PTE i SE ocena koje su približno 1, ove dostavne jedinice rade unutar MPSS (engl. *Most Productive Scale Size*).

Analiziranjem prosečnih vrednosti PTE i SE indikatora efikasnosti, pronađeno je da na troškovnu efikasnost utiču u većoj meri uslovi okruženja (0.55389) nego radna efikasnost (0.88755). Uzimajući u obzir nacionalne propise koji su nametnuti javnom

poštanskom operatoru u odnosu na lokaciju pošte, postoje male, ako ih uopšte ima, mogućnosti da se poboljša SE indikator efikasnosti.

Konačno, mogući razlog za troškovnu neefikasnost mogao bi da bude zbog alokativne neefikasnosti. Procenjene AE ocene (Tabela 6.5) ukazuju da postoje mogućnosti poboljšanja troškovne efikasnosti na osnovu realokacije resursa, što bi moglo značajno i pozitivno da utiče na troškovnu efikasnost kod jedinica u Klasteru II, III, V, X, XI, XII i XVIII jer njihove AE ocene su ispod proseka (0.79040). Shodno tome, najmanje 794 dostavne jedinice bi mogle da poboljšaju svoju efikasnost na osnovu realokacije resursa.

Da bi se identifikovale razlike u rezultatima između DEA tehnike i uobičajenih varijabli efikasnosti, uveden je pokazatelj radne produktivnost, LP (engl. *Labor Productivity*). Ovaj indeks je izračunat tako što je ukupni izlaz podeljen sa brojem zaposlenih. Rezultati su prikazani u osmoj koloni Tabele 6.5. Prosečna vrednost za celu dostavnu mrežu je 0.06852 miliona usluga godišnje po zaposlenom. Dalje, pokazalo se da postoji relativna uniformnost između LP pokazatelja po klasterima, koji se kreću od 0.05919 (Klaster III) do 0.07451 (Klaster I). Na osnovu analize DEA ocena efikasnosti i LP pokazatelja, može da se zaključi da su LP vrednosti po klasterima najviše proporcionalne vrednostima PTE indikatora efikasnosti koji je povezan sa radnom efikasnošću. Ovaj zaključak je zasnovan na koeficijentu varijacije, koji u slučaju PTE je 0.05028, a u slučaju LP je 0.05889. Ovaj nalaz potvrđuje tumačenje DEA da se PTE indikator efikasnosti odnosi na radnu efikasnost.

Dodatno, analizirana je veza između SE ocena i izlaza da bi se odredio uticaj ekonomije obima (engl. *Economies of Scale*) na efikasnost dostavnih jedinica. Prvo, bili su sumirani svi posmatrani izlazi za svaku dostavnu jedinicu. Ove vrednosti označavaju ukupan broj usluga obezbeđenih od strane jedinice uzimajući u obzir obe aktivnosti, prijem i dostavu. Sumiranjem ovih vrednosti unutar svakog klastera, dobijen je ukupan izlaz po klasteru. Zatim, na osnovu toga, prosečan broj usluga obezbeđenih od strane jedinice bio je izračunat za svaki klaster, tj. ukupan izlaz po dostavnoj jedinici (videti Tabelu 6.6).

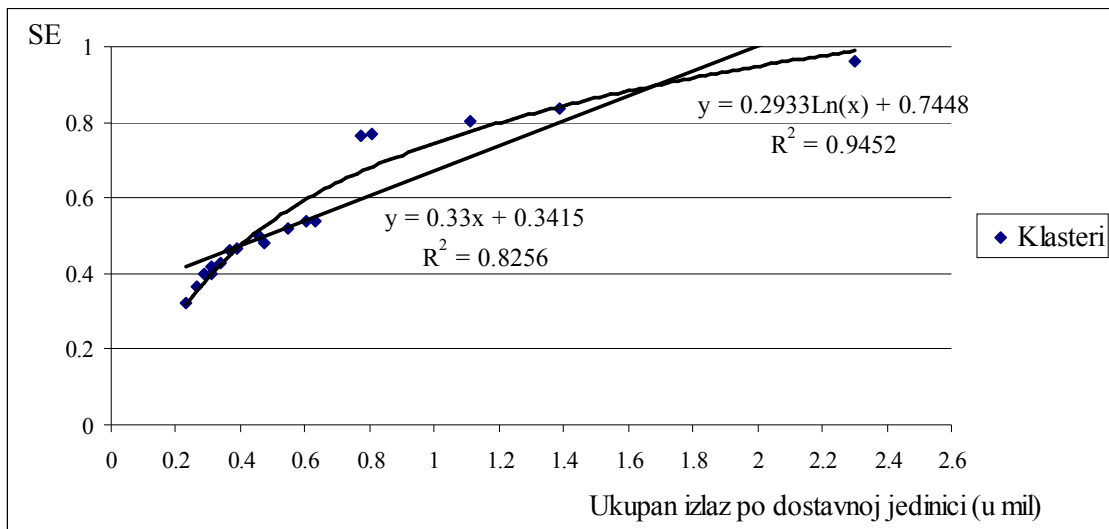


**Tabela 6.6** Obezbeđene usluge od strane dostavnih jedinica i klastera

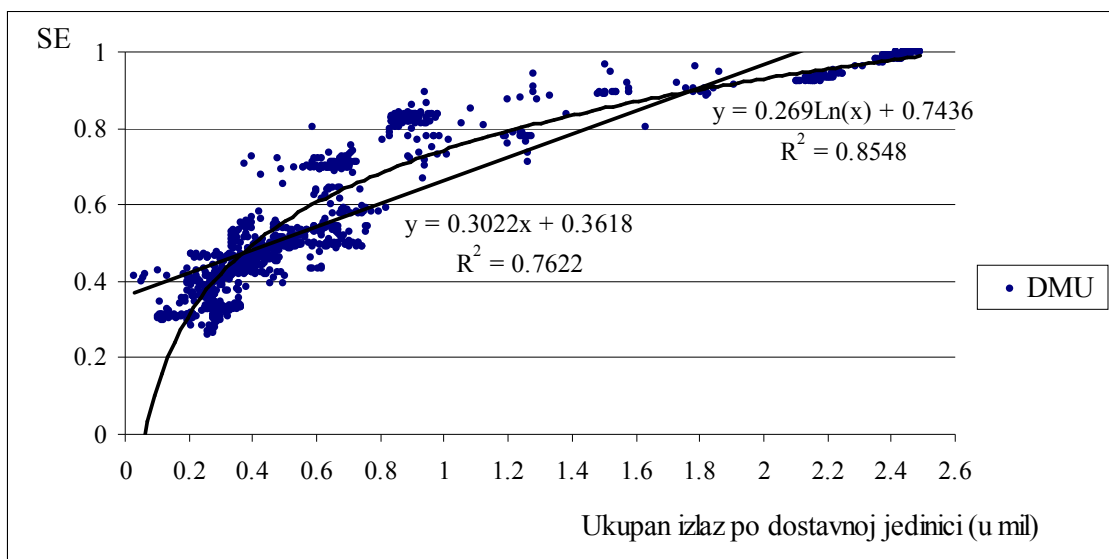
Klaster	Ukupan izlaz (u mil)	Broj dostavnih jedinica	Ukupan izlaz po dostavnoj jedinici (u mil)	Standardna devijacija (SD) (u mil)
I	271.282	118	2.299	0.212
II	164.994	214	0.771	0.056
III	29.952	128	0.234	0.016
IV	73.405	53	1.385	0.166
V	22.180	20	1.109	0.146
VI	18.515	23	0.805	0.083
VII	21.672	36	0.602	0.063
VIII	6.624	18	0.368	0.044
IX	9.100	20	0.455	0.047
X	95.676	201	0.476	0.050
XI	27.104	88	0.308	0.034
XII	41.943	123	0.341	0.036
XIII	19.499	31	0.629	0.067
XIV	14.769	27	0.547	0.054
XV	9.384	24	0.391	0.040
XVI	6.864	22	0.312	0.031
XVII	7.980	28	0.285	0.031
XVIII	5.280	20	0.264	0.030

Istražen je trend između SE i ukupnog izlaza razmatrajući klastere (videti sliku 6.3), kao i dostavne jedinice (videti sliku 6.4). U radu (Cohen, 1988, str. 79-81) tumači se Pirsonov koeficijent korelacije (engl. *Pearson Correlation Coefficient*), koji daje meru statističke zavisnosti između dve promenljive. Shodno tome, upoređujući vrednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije između linearnog (0.9086 u slučaju klastera i 0.8730 u slučaju DMU) i logaritamskog trenda (0.9722 u slučaju klastera i 0.9246 u slučaju DMU), može biti zaključeno da postoji logaritamski trend između SE i izlaza u oba slučaja.

Prema (Cohen, 1988), dobijene korelacije se smatraju visokim jer su vrednosti koeficijenta korelacije iznad 0.5. U posmatranom slučaju, postoji jasan logaritamski trend, što znači da ekonomija obima ima snažniji uticaj na male jedinice u poređenju sa velikim jedinicama. Tako, dostavne jedinice iz Klastera III, XVIII, XVII, XI, XVI, XII, VIII, XV, X, IX, XIV, XIII i VII imaju ogroman potencijal da poboljšaju svoju efikasnost spajanjem dve ili više jedinica u jednu.



Slika 6.3 Veza između SE i ukupnog izlaza razmatrajući klaster



Slika 6.4 Veza između SE i ukupnog izlaza razmatrajući DMU

Prethodnu preporuku o spajanju dostavnih jedinica trebalo bi uzeti uslovno, imajući u vidu nametnutu obavezu javnom poštanskom operatoru da pokriva sva naselja u državi. Rešenje za ova dva suprotna stanovišta moglo bi da bude pronađeno u redefinisanoj poštanskoj mreži; na primer uvođenjem franšize za male jedinice, povećanjem samousluživanja u poštama korišćenjem 24/7 automatizovanih ormarića za prijem i uručenje paketa i optimizovanjem dostavnih ruta korišćenjem odgovarajućih georeferencirajućih softvera.

## **7. NOVI KONCEPT UNIVERZALNE POŠTANSKE USLUGE - Prihodna analiza u funkciji različitih cena poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije"**

U ovom poglavlju, predstavljen je novi koncept univerzalne poštanske usluge (engl. *Universal Service Obligation*) u uslovima koji postoje u Republici Srbiji. Nova poštanska usluga u odnosu na tradicionalnu menja zahteve u pogledu tehnološkog procesa prenosa pošiljaka što utiče na poslednju fazu u tom procesu – dostavu (engl. *Delivery*). Ideja je da javni poštanski operator, JPO (engl. *Universal Service Provider*) može da ponudi univerzalnu poštansku uslugu sa unapred definisanim rokom prenosa za svaku pojedinačnu pošiljku. To bi izazvalo 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 kod javnog 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. Dalje, u ovom poglavlju bila je izvršena prihodna analiza u funkciji različitih cena poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije". Rezultati studije koja je predstavljena u ovom poglavlju, objavljeni su u radovima Dobrodolac, **Ralević** i Blagojević (2014) i Dobrodolac, **Ralević** i Stanivuković (2013).

### **7.1 Tradicionalni koncept univerzalne poštanske usluge**

Univerzalna poštanska usluga (engl. *Universal Service Obligation*) predstavlja skup poštanskih usluga koje se obavljaju u kontinuitetu, na celoj teritoriji jedne države, u okviru propisanog kvaliteta, po pristupačnim cenama i pod jednakim uslovima za sve korisnike, bez diskriminacije. Univerzalna poštanska usluga, u skladu sa Zakonom o poštanskim uslugama Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 18/2005 i 30/2010), u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju, obuhvata (Član 13):

- prijem, prenos i uručenje pismonosnih pošiljaka, uključujući registrovane pošiljke, mase do 2 kg, kao i pismonosne pošiljke u elektronskoj formi,
- prijem, prenos i uručenje paketa mase do 10 kg u unutrašnjem poštanskom saobraćaju i paketa mase do 20 kg u međunarodnom poštanskom saobraćaju,

- prijem, prenos i isplatu uputnica u klasičnoj i elektronskoj formi,
- prijem, prenos i uručenje sekograma do 7 kg.

Univerzalna poštanska usluga se obavlja svakog radnog dana, a ne manje od pet dana u nedelji, osim u slučajevima državnih i verskih praznika, više sile i ugroženosti zdravlja i sigurnosti zaposlenih kod operatora. Obavljanje pojedinih usluga iz domena univerzalne poštanske usluge može se prekinuti ili obustaviti u cilju zaštite javnog interesa i drugim slučajevima predviđenim zakonom. Regulatorni organ u oblasti poštanskih usluga u Republici Srbiji, tj. "Republička agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge" (RATEL), može u posebnim okolnostima i geografskim uslovima, da uredi drugačije obavljanje univerzalne poštanske usluge.

U većini evropskih zemalja postoji tradicionalni koncept poštanske usluge. To znači da korisnici mogu da se opredele za neregistrovane pošiljke, preporučene pošiljke ili vrednosne pošiljke. Pored toga, u skladu sa propisima određene zemlje, poštanski operator je u obavezi da prenese odgovarajući procenat pošiljaka u vremenskom ograničenju (engl. *Time Limit*) koji je određen relacijom (7.1). 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.

$$TL = D + n \quad (7.1)$$

U Evropskoj Uniji, standardi kvaliteta za poštanski saobraćaj u pogledu brzine prenosa specificirani su na osnovu poštanske direktive Evropske Unije (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 7.1. Ove standarde, države članice treba da ispune ne samo na zbirnom nivou unutar Unije, već i na bilateralnom nivou. RATEL definiše standarde kvaliteta za obavljanje univerzalne poštanske usluge unutar Republike Srbije (videti Tabelu 7.2).

**Tabela 7.1** Standardi kvaliteta unutar Evropske Unije

Vremensko ograničenje ( $TL$ )	Cilj
$D + 3$	85% pošiljaka
$D + 5$	97% pošiljaka

**Tabela 7.2** Standardi kvaliteta unutar Republike Srbije

Vremensko ograničenje ( <i>TL</i> )	Cilj	
	Pismonosne pošiljke	Paketske pošiljke
<i>D</i> + 2	90%	85%
<i>D</i> + 3	98.5%	95%
<i>D</i> + 5	99.5%	99%

Za razliku od tradicionalnog koncepta univerzalne poštanske usluge, poštanski operatori bi mogli da ponude poštansku uslugu sa unapred definisanim rokom prenosa za svaku pojedinačnu pošiljku. Na prvi pogled, moglo bi se reći da bi to bilo dodatno opterećenje za poštanske operatore, međutim, takav koncept bi doveo do novih mogućnosti u organizaciji dostave.

## 7.2 Novi koncept univerzalne poštanske usluge

U cilju pružanja univerzalne poštanske usluge na teritoriji cele države, javni poštanski operator u Srbiji (JP "Pošta Srbije") angažuje različite resurse. Prema (JP "Pošta Srbije", 2012) bilo je angažovano 1507 pošta, 3890 šaltera, 3551 dostavna rejona, 2062 poštanska sandučića, 3 regionalna poštansko logistička centra, 17 poštansko logističkih centara, 1 međunarodni poštansko logistički centar, 3 pošte carinjenja, 2 inostrana odeljka, 1508 vozila, od kojih je 412 putničkih, 728 dostavnih i 368 teretnih vozila, kao i jedan 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 javnog poštanskog operatora. U novom konceptu, pošiljalac bi specificirao rok u kojem želi da mu se pošiljka prenese, pa se ostvareni rezultati javnog 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 do 24 časa 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 24 časa 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 do 24 časa, dostavu bi vršili 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 koji podrzumevaju manje troškove za poštanskog operatora. Značajno je napomenuti 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 svake vrste pošiljke. U cilju raspodele određenih pošiljaka pojedinim dostavljačima, mogla bi da se koriste odgovarajuća softverska rešenja koja za osnovne ulazne parametre treba da imalju dužinu pređenog puta dostavljača i rokove uručjenja. Primer ovog tipa softvera ponudila je kompanija "GIRO" iz Kanade svojom aplikacijom nazvanom "GeoRoute".

Novi koncept univerzalne poštanske usluge, u zavisnosti koja je alternativa prenosu pošiljke u vremenskom ograničenju  $D + 1$ , može da se koncipira na tri načina. U Tabeli 7.3 predstavljene 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

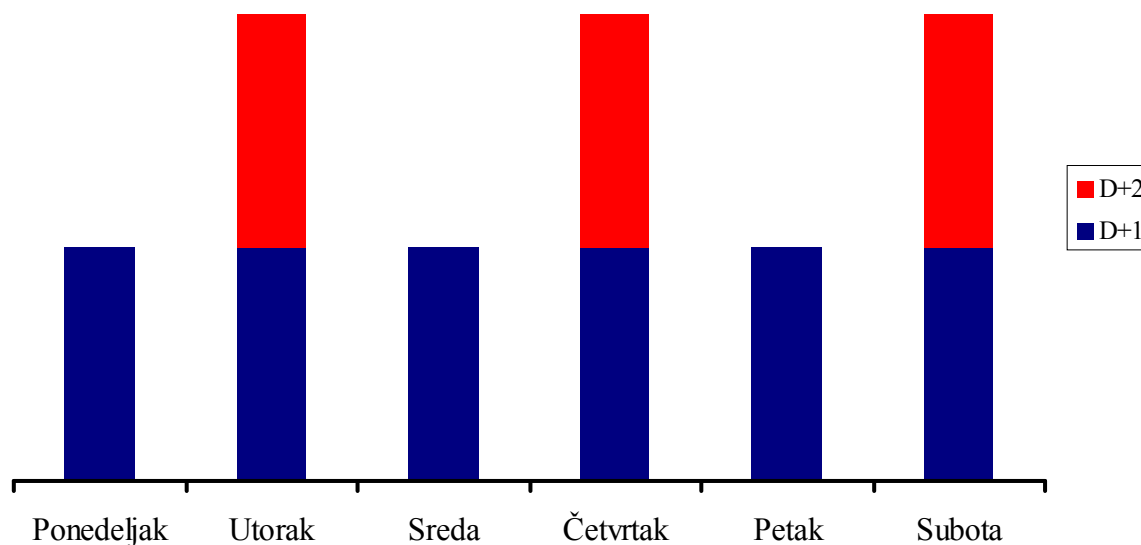
ograničenje  $D + 3$ , treći način se karakteriše time što vremensko ograničenje  $D + 1$  ima alternativu  $D + 2$  ili  $D + 3$ .

**Tabela 7.3** Koncept univerzalne poštanske usluge

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 $D + 3$

### 7.2.1 Alternativa I

Alternativa I predstavlja slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u roku od 24 časa vremensko ograničenje  $D + 2$ . Za ovaj način prenosa pošiljke, organizacija dostave u toku radne nedelje je predstavljena na slici 7.1.



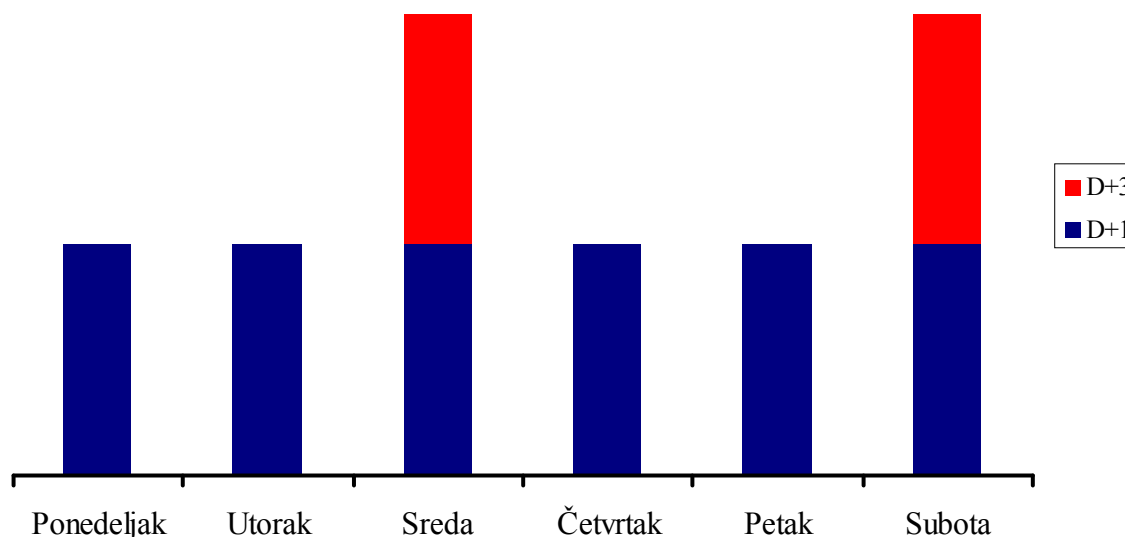
**Slika 7.1** Organizacija dostave (alternativa I)

Organizacija dostave kod alternative I, kao što je to prikazano na slici 7.1, 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

vršila bi se dostava samo pošiljaka  $D + 1$  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 nađu radnici koji bi bili angažovani na dostavi po potrebi.

### 7.2.2 Alternativa II

Alternativa II je slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u vremenskom ograničenju  $D + 1$  vremensko ograničenje  $D + 3$ . Na slici 7.2 prikazana je organizacija dostave u toku radne nedelje za ovaj način prenosu pošiljke.



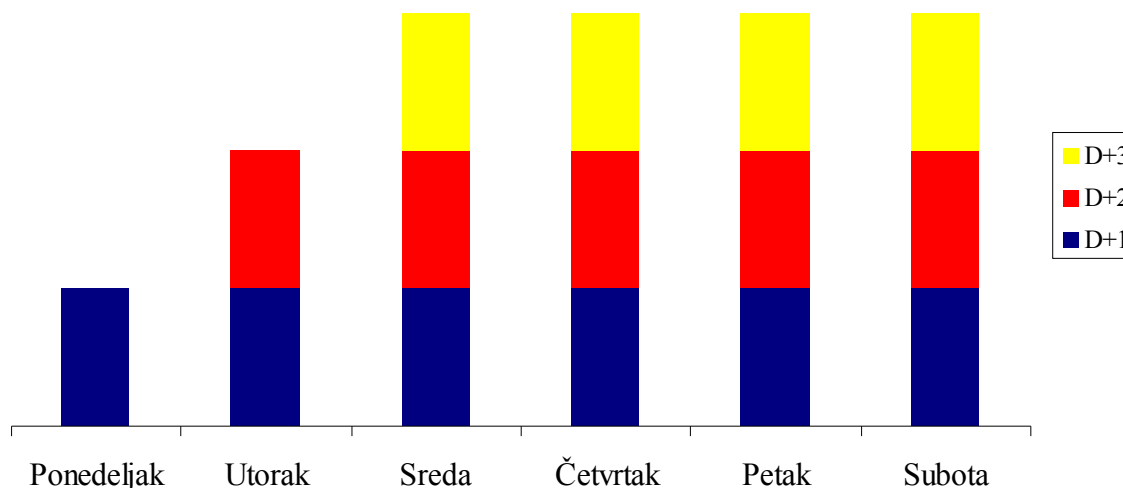
Slika 7.2 Organizacija dostave (alternativa II)

Ponedjeljkom, kao što je to prikazano na slici 7.2, 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.



### 7.2.3 Alternativa III

Alternativa III je slučaj kada je alternativa prenosu pošiljke u roku od 24 časa vremensko ograničenje  $D+2$  ili  $D+3$ . Za ovaj način prenosa pošiljke, organizacija dostave u toku radne nedelje je prikazana na slici 7.3.



Slika 7.3 Organizacija dostave (alternativa III)

Kao i kod prethodne dve alternative, i u ovom slučaju (slika 7.3), 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 kao za sredu.

Svrha uvođenja novog koncepta poštanske usluge koja se predlaže u ovoj disertaciji 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 zaključi da alternativa II ima najveći potencijal za racionalizaciju dostave jer ima najmanji broj dana sa vršnim saobraćajem. Konkretni efekti od nove organizacije tehnološkog procesa prenosa pošiljaka mogli bi biti predmet daljih istraživanja. To bi zahtevalo sprovođenje analize osetljivosti vezano za troškove za svaku od navedenih alternativa posebno.

U daljem tekstu ovog poglavlja, biće ispitane posledice uvođenja alternative II sa aspekta prihoda za slučaj JPO 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 se 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.

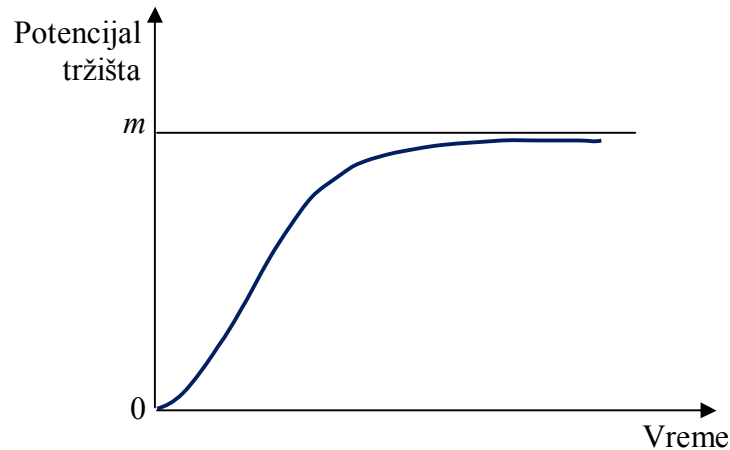
### **7.3 Prognoziranje tražnje za novom uslugom**

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 izuzetnu 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).

#### **7.3.1 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 7.4 je predstavljena grafička ilustracija Basovog modela.



Slika 7.4 Grafički prikaz 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 (7.2).

$$P(t) = p + \frac{q}{m} N(t) \quad (7.2)$$

U jednakosti (7.2),  $p$  označava parametar inovacije,  $q$  predstavlja parametar imitacije, dok parametar  $m$  označava potencijal tržišta, tj. sve potencijalne korisnike nove usluge.

Na osnovu Bajesove (Bayes) teoreme, koja se koristi u teoriji verovatnoće za izračunavanje uslovne verovatnoće, važi da je  $P(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$ , gde je  $F(t)$  funkcija raspodele verovatnoće, a  $f(t)$  gustina raspodele verovatnoće. Korišćenjem ove teoreme i polazne hipoteze Basovog modela koja je opisana u (7.2), može da se dobije relacija prikazana u (7.3).

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + \frac{q}{m} N(t) \quad (7.3)$$

Kumulativan broj korisnika koji su prihvatili novu uslugu na intervalu  $[0, t]$  može da se predstavi relacijom (7.4), gde je  $s(t)$  intenzitet prihvatanja nove usluge (broj novih korisnika).

$$N(t) = \int_0^t s(t)dt = m \int_0^t f(t)dt = mF(t) \quad (7.4)$$

Na osnovu relacija (7.3) i (7.4), intenzitet prihvatanja nove usluge u trenutku  $t$  može da bude izražen kao što je to prikazano u jednakosti (7.5).

$$s(t) = pm + (q - p)N(t) - \frac{q}{m}N^2(t) \quad (7.5)$$

Prema Basovom modelu, difuzioni proces se može predstaviti diferencijalnom jednačinom (7.6).

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left( p + \frac{q}{m}N(t) \right) (m - N(t)) \quad (7.6)$$

Ako u početnom trenutku  $t = 0$  važi da je  $N(0) = 0$ , rešenje diferencijalne jednačine (7.6) predstavlja vremensku zavisnost difuzionog procesa kao što je to prikazano sa (7.7).

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} \quad (7.7)$$

Konačno, na osnovu relacija (7.5) i (7.7), dobija se osnovni oblik Basovog modela prikazan sa (7.8).

$$s(t) = pm + (q - p)m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} - qm \left( \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} \right)^2 \quad (7.8)$$

Iz (7.8), 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 (7.8), 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  $(t^*, \infty)$  funkcija  $s(t)$  opada, što znači da će u trenutku  $t^*$  funkcija  $s(t)$  dostići maksimum  $s(t^*)$ .

### 7.3.2 Izračunavanje $p$ i $q$ 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*) i sl. 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 7.4). 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 (7.8), dobija se funkcija cilja kao što je to predstavljeno u (7.9).

$$S(a, b, c) = \sum_{t=1}^n (s_t - a - b N_{t-1} - c N_{t-1}^2)^2 \quad (7.9)$$

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 formira sistem od tri linearne jednačine (7.10) 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  $q = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}$ .

$$\begin{aligned} an + b \sum_{t=1}^n N_{t-1} + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 &= \sum_{t=1}^n s_t \\ a \sum_{t=1}^n N_{t-1} + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 &= \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1} \\ a \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^4 &= \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1}^2 \end{aligned} \quad (7.10)$$

**Tabela 7.4** Broj ekspres pošijaka (2003-2012)

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

**Izvor:** Svetski poštanski savez (2014), [http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

U Tabeli 7.5, date su vrednosti koje su potrebne za određivanje regresionih parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  za slučaj kada se posmatraju ekspres pošijke prikazane u Tabeli 7.4. Ovi parametri, kao što je to već utvrđeno, omogućavaju da se odrede  $p$  i  $q$  parametri Basovog modela.

**Tabela 7.5** Vrednosti za izračunavanje parametara Basovog modela

$t$	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
$\Sigma$		22.120	57.959	665.081	9097.592	135066.623	209.515	2702.476

Na osnovu (7.10) i izračunatih vrednosti iz Tabele 7.5, 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.

### 7.3.3 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 i sl. (Radojičić i sar., 2013).

Za posmatranu novu poštansku uslugu, pretpostavlja se da je potencijal tržišta,  $m$ , postojeće tržište pismonosnih i paketskih pošijaka 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 koji se predlaže u ovoj doktorskoj disertaciji.

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 7.6, za period vremena od 2003. do 2012. godine.

**Tabela 7.6** Broj pismonosnih i paketskih pošiljaka (2003-2012)

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

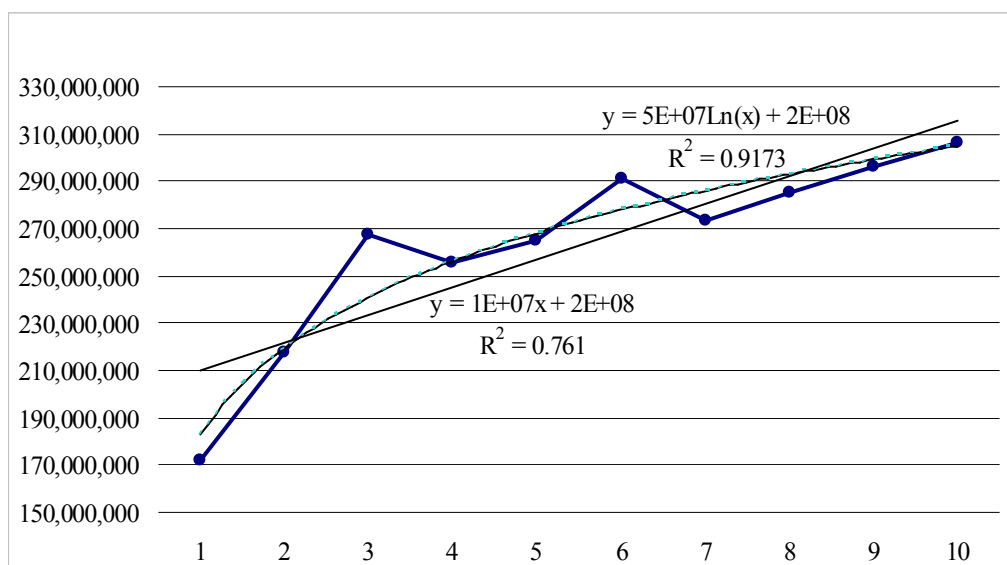
**Izvor:** Svetski poštanski savez (2014),  
[http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?p\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_language=AN&p_choice=BROWSE)

Analiza vremenskih serija spada u statističke trend metode. Generalno, ove metode analiziraju posmatrane statističke podatke, pronalaze zakone 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 7.5.



Slika 7.5 Posmatrana vremenska serija

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 7.7.

**Tabela 7.7** Prognozirani ukupan broj pošiljaka (2015-2025)

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 7.7, 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. Primer anketnog obrasca koji je korišćen u ovom istraživanju, predstavljen je u Prilogu D ove disertacije. 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 7.8. 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.

**Tabela 7.8** Distribucija odgovora koji se odnose na izbor nove  $D + 1$  usluge prema ceni

Povećanje cene (%)	Broj odgovora	Procentualni broj odgovora (%)	Kumulativan broj ispitanika	Procent 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
$\Sigma$	214	100		

Rezultati u Tabeli 7.8, 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 7.8). 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. 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 7.9).

**Tabela 7.9** Potencijal tržišta za novom poštanskom uslugom

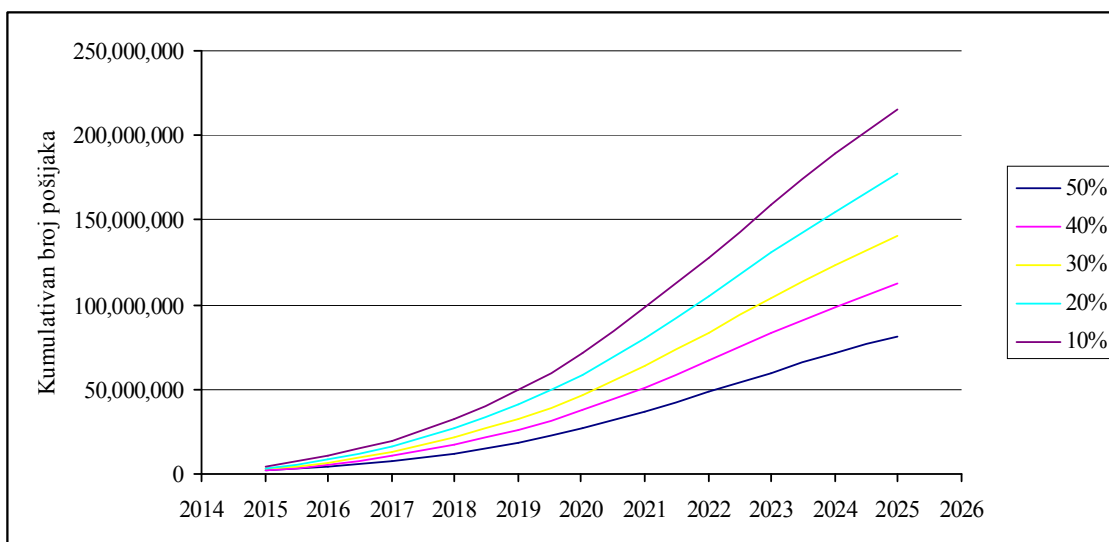
$i$	Povećanje cene (%)	Potencijal tržišta, $m_i$
1	50	111,706,162
2	40	155,054,289
3	30	193,407,571
4	20	243,391,708
5	10	296,765,205

### 7.3.4 Primena Basovog modela za procenu tražnje za novom poštanskom uslugom

U ovom pododeljku, biće primenjen Basov model, da bi se dobila procena tražnje za novom poštanskom uslugom za period vremena 2015-2025. 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 (pododeljak 7.3.2), kao i izvedenih vrednosti za  $m_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ), koje su predstavljene u Tabeli 7.9 (pododeljak 7.3.3). Na osnovu dobijenih vrednosti parametara  $p$ ,  $q$  i  $m_i$ , kumulativan broj pismonosnih i paketskih pošiljaka nove poštanske usluge prikazan je relacijom (7.11). Rezultati primene ove relacije predstavljeni su na slici 7.6.

$$N_i(t) = m_i \frac{1 - e^{-0.41 t}}{1 + 33.17 e^{-0.41 t}}, (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (7.11)$$



Slika 7.6 Prognoziran kumulativan broj pošiljaka nove usluge (2015-2025)

#### 7.4 Prihodna analiza u funkciji različitih cena poštanske usluge

Prihodna analiza nove poštanske usluge je izvedena na slučaju JP "Pošta Srbije" za period vremena 2015-2025. To je zahtevalo da se izračunaju ukupni prihodi koji bi bili ostvareni u ovom periodu, u slučaju implementacije nove poštanske usluge. Ovaj javni poštanski operator imao je za 2012. godinu ostvaren operativni prihod od 164,458,881 SDR (Svetski poštanski savez, 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 7.10. Analogno, prihodna analiza može da bude izvedena 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 7.11, 7.12, 7.13 i 7.14, respektivno. Dodatno, u Tabeli 7.15 prikazani su rezultati prihodne analize u slučaju bez povećanja cene, tj. kada postoji samo tradicionalna usluga bez mogućnosti izbora.

**Tabela 7.10** 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
<b>Ukupno</b>	<b>368,608,049</b>	<b>296,913,783</b>	<b>3,412,365,005</b>	<b>1,832,440,007</b>	<b>2,129,353,791</b>

**Tabela 7.11** 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
<b>Ukupno</b>	<b>511,648,221</b>	<b>384,657,133</b>	<b>3,269,324,833</b>	<b>1,755,627,435</b>	<b>2,140,284,568</b>

**Tabela 7.12** 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
<b>Ukupno</b>	<b>638,206,402</b>	<b>445,531,889</b>	<b>3,142,766,652</b>	<b>1,687,665,692</b>	<b>2,133,197,581</b>

**Tabela 7.13** 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
<b>Ukupno</b>	<b>803,144,081</b>	<b>517,546,046</b>	<b>2,977,828,973</b>	<b>1,599,094,158</b>	<b>2,116,640,204</b>

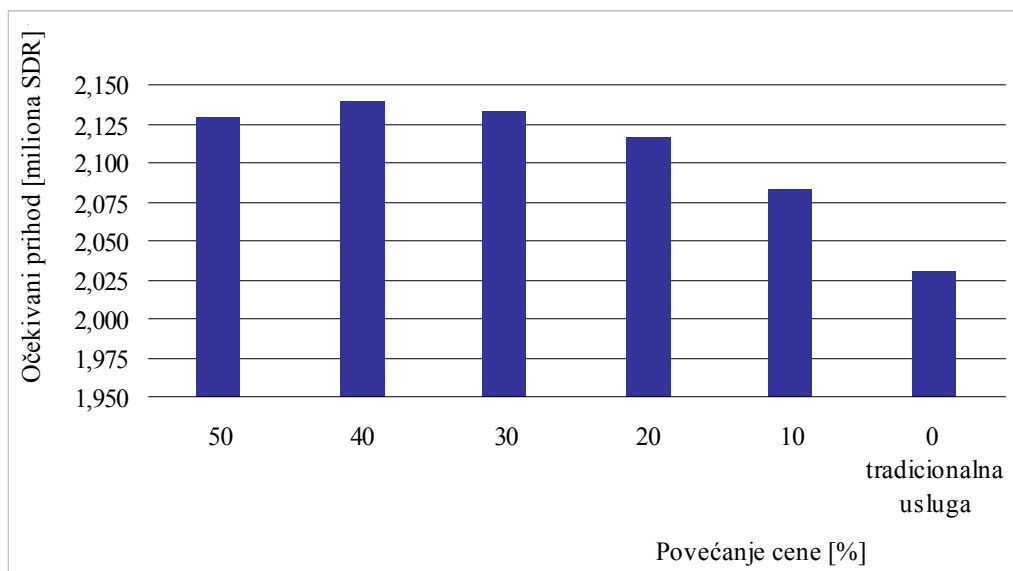
**Tabela 7.14** Prihodna analiza, slučaj povećanja cene od 10%

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
<b>Ukupno</b>	<b>979,265,973</b>	<b>578,452,410</b>	<b>2,801,707,081</b>	<b>1,504,516,702</b>	<b>2,082,969,113</b>

**Tabela 7.15** Prihodna analiza, slučaj bez povećanja cene

Godina	<i>D</i> + 1 pošiljaka	Prihod od <i>D</i> + 1 (SDR)	<i>D</i> + 3 pošiljaka	Prihod od <i>D</i> + 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
<b>Ukupno</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,780,973,054</b>	<b>2,030,382,530</b>	<b>2,030,382,530</b>

Na osnovu izvedenih rezultata prihodne analize koja je izvršena u funkciji različitih cena poštanske usluge na slučaju JP "Pošta Srbije", može da se zaključi 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. Zbog bolje preglednosti rezultata prihodne analize i međusobnog upoređivanja, na slici 7.7 predstavljeni su očekivani prihodi za posmatrane slučajeve povećanja cene.

**Slika 7.7** Prognozirani ukupan prihod JP "Pošta Srbije" (2015-2025)

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 7.11). U ukupnom, ostvareni prihod bi iznosio oko 2.14 milijardi SDR, što predstavlja najveću vrednost u poređenju sa ostala četiri slučaja.



## **8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA**

### **8.1 Zaključna razmatranja**

U ovoj doktorskoj disertaciji, predmet istraživanja bio je rešavanje problema optimizacije resursa javnog poštanskog operatora (JPO). Polazna hipoteza u istraživanju bila je da je moguće sprovesti optimizaciju postojećih resursa javnog poštanskog operatora primenom metoda matematičkog programiranja. Shodno tome, postavljeni problem je rešen na osnovu predloženog optimizacionog modela (treće poglavlje), kao i optimizacije troškova i prihoda (četvrto poglavlje). Dalje, predstavljeno je izvođenje analize evaluacije efikasnosti javnog poštanskog operatora tokom vremena (peto poglavlje). Predložena metodologija testirana je i verifikovana kroz istraživanje sprovedeno na skupu od 27 javnih poštanskih operatora iz zemalja Evropske Unije (EU) i Srbije. U tom cilju, sprovedene su tri studije slučaja na ovom uzorku. U njima su definisane promenljive koje se odnose na resurse javnih poštanskih operatora, kao i promenljive koje opisuju rezultate rada ovih operatora. Tako, resursi su bili određeni brojem zaposlenih sa punim i nepunim radnim vremenom, ukupnim brojem jedinica poštanske mreže i operativnim troškovima, dok su za procenu rezultata rada, upotrebljene promenljive kao što su ukupan broj prenetih pismonosnih pošiljaka i operativni prihod. Baza podataka koja postoji na Internet prezentaciji Svetskog poštanskog saveza bila je izvor podataka. Sa jedne strane, time je obezbeđeno da svi korišćeni podaci budu dobijeni iz istog i referentnog izvora. Sa druge strane, dostupnost i transparentnost podataka omogućavaju proveru korišćenih podataka.

Analiza efikasnosti pružanja poštanskih usluga JPO iz EU i Srbije, koja je izvedena korišćenjem neparametarske analize (DEA), omogućila je optimizaciju posmatranih resursa. Rezultati ove analize su pokazali da tri javna poštanska operatora (JPO u Austriji, Sloveniji i Španiji) iz skupa posmatranih JPO, imaju najbolju operativnu praksu u radu jer pokazuju efikasnost prema oba indikatora efikasnosti, PTE (pokazuje radnu efikasnost) i SE (pokazuje odnos angažovanih resursa i dobijenih rezultata). Pored ovih operatora, JPO u Nemačkoj i Holandiji su blizu da postignu ovaj nivo operativne prakse. Ostali operatori pokazuju neumerenost u korišćenju resursa i/ili

imaju deficit u ostvarenim rezultatima. Time je potvrđena hipoteza da postojeći resursi i način kako se oni koriste su ključni u postizanju rezultata rada JPO. U disertaciji, optimalne vrednosti za promenljive, koje karakterišu angažovane resurse, izvedene su za svaki JPO koji je identifikovan kao neefikasan (treće poglavlje). Optimalni troškovi i prihodi za operatore iz posmatranog skupa, izračunati su na osnovu neparаметarskog merenja ekonomske efikasnosti. Uticajne opservacije su prepoznate korišćenjem AP modela. Rezultati iz ovog dela disertacije (četvrto poglavlje), pokazali su da JPO u Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Malti, Sloveniji i Španiji imaju optimalan odnos troškova i prihoda, pa kao takvi predstavljaju dobre primere raspodele troškova i prihoda za ostale neefikasne operatore.

Za slučaj javnog poštanskog operatora u Srbiji, rezultati su pokazali da ne postoji višak u broju zaposlenih. To je zaključeno na osnovu vrednosti ulaznih slakova (engl. *Input Slacks*) za zaposlene sa punim ( $s_1^- = 0$ ) i nepunim ( $s_2^- = 0$ ) radnim vremenom. Kod ovog operatora, višak je prepoznat u ukupnom broju jedinica poštanske mreže jer je za ovu promenljivu dobijen ulazni slak veći od 0 ( $s_3^- = 365$ ). To znači da trenutni broj od 1,507 jedinica poštanske mreže (posmatrana je 2011. godina), treba da bude smanjen na nivo od 1,142 poštanske jedinice, što predstavlja optimalan broj. Pored toga, za ovog operatora određen je efikasan cilj za ukupan broj prenetih pismonosnih pošiljaka. On pokazuje da trenutni ostvareni broj od 243,130,583 ovih pošiljaka godišnje, trebalo bi da bude veći osam puta (oko 2 milijarde). Konačno, rezultati su pokazali da postojeći odnos operativnih troškova (157,453,126 SDR) i prihoda (169,793,977 SDR) za operatora u Srbiji, mogao bi da postane optimalan ako se postignu troškovi od 51,050,835 SDR (oko 67 miliona evra) i ostvare prihodi od 284,748,897 SDR (oko 370 miliona evra). Istraživanje koje je predstavljeno u disertaciji, potvrdilo je hipotezu da na osnovu optimizacije resursa koja je zasnovana na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga JPO u EU, može da se definiše efikasan operativni plan za javnog poštanskog operatora u Srbiji.

U disertaciji, predstavljeno je izvođenje analize evaluacije efikasnosti javnog poštanskog operatora tokom vremena korišćenjem Malmkvistovog koncepta. Posmatrana su dva izolovana vremenska perioda, 2003. i 2012. godina. Na nivou posmatranog skupa (JPO u EU i Srbiji), zabeležen je prosečan porast efikasnosti od oko

0.5%. Dobijeni nalaz je ukazao da je taj porast posledica poboljšanja tehničke efikasnosti. Pored toga, na nivou operatora, pronađene su velike razlike u tehničkoj i tehnološkoj promeni sa vrednostima između -25% i 80%. Tako, na primer JPO u Austriji, Francuskoj, Grčkoj, Italiji, Letoniji, Litvaniji, Portugalu i Srbiji su postigli rast tehničke efikasnosti više od 10% 2012. godine u poređenju sa 2003. godinom.

U disertaciji, procenjena je troškovna efikasnost (CE) za 1,194 dostavne jedinice JPO u Srbiji, na osnovu modeliranja njihovog rada sa višeulaznim i višeizlaznim modelom. Za tu svrhu, bila je primenjena neparametarska tehnika i odgovarajući algoritam za klasterovanje. Dobijeni rezultati su ukazali da je posmatrana dostavna mreža troškovno neefikasna (CE=40%). Dalje, cilj ovog dela disertacije bio je da identifikuje izvore neefikasnosti. 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. Zaključeno je, na osnovu rezultata, 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 javni 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. Ovde, predloženi model za merenje troškovne efikasnosti može da bude upotrebljen. Na primer, ako je cilj da se smanje izdvajanja za univerzalnu poštansku uslugu, rezultati ove studije 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 delu disertacije, potvrđuju hipotezu da je ova usluga dodatni trošak za javnog poštanskog operatora. Konačno, analiziran je uticaj ekonomije obima na efikasnost dostavnih

jedinica gde je pokazano da ona ima snažniji uticaj na efikanost malih jedinica u poređenju sa velikim.

U disertaciji je predstavljen novi koncept univerzalne poštanske usluge (sedmo poglavlje). On podrazumeva da se pošiljalac opredeljuje za uslugu koja bi se obavila u roku do 24 časa od vremena predaje pošiljke na prenos ili za drugu vrstu prenosa koji bi podrazumevao duži rok. Na osnovu toga, predstavljene su tri alternative novog koncepta (alternativa I, II, i III) Prema prvoj, pošiljalac bi se opredeljivao za uslugu  $D + 1$  ili  $D + 2$ ; prema drugoj, za uslugu  $D + 1$  ili  $D + 3$ ; prema trećoj, za uslugu  $D + 1$ ,  $D + 2$  ili  $D + 3$ . Analizom promena koje se dešavaju u tehnološkom procesu prenosa pošiljke, zaključeno je da najveći potencijal za optimizaciju dostave ima druga alternativa jer ima najmanji broj dana u toku nedelje sa vršnim saobraćajem. Predstavljenim alternativama je dokazana hipoteza da se predloženim redefinisanjem univerzalne poštanske usluge može doprineti boljoj diversifikaciji ponude poštanskih usluga. Dalje, istraženi su efekti implementacije novog koncepta (alternativa II) u JP "Pošta Srbije" sa stanovišta očekivanih prihoda. Prihodna analiza je izvedena u funkciji različitih procentualnih povećanja cene za novu poštansku uslugu. Korišćena je analiza vremenskih serija, regresiona i korelaciona analiza. Pored toga, primenjena je i teorija difuzije za prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom (Basov model), kao i metoda upitnika i intervjuja. Konačni rezultati predložene metodologije za izvođenje prihodne analize pokazali su da bi javni poštanski operator u Srbiji mogao očekivati najveće prihode povećanjem cene od 40% za  $D + 1$  uslugu u odnosu na postojeću cenu za tradicionalnu poštansku uslugu.

## 8.2 Ostvareni naučni doprinosi disertacije

U disertaciji, ostvareni su originalni naučni doprinosi, od kojih su najvažniji:

- Predložen je originalni model za optimizaciju resursa javnog poštanskog operatora koji je testiran i verifikovan na studiji slučaja u kojoj se analizira efikasnost 27 javnih poštanskih operatora iz zemalja Evropske Unije i Srbije (treće poglavlje);

- Predložen je originalni model za optimizaciju prihoda i troškova javnog poštanskog operatora koji je testiran i verifikovan na istom uzorku koji je razmatran u trećem poglavlju (četvrto poglavlje);
- Predstavljeno je izvođenje analize evaluacije efikasnosti javnog poštanskog operatora tokom vremena korišćenjem Malmkvistovog koncepta. Posmatrana su dva izolovana vremenska perioda, 2003. i 2012. godina za operatore koji su razmatrani u trećem i četvrtom poglavlju (peto poglavlje);
- Predložen je originalni višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti dostavnih jedinica poštanske mreže. Analizirana je kompletna dostavna mreža JP "Pošta Srbije" koja uključuje 1,194 dostavne jedinice (šesto poglavlje);
- Definisani su originalni algoritmi za klasterovanje dostavnih jedinica poštanske mreže koje su brojne i heterogene sa ciljem da se obezbedi poređenje efikasnosti uporedivih jedinica, kao i troetapna analiza: jedinice-klasteri-mreža (šesto poglavlje);
- Predložen je novi koncept univerzalne poštanske usluge (sedmo poglavlje);
- Predložena je originalna metodologija za prognoziranje tražnje za novom poštanskom uslugom. Ovaj metod je testiran i verifikovan na slučaju javnog poštanskog operatora u Srbiji (sedmo poglavlje);
- Predstavljeno je izvođenje prihodne analize novog koncepta poštanske usluge u funkciji različitih cena nove usluge koje su više u odnosu na cenu tradicionalne poštanske usluge. Izračunavanje je urađeno na osnovu pilot projekta u kome je anketirano 214 korisnika poštanskih usluga sa ciljem da se istraži spremnost korisnika da plati veću cenu za novu poštansku uslugu (sedmo poglavlje).

### **8.3 Pravci daljih istraživanja**

Pored naučnih doprinosa disertacije koji su navedeni u prethodnom odeljku, ostvareni rezultati iz disertacije omogućavaju definisanje novih pravaca istraživanja u oblasti poštanskog saobraćaja i mreža. Tako, pri implementiranju rezultata koji se odnose na optimizaciju resursa javnih poštanskih operatora, treba uzeti u obzir zakonsku obavezu koju ovi operatori imaju, a koja je specifična za svaku zemlju. Ovo bi mogla da

bude jedna od mogućih smernica za dalje istraživanje. Analiza stabilnosti koja obezbeđuje važne informacije o mogućoj racionalizaciji resursa, za slučaj JPO, izvedena je DEA pristupom, korišćenjem konveksnih modela. Obrnuto, FDH pristup koji koristi nekonveksne modele omogućio bi proveru slaganja dobijenih rezultata. U četvrtom poglavlju disertacije, na osnovu pregleda relevantne literature, posebno je istaknuto da ne postoje studije koje koriste neparametarsku analizu za razmatranje ekonomske efikasnosti u poštanskom sektoru. Zbog toga način rešavanja optimizacije troškova i prihoda javnih poštanskih operatora, pored praktičnog, ima i teorijski značaj jer doprinosi daljem razvoju primene neparametarske analize u oblasti poštanskog saobraćaja. Potrebna su dalja istraživanja da bi se otkrio pun potencijal predloženog modela za optimizaciju troškova i prihoda; istraživanje može da bude fokusirano na identifikovanju uzroka ekonomske neefikasnosti za svaki neefikasni JPO posebno.

U disertaciji, predložen je model za izračunavanje troškovne efikasnosti dostavne jedinice poštanske meže. U vezi sa tim, potrebno je bilo da se uporede jedinice koje rade u istim ili sličnim uslovima. Iako je uveden algoritam za klasterovanje, zbog brojnosti i heterogenosti dostavnih jedinica, nisu se definisali klasteri koji obezbeđuju da jedinice imaju i rade pod identičnim uslovima. Reperkusija toga je da dve dostavne jedinice koje pripadaju istom klasteru, koriste iste resurse i imaju identične rute ali sa različitim obimom dostave, mogu da postignu različitu efikasnost samo zbog različite tražnje, a ne niti zbog troškova, niti zbog alokacije resursa. Zbog toga, potrebna su dalja istraživanja, kao i razvijanje drugih algoritama za klasterovanje zasnovanih na drugačijem pristupu od predloženog u ovoj disertaciji.

U disertaciji, novi koncept poštanske usluge, pored toga što doprinosi boljoj diversifikaciji ponude poštanskih usluga, omogućava da se racionalizuje dostava (deo proizvodne aktivnosti pošte koji donosi najveće troškove). Određivanje efekata od nove organizacije tehnološkog procesa prenosa pošiljaka moglo bi biti predmet daljih istraživanja. Takvo istraživanje bi zahtevalo da se izvrši analiza osetljivosti vezano za troškove za svaku od tri definisane alternative novog koncepta.

## LITERATURA

- Abri, A.G. (2013). "An investigation on the sensitivity and stability radius of returns to scale and efficiency in data envelopment analysis", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, No. 4, pp. 1872-1883.
- Adler, N., Friedman, L., Sinuany-Stern, Z. (2002). "Review of ranking methods in the data envelopment analysis context", *European Journal of Operational Research*, Vol. 140, No. 2, pp. 249-265.
- Afriat, S.N. (1972). "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review*, Vol. 13, No. 3, pp. 568-598.
- 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.
- 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.
- 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.
- Athanassopoulos, A.D., Giokas, D. (1998). "Technical efficiency and economies of scale in state owned enterprises: The Hellenic telecommunications organisation", *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, No. 1, pp. 62-75.
- 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.
- 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.
- Banker, R.D., Chang, H. (2006). "The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 175, No. 2, pp. 1311-1320.

- 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.
- Banos-Pino, J., Fernandez-Blanco, V., Rodriguez-Alvarez, A. (2002). "The allocative efficiency measure by means of a distance function: The case of Spanish public railways", *European Journal of Operational Research*, Vol. 137, No. 1, pp. 191-205.
- Barr, R.S., "DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey", in Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J., ed., *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publisher, Boston, 2004.
- Bass, F.M. (1969). "A new product growth for model consumer durables", *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215-227.
- Blagojević, M., *Metodologija za obračun i upravljanje troškovima univerzalne poštanske usluge*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2014.
- Blonigen, B.A., Wilson, W.W. (2008). "Port efficiency and trade flows", *Review of International Economics*, Vol. 16, No. 1, pp. 21-36.
- BLS (2005). *Multifactor Productivity Trends, 2002*, Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, Washington. <http://www.bls.gov/news.release/pdf/prod3.pdf>. Pristupljeno 21. februara 2013.
- Borenstein, D., Becker, J.L., Jose do Prado, V. (2004). "Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 24, No. 10, pp. 1055-1078.
- Cazals, C., Florens, J.P., Simar, L. (2002). "Nonparametric frontier estimation: A robust approach", *Journal of Econometrics*, Vol. 106, No. 1, pp. 1-25.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Diewert, W.E. (1982). "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity", *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, pp. 1393-1414.



- Cazals, C., Dudley, P., Florens, J.P., Patel, S., Rodriguez, F. (2008). "Delivery offices cost frontier: A robust nonparametric approach with exogenous variables", *Review of Network Economics*, Vol. 7, No. 2, pp. 294-308.
- CERP (2008). "Guidelines for calculating the net cost of the universal service obligations", [http://www.cept.org/files/1049/documents/List%20of%20documents%20\(history\)/Guidelines%20Calculation%20net%20costs%20USO.pdf](http://www.cept.org/files/1049/documents/List%20of%20documents%20(history)/Guidelines%20Calculation%20net%20costs%20USO.pdf)  
Pristupljeno 18. marta 2014.
- Charnes, A., Cooper, W.W. (1991). "DEA usages and interpretations", *International Federation of Operational Research Societies*, Atina.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B., Seiford, L.M., 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.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Huang, Z., Sun, B. (1990). "Polyhedral cone-ratio models with an application to large commercial banks", *Journal of Econometrics*, Vol. 46, No. 1-2, 73–91.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, Y., Seiford, L.M., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1994.
- 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.
- 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.
- Charnes, A., Rousseau, J., Semple, J. (1996). "Sensitivity and stability of efficiency classifications in data envelopment analysis", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7, No. 1, pp. 5-18.
- 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.

- Cheon, S.H. (2009). "Impact of global terminal operators on port efficiency: A tiered data envelopment analysis approach", *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 12, No. 2, pp. 85-101.
- Clark, X., Dollar, D., Micco, A. (2004). "Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade", *Journal of Development Economics*, Vol. 75, No. 2, pp. 417-450.
- Cobb, C.W., Douglas, P.H. (1928). "A theory of production", *American Economic Review*, Vol. 18, No. 1, pp. 139-165.
- Coelli, T., Grifell-Tatje E., Perelman, S. (2002). "Capacity utilisation and profitability: A decomposition of short-run profit efficiency", *International Journal of Production Economics*, Vol. 79, No. 3, pp. 261-278.
- Cohen, J.W. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Cooper, W.W., Li, S., Seiford, L.M., Tone, K., Thrall, R.M, Zhu, J. (2001). "Sensitivity and stability analysis in DEA: Some recent developments", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 15, No. 3, pp. 217-246.
- Cooper, W.W., Park, K.S., Yu, G. (1999). "IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA", *Management Science*, Vol. 45, No. 4, pp. 597-607.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, 2nd ed., Springer, New York, 2007.
- Copenhagen Economics (2010). "Main developments in the postal sector (2008-2010) - Study for the European Commission, Directorate general for internal market and services", [http://ec.europa.eu/internal\\_market/post/studies/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/internal_market/post/studies/index_en.htm). Pristupljeno 19. januara 2014.
- Cullinane, K., Song, D.W., Wang, T.F. (2005). "The application of mathematical programming approaches to estimating container port production efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 24, No. 1, pp. 73-92.

- Dalen, D.M., Gomez-Lobo, A. (2003). "Yardsticks on the road: Regulatory contracts and cost efficiency in the Norwegian bus industry", *Transportation*, Vol. 30, No. 4, pp. 371-386.
- De Boer, D.B., Evans, L. (1996). "The economic efficiency of telecommunications in a deregulated market: The case of New Zealand", *Economic Record*, Vol. 72, No. 216, pp. 24-35.
- De Borger, B., Kerstens, K., Costa, A. (2002). "Public transit performance: What does one learn from frontier studies?" *Transport Reviews*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-38.
- Debreu, G. (1951). "The coefficient of resource utilization", *Econometrica*, Vol. 19, No. 3, pp. 273-292.
- Deprins, D., Simar, L., Tulkens, H., "Measuring labor-efficiency in post offices", in M., Muchard, P., Pestieau, H., Tulkens, (Eds.), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements* (pp. 243–268), North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1984.
- Doble, M. (1995). "Measuring and improving technical efficiency in UK post office counters using data envelopment analysis", *Annals of Public and Cooperative Economics*, Vol. 66, No. 1, pp. 31-64.
- Dobrodolac, M., Ralević, P., Blagojević, M. (2014). "Prihodna analiza različitih modela univerzalne poštanske usluge", *Zbornik radova XXXII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2014*, Saobraćajni fakultet, Beograd, str. 133-144.
- 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*, 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., Stanivuković, B. (2013). "Predlog novog koncepta univerzalne poštanske usluge u Republici Srbiji", *Zbornik radova XXXI*

*Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2013*, Saobraćajni fakultet, Beograd, str. 203-212.

- Duke, J., Torres, V. (2005). "Multifactor productivity change in the air transportation industry", *Monthly Labor Review*, Vol. 128, No. 3, pp. 32-45.
- Durbin, J., Watson, G.S. (1950). "Testing for serial correlation in least squares regression, I", *Biometrika*, Vol. 37, No. 3-4, pp. 409-428.
- Durbin, J., Watson, G.S. (1951). "Testing for serial correlation in least squares regression, II", *Biometrika* Vol. 38, No. 1-2, pp. 159-177.
- Duygun, F.M., Jackson, P.M., Weyman-Jones, T.G. (2000). "Measuring the efficiency of European airlines: An application of DEA and Tobit analysis", *Annual Meeting of the European Public Choice Society*, Siena.
- Estache, A., Gonzalez, M., Trujillo, L. (2002). "What does privatization do for efficiency? Evidence from Argentina's and Brazil's railways", *World Development*, Vol. 30, No. 11, pp. 1885-1897.
- European Commission (2014). [http://ec.europa.eu/competition/state\\_aid/overview/public\\_services\\_en.html](http://ec.europa.eu/competition/state_aid/overview/public_services_en.html). Pristupljeno 10. jula 2014.
- European Union (1997). Directive 97/67/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:015:0014:0025:EN:PDF>. Pristupljeno 10. jula 2014.
- European Union (2002). Directive 2002/39/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:176:0021:0025:EN:PDF>. Pristupljeno 10. jula 2014.
- European Union (2008). Directive 2008/06/EC, [http://ec.europa.eu/internal\\_market/postdoc/legislation/2008-06\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/internal_market/postdoc/legislation/2008-06_en.pdf). Pristupljeno 10. jula 2014.
- Facanha, L.O., Resende, M. (2004). "Price cap regulation, incentives and quality: The case of Brazilian telecommunications", *International Journal of Production Economics*, Vol. 92, No. 2, pp. 133-144.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994a.

- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1985.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z. (1994b). "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries", *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83.
- Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency", *Journal of Royal Statistical Society A*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Filipe, J., Adams, G. (2005). "The Estimation of the Cobb Douglas Function", *Eastern Economic Journal*, Vol. 31, No. 3, pp. 427-445.
- Filippini, M., Zola, M. (2005). "Economies of scale and cost efficiency in the postal services: Empirical evidence from Switzerland", *Applied Economics Letters*, Vol. 12, No. 7, pp. 437-441.
- Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S., *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, New York, 2008.
- Frontier Economics (2013). "Study on the principles used to calculate the net costs of the postal USO - A report prepared for the European Commission", [http://ec.europa.eu/internal\\_market/post/studies/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/internal_market/post/studies/index_en.htm). Pristupljeno 10. septembra 2014.
- Fukuyama, H., Weber, W.L. (2004). "Economic inefficiency measurement of input spending when decision-making units face different input prices", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 55, No. 10, pp. 1102-1110.
- Gattoufi, S., Oral, M., Reisman, A. (2004). "A taxonomy for data envelopment analysis", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 38, No. 2-3, pp. 141-158.
- 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-wp-201004.pdf>. Pristupljeno 30. juna 2014.
- Gillen, D., Lall, A. (1997). "Developing measures of airport productivity and performance: An application of data envelopment analysis", *Transportation*

- Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 33, No. 4, pp. 261-273.
- Giokas, D.I., Pentzaropoulos, G.C. (2008). "Efficiency ranking of the OECD member states in the area of telecommunications: A composite AHP/DEA study", *Telecommunications Policy*, Vol. 32, No. 9-10, pp. 672-685.
- Golany, B., Roll, Y. (1989). "An application procedure for DEA", *Omega: International Journal of Management Science*, Vol. 17, No. 3, pp. 237-250.
- Gonzalez, M.M., Trujillo, L. (2009). "Efficiency measurement in the port industry: A survey of the empirical evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 43, No. 2, pp. 157-192.
- Greene, W.H., *Econometric Analysis*, 7th ed., Pearson Education, New Jersey, 2011.
- Guedes de Avellar, J.V., Polezzi, A.O.D., Milioni, A.Z. (2002). "On the evaluation of Brazilian landline telephone services companies", *Pesquisa Operacional*, Vol. 22, No. 2, pp. 231-246.
- Horncastle, A., Jevons, D., Dudley, P., Thanassoulis, E., "Efficiency Analysis of Delivery Offices in the Postal Sector Using Stochastic Frontier and Data Envelopment Analyses", in M.A., Crew, P.R., Kleindorfer, (Eds.), *Liberalization of the Postal and Delivery Sector* (pp. 149-164), Edward Elgar, Cheltenham, 2006.
- Hung, S.W., Lu, W.M., Wang, T.P. (2010). "Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports", *European Journal of Operational Research*, Vol. 203, No. 3, pp. 706-713.
- Inglada, V., Rey, B., Rodriguez-Alvarez, A., Coto-Millan, P. (2006). "Liberalisation and efficiency in international air transport", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 40, No. 2, pp. 95-105.
- 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.

- Jablonsky, J. (2012). "Multicriteria approaches for ranking of efficient units in DEA models", *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 20, No. 3, pp. 435-449.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shoja, N., Tohidi, G., Razavian, S. (2005). "A one-model approach to classification and sensitivity analysis in DEA", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 169, No. 2, pp. 887-896.
- Jahanshahloo, G.R., Lotfi, F.H., Shoja, N., Abri, A.G., Jelodar, M. F., Firouzabadi, K.J. (2011). "Sensitivity analysis of inefficient units in data envelopment analysis", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 53, No. 5-6, pp. 587-596.
- 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.
- JP "Pošta Srbije" (2012). *Profil preduzeća 2011* (str. 56), JP "Pošta Srbije", Beograd.
- Karlaftis, M.G. (2004). "A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 152, No. 2, pp. 354-364.
- Kennedy, J., Smith, A.S.J. (2004). "Assessing the efficient cost of sustaining Britain's rail network - perspectives based on zonal comparisons", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, No. 2, pp. 157-190.
- Kerstens, K. (1996). "Technical efficiency measurement and explanation of French urban transit companies", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 30, No. 6, pp. 431-452.
- Kleine, A. (2004). "A general model framework for DEA", *Omega: International Journal of Management Science*, Vol. 32, No. 1, pp. 17-23.
- Klopp, G., *The Analysis of the Efficiency of Production System with Multiple Inputs and Outputs*, PhD thesis, University of Illinois at Chicago, Industrial and Systems Engineering College, Chicago, 1985.
- Knezević, N., Trubint, N., Macura, D., Bojović, N.J. (2011). "A two-level approach for human resource planning towards organizational efficiency of a postal distribution

- system", *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, Vol. 45, No. 4, pp. 155-168.
- Koopmans, T.C., "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities", in T.C., Koopmans, (Eds.), *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics Monograph No. 13*, John Wiley and Sons, New York, 1951.
- Kortelainen, M. (2008). "Dynamic environmental performance analysis: A Malmquist index approach", *Ecological Economics*, Vol. 64, No. 4, pp. 701-715.
- Lawrence, D., Richards, A. (2004). "Distributing the gains from waterfront productivity improvements", *Economic Record*, Vol. 80, No. s1, pp. 43-52.
- Lee, G., Yu, M.M., Wang, L.C. (2012). "DEA-based integrated relationship of returns to scale - an application to road maintenance in Taiwan", *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 18, No. 5, pp. 709-723.
- Li, S., Jahanshahloo, G.R., Khodabakhshi, M. (2007). "A super-efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 184, No. 2, pp. 638-648.
- Lilien, G.L., Rangaswamy, A., De Bruyn, A., *Principles of Marketing Engineering*, Trafford Publishing, Bloomington, 2007.
- Loizides, J., Tsionas, E. (2004). "Productivity growth in European railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, No. 1, pp. 45-76.
- Lotfi, F.H., Noora, A.A., Jahanshahloo, G.R., Reshaldi, M. (2011). "One DEA ranking method based on applying aggregate units", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 10, pp. 13468-13471.
- Lovell, C.K., "Production Frontiers and Productive Efficiency", in A.O., Fried, A.K., Lovell, S.S., Schmidt, (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency* (pp. 3-67), Oxford University Press, New York, (Chapter 1), 1993.
- Lu, W.M., Hung, S.W. (2008). "Benchmarking The operating efficiency of global telecommunication firms", *International Journal of Information Technology and Decision Making*, Vol. 7, No. 4, pp. 737-750.



- Mahajan, V., Wind, Y., "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, (Chapter 1), 1985.
- Malmquist, S. (1953). "Index numbers and indifference surfaces", *Trabajos de Estatistica*, Vol. 4. No. 2, pp. 209-242.
- Maruyama, S., Nakajima, T. (2002). *Efficiency Measurement and Productivity Analysis for Japanese Postal Service*, Institute for Posts and Telecommunications Policy, Tokyo.
- Mendershausen, H. (1938). "On the significance of professor Douglas' production function", *Econometrica*, Vol. 6, No. 2, pp. 143-153.
- Nedeljković, R.R., Drenovac, D. (2012). "Efficiency measurement of delivery post offices using fuzzy data envelopment analysis (possibility approach)", *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 22-29.
- Odeck, J., Alkadi, A. (2004). "The performance of subsidized urban and rural public bus operators: Empirical evidence from Norway", *Annals of Regional Science*, Vol. 38, No. 3, pp. 413-431.
- OECD (2001). *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/59/29/2352458.pdf>. Pristupljeno 16. marta 2013.
- Oum, T.H., Waters II, W.G., Yu, C. (1999). "Survey of productivity and efficiency measurement in rail transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 33, No. 1, pp. 9-42.
- Oum, T.H., Yu, C. (1994). "Economic efficiency of railways and implications for public policy: A comparative study of the OECD countries' railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, No. 2, pp. 121-138.
- 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>. Pristupljeno 29. juna 2014.

- Pentzaroupoulos, G.C., Giokas, D.I. (2002). "Comparing the operational efficiency of the main European telecommunications organizations: A quantitative analysis", *Telecommunications Policy*, Vol. 26, No. 11, pp. 595-606.
- Pina, V., Torres, L. (2001). "Analysis of the efficiency of local government services delivery. An application to urban public transport", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 35, No. 10, pp. 929-944.
- Pina, V., Torres, L. (2006). "Public-private efficiency in the delivery of services of general economic interest: The case of urban transport", *Local Government Studies*, Vol 32, No. 2, pp. 177-198.
- Pjevčević, D., Radonjić, A., Hrle, Z., Čolić, V. (2012). "DEA window analysis for measuring port efficiencies in Serbia", *Promet-Traffic and Transportation*, Vol. 24, No. 1, pp. 63-72.
- Podinovski, V.V. (2004). "On the linearization of reference technologies for testing returns to scale in FDH models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 152, No. 3, pp. 800-802.
- Radojičić, V., Bakmaz, B. (2010). *Primena kvantitativnih metoda prognoziranja u telekomunikacijama*, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- Radojičić, V., Bakmaz, B., Veličković, S. (2013). *Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa*, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D. (2013). "Merenje prihodne efikasnosti korišćenjem DEA: Empirijska studija iz oblasti poštanskog saobraćaja", *Tehnika*, Vol. 63, No. 6, str. 1135-1141.
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D. (2014a). "Using a nonparametric technique to measure the cost efficiency of postal delivery branches", *Central European Journal of Operations Research*, DOI: 10.1007/s10100-014-0369-0, <http://link.springer.com/article/10.1007/s10100-014-0369-0>.
- Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D., Matthias, F. (2014b). "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., *Model i softversko rešenje za benčmarking efikasnosti saobraćajnih preduzeća*, magistrarska teza, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2010.
- Ralević, P., Pejčić Tarle, S., Mladenović, S. (2009). "Primena DEA pristupa za merenje efikasnosti saobraćajnih preduzeća", *SYMOPIS*, Matematički institut SANU, Beograd.
- Rodriguez-Alvarez, A., Tovar, B., Trujillo, L. (2007). "Firm and time varying technical and allocative efficiency: An application to port cargo handling firms", *International Journal of Production Economics*, Vol. 109, No. 1-2, pp. 149-161.
- Rohačova, V. (2015). "A DEA based approach for optimization of urban public transport system", *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 23, No. 1, pp. 215-233.
- Roy, W., Yvrande-Billon, A. (2007). "Ownership, contractual practices and technical efficiency: The case of urban public transport in France", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 41, No. 2, pp. 257-282.
- Sanchez, R.J., Hoffmann, J., Micco, A., Pizzolitto, G.V., Sgut, M., Wilmsmeier, G. (2003). "Port efficiency and international trade: Port efficiency as a determinant of maritime transport costs", *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 5, No. 2, pp. 199-218.
- 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.
- Scheraga, C.A. (2004). "Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: A data envelopment and tobit analysis", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 38, No. 5, pp. 383-404.
- Seiford, L.M., Zhu, J. (1998). "Sensitivity analysis of DEA models for simultaneous change in all the data", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, No. 10, pp. 1060-1071.
- 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.

- Seiford, L.M., Zhu, J. (1999a). "An investigation of returns to scale under data envelopment analysis", *Omega: International Journal of Management Science*, Vol. 27, No. 1, pp. 1-11.
- Seiford, L.M., Zhu, J. (1999b). "Sensitivity and stability of the classification of returns to scale in data envelopment analysis", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 12, No. 1, pp. 55-75.
- Shephard, R.W., *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, 1953.
- Shephard, R.W., *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, 1970.
- Sickles, R.C., Good, D.H., Getachew, L. (2002). "Specification of distance functions using semi- and non-parametric methods with an application to the dynamic performance of eastern and western European air carriers", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 17, No. 1-2, pp. 133-155.
- Soleimani-damaneh, M., Jahanshahloo, G.R., Reshadi, M. (2006). "On the estimation of returns to scale in FDH models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, No. 2, pp. 1055-1059.
- Sun, D.B., *Evaluation of Managerial Performance in Large Commercial Banks By Data Envelopment Analysis*, PhD thesis, The University of Texas, Graduate School of Business, Austin, 1988.
- Svetski poštanski savez (2013). [http://pls.upu.int/pls/ap/ssp\\_report.main?P\\_language=AN&p\\_choice=BROWSE](http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?P_language=AN&p_choice=BROWSE). Pristupljeno 15. februara 2013.
- Thompson, R.G., Singleton, R.D., Thrall, R.M., Smith, B.A. (1986). "Comparative site evaluations for locating a high energy physics laboratory in Texas", *Interfaces*, Vol. 16, No. 6, pp. 35-49.
- 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.
- Tone, K. (2002a). "A strange case of the cost and allocative efficiencies in DEA", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 53, No. 11, pp. 1225-1231.

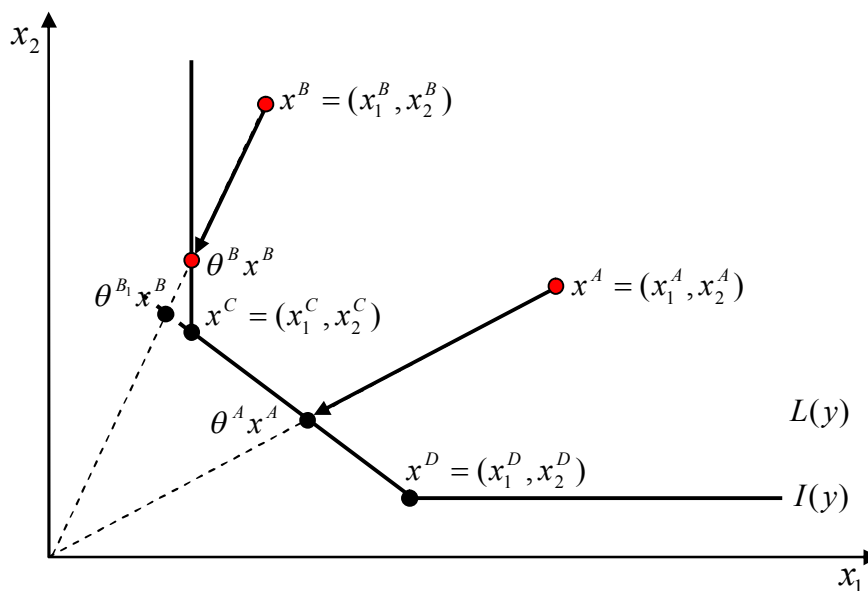
- Tone, K. (2002b). "A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, No. 1, pp.32-41.
- Tone, K., Sahoo, B.K. (2005). "Evaluating cost efficiency and returns to scale in the life insurance corporation of India using data envelopment analysis", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 39, No. 4, pp. 261-285.
- Tone, K., Tsutsui, M. (2007). "Decomposition of cost efficiency and its application to Japan-US electric utility comparisons", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 41, No. 2, pp. 91-106.
- Tone, K., Tsutsui, M. (2009). "Network DEA: a slacks-based measure approach", *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, No. 1, pp. 243-252.
- Tongzon, J. (2001). "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 35, No. 2, pp. 107-122.
- Tulkens, H., Vanden Eeckaut, P. (1995). "Nonparametric efficiency, progress and regress measures for panel data: Methodological aspects", *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, No. 3, 474-499.
- Turner, H., Windle, R., Dresner, M. (2004). "North American containerport productivity: 1984-1997", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 40, No. 4, pp. 339-356.
- Uri, N.D. (2004). "Measuring the impact of incentive regulation on technical efficiency in telecommunications in the United States", *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 28, No. 3, pp. 255-271.
- Wanke, P.F., Barbastefano, R.G., Hijjar, M.F. (2011). "Determinants of efficiency at major Brazilian port terminals", *Transport Reviews*, Vol. 31, No. 5, pp. 653-677.
- WIK-Consult (2013). "Main developments in the postal sector (2010-2013) - Study for the European Commission, Directorate general for internal market and services", [http://ec.europa.eu/internal\\_market/post/studies/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/internal_market/post/studies/index_en.htm). Pristupljeno 17. septembra 2014.

- WOS (2014). Thomson Reuters Web of Science, <http://apps.webofknowledge.com>.  
Pristupljeno 10. aprila 2014.
- 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.
- Yang, H.H., Chang, C.Y. (2009). "Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms", *Telecommunications Policy*, Vol. 33, No. 1-2, pp. 98-108.
- Zakon o poštanskim uslugama Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 18/2005 i 30/2010). <http://www.posta.rs/dokumenta/lat/o-nama/administracija-izvestaji-dokumenta/zakon-o-postanskim-uslugama.pdf>. Pristupljeno 15. jula 2014.
- Zhu, J. (1996). "Data envelopment analysis with preference structure", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 47, No. 1, pp.136-150.
- Zhu, J., *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003.

## PRILOG A

### A.1 Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti ulazne orijentacije

Slika A.1 prikazuje ulaznu izokvantu  $I(y)$ , sa odgovarajućim ulaznim skupom  $L(y)$  čiji elementi su oblika  $x = (x_1, x_2)$ , jednim izlazom ( $y$ ) i tehnologijom  $T$ , tj.  $L(y) = \{x : (y, x) \in T \wedge x \in (R^+)^2\}$ . Na slici A.1,  $L(y)$  je deo prvog kvadranta koji je sa  $I(y)$  ograničen odozdo (sa donje strane). Posmatraju se četiri jedinice  $A$ ,  $B$ ,  $C$  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  $T$ .



Slika A.1 Ulazno orijentisana tehnička efikasnost

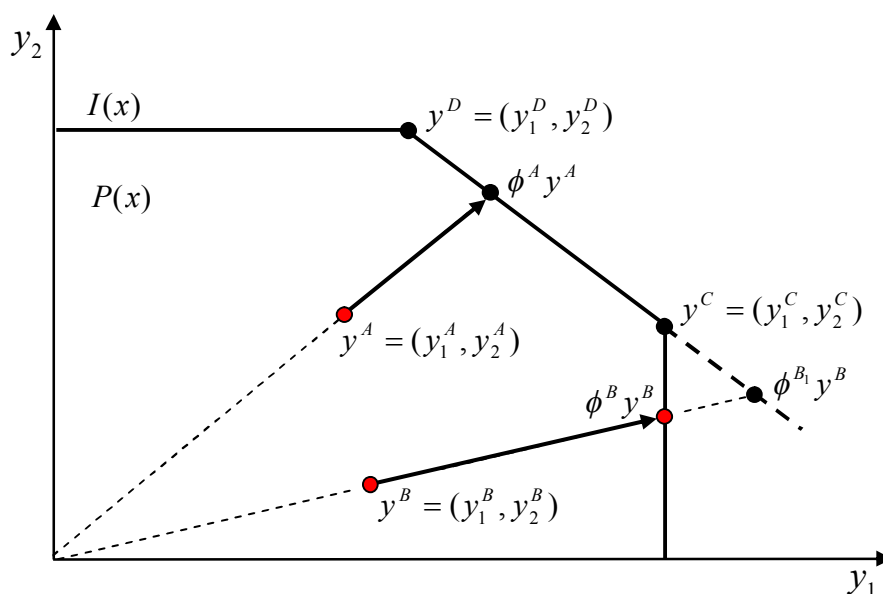
Ulazni vektori  $x^A = (x_1^A, x_2^A)$  i  $x^B = (x_1^B, x_2^B)$  nalaze se unutar  $L(y)$ , oba vektora mogu da budu radijalno skraćena pri tome da i dalje ostanu sposobni da naprave izlazni vektor  $y$ . Ulazni vektori  $x^C = (x_1^C, x_2^C)$  i  $x^D = (x_1^D, x_2^D)$  ne mogu da budu radijalno skraćeni 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  $I(y)$ , 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  $x^B$  koji postaje tehnički efikasan posle radialnog smanjenja na nivo ulaznog vektora  $\theta^B x^B = (\theta^B x_1^B, \theta^B x_2^B)$ . Na taj način je  $TE_I(y, \theta^A x^A) = TE_I(y, \theta^B x^B) = 1$ ,  $\theta^A x^A \in E(y)$  ali  $\theta^B x^B \notin E(y)$ .

Ulazni vektor  $x^B$  radialno smanjen na nivo ulaznog vektora  $\theta^B x^B$  zadovoljava Debreu-Farelove uslove ali ne i Kopmansove zahteve jer i pored izvršene optimalne radialne 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 A.1.

## A.2 Debreu-Farelovo merenje tehničke efikasnosti izlazne orijentacije

Slika A.2 prikazuje izlaznu izokvantu  $I(x)$ , sa odgovarajućim izlaznim skupom  $P(x)$  čiji elementi su oblika  $y = (y_1, y_2)$ , jednim ulazom ( $x$ ) i tehnologijom  $T$ , tj.  $P(x) = \{y : (y, x) \in T \wedge y \in (R^+)^2\}$ . Na slici A.2,  $P(x)$  je deo prvog kvadranta koji je sa  $I(x)$  ograničen odozgo (sa gornje strane). Posmatraju se četiri jedinice  $A$ ,  $B$ ,  $C$  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  $T$ .



Slika A.2 Izlazno orijentisana tehnička efikasnost



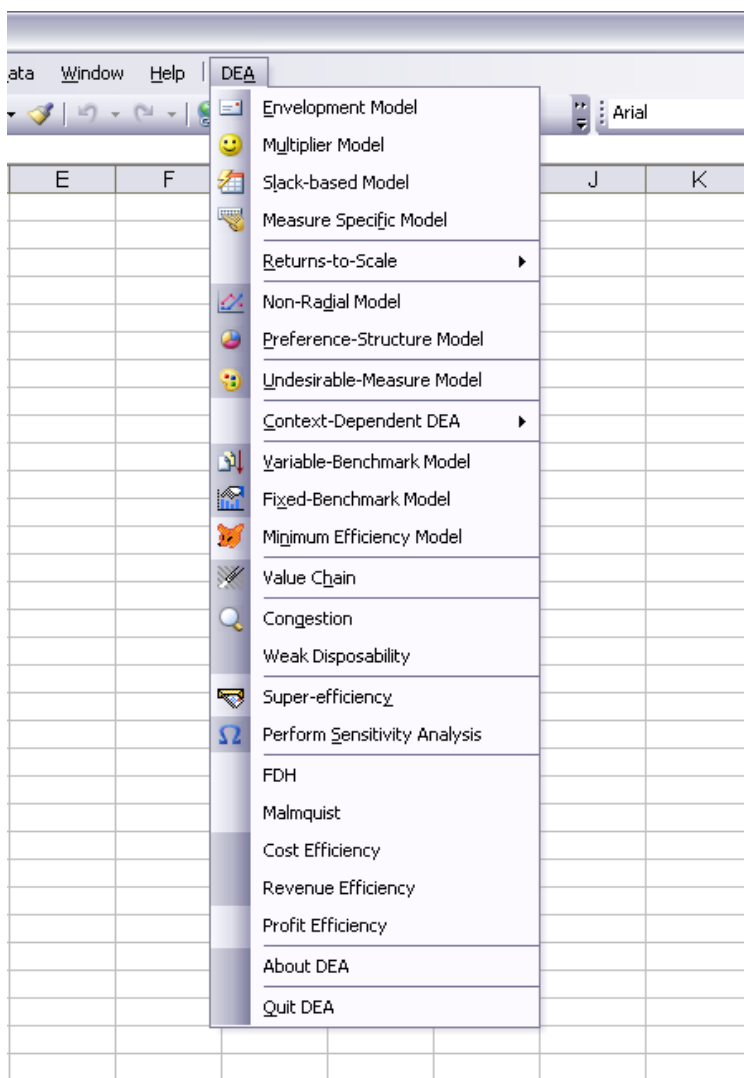
Izlazni vektori  $y^C = (y_1^C, y_2^C)$  i  $y^D = (y_1^D, y_2^D)$  su tehnički efikasno dobijeni korišćenjem ulaza  $x$ , dok to nije slučaj sa izlaznim vektorima  $y^A = (y_1^A, y_2^A)$  i  $y^B = (y_1^B, y_2^B)$  koji nisu tehnički efikasno dobijeni korišćenjem istih ulaza. Radijalno uvećani izlazni vektori  $y^A$  i  $y^B$  na nivo izlaznih vektora  $\phi^A y^A = (\phi^A y_1^A, \phi^A y_2^A)$  i  $\phi^B y^B = (\phi^B y_1^B, \phi^B y_2^B)$  postaju tehnički efikasno dobijeni korišćenjem ulaza  $x$ . Na taj način je  $TE_o(x, \phi^A y^A) = TE_o(x, \phi^B y^B) = 1$ ,  $\phi^A y^A \in E(x)$  ali  $\phi^B y^B \notin E(x)$ .

Izlazni vektor  $y^B$  radijalno povećan 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 zahteva ako se nivo  $\phi^B y^B$  dodatno poveća na nivo  $\phi^{B_1} y^B$ , kao što je prikazano na slici A.2.

## PRILOG B

### B.1 Karakteristike i upotreba DEA Excel Solver softvera

DEA Excel Solver, (<http://www.deafrontier.net>), zahteva operativni sistem Microsoft Windows, Microsoft Excel 97 ili noviju verziju. Ovaj softver je opisan u (Zhu, 2003). Pored modela prikazanih u Tabelama 2.9 i 2.10 u drugom poglavlju doktorske disertacije u 2.3 odeljku, DEA Excel Solver omogućava rešavanje i drugih DEA modela koji se nude u meniju ovog softvera prikazanom na slici B.1.



Slika B.1 DEA Excel Solver meni

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 B.1.

**Tabela B.1** Ograničenja broja promenljivih i uslova nekih Excel Solver verzija

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

Izvor: <http://www.solver.com/>

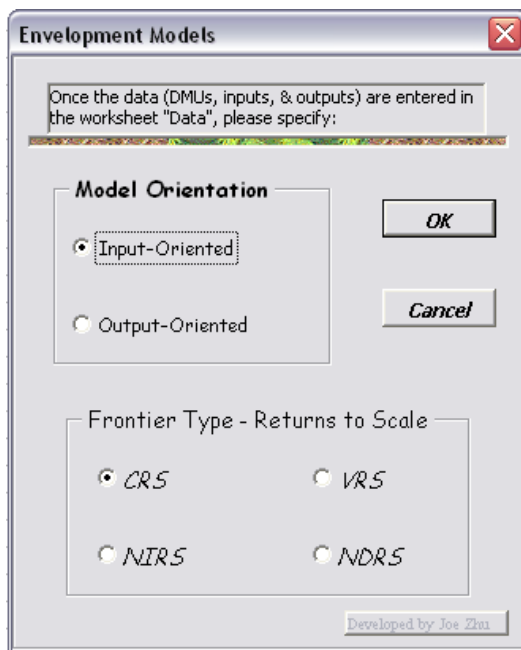
Podaci o DMU treba da se unesu u radni list (Worksheet) pod nazivom "Data". Unos podataka za opšti slučaj kada postoji  $n$  DMU koje koriste  $m$  ulaza za stvaranje  $s$  izlaza treba da se izvrši na način kao što je prikazano na slici B.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Naziv DMU	Ulaz 1	Ulaz 2	...	Ulaz $m$		Izlaz 1	Izlaz 2	...	Izlaz $s$	
2	DMU 1	10	8		18		35	48		56	
3	DMU 2	7	13		15		50	52		37	
4	DMU 3	12	10		25		62	73		45	
5	.										
6	.										
7	.										
8	DMU $n$	15	12		23		75	38		73	
9											

**Slika B.2** Format radnog lista za unos podataka o DMU

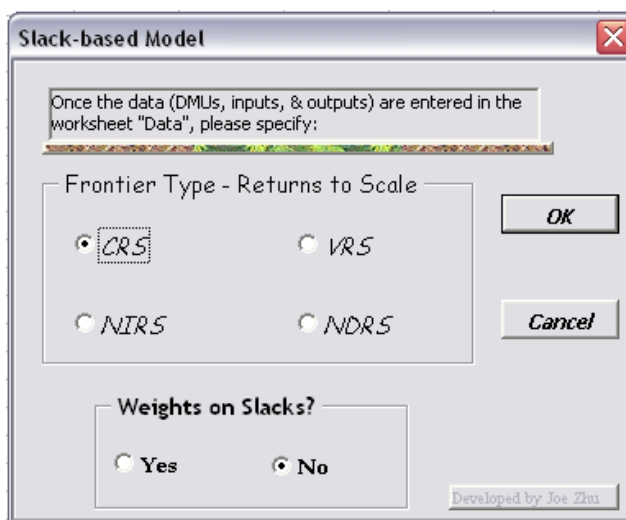
Negativni podaci ili podaci koji nisu predstavljeni brojem smatraju se nevažećim podacima. Softver pre rešavanja određenog DEA modela proverava da li su svi podaci važeći. Ako radni list sa podacima o DMU sadrži negativne ili nenumeričke podatke, softver će prekinuti rešavanje modela i locirati nevažeće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

Za pokretanje CRS, VRS, NDRS i NIRS modela koji su u DEA Excel Solver-u grupisani i nazvani "Envelopment Model", potrebno je izabrati stavku "Envelopment Model" iz menija. Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Envelopment Models" kao što je prikazano na slici B.3. Ovaj dijalog okvir omogućava rešavanje CRS, VRS, NDRS i NIRS modela, kao i izbor određene orijentacije, ulazne ili izlazne. Izveštaj o ocenama efikasnosti i benčmarkovima se daje u radnom listu pod nazivom "Efficiency".



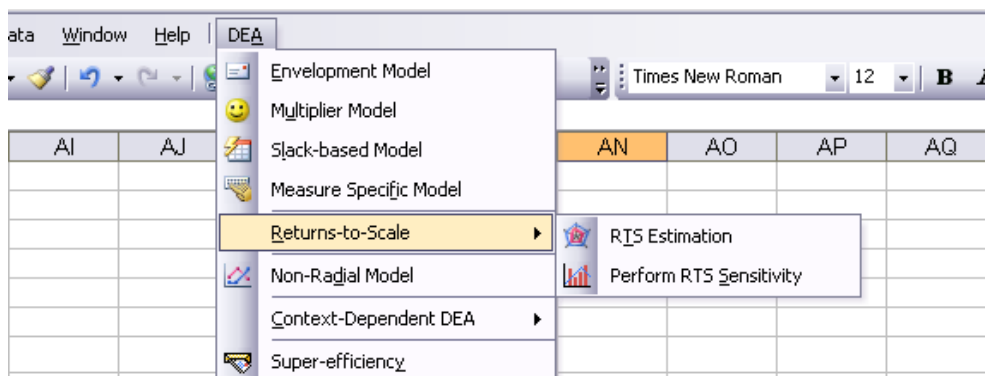
Slika B.3 Dijalog okvir za rešavanje CRS, VRS, NDRS i NIRS modela

Da bi mogli da se pokrenu slak-bazirani modeli, potrebno je u meniju izabrati stavku "Slack-based Model". Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Slack-based Model" kao što je prikazano na slici B.4. Ovaj dijalog okvir omogućava izračunavanje ulaznih i izlaznih slakova i u slučaju kada se zahteva ponderacija ulaza i 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 izlaze daju u radnom listu pod nazivom "Efficient Target".



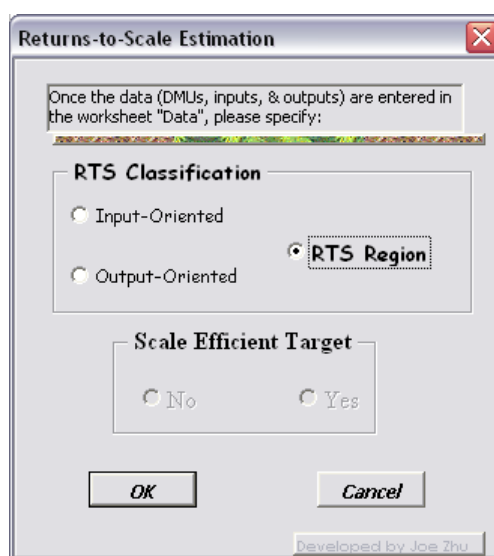
Slika B.4 Dijalog okvir za rešavanje slak-baziranih modela

RTS (engl. *Return to Scale*) procena DMU i analiza osetljivosti ili stabilnosti izvršene RTS procene omogućene su stavkom pod nazivom "Returns-to-Scale" DEA Excel Solver menija. Ova stavka sastoji se od dve podstavke pod nazivom "RTS Estimation" i "Perform RTS Sensitivity" kao što je prikazano na slici B.5.

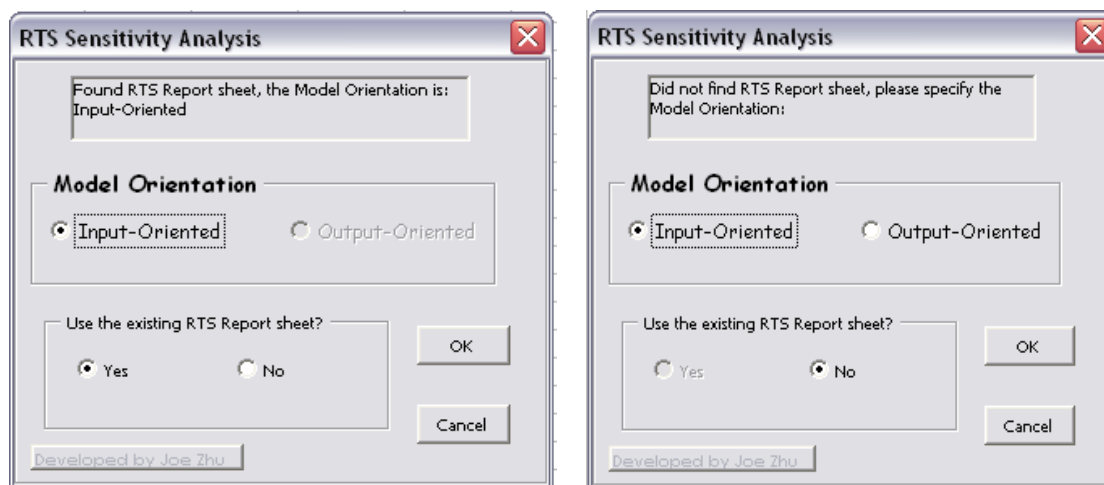


Slika B.5 Stavka "Returns-to-Scale"

RTS procena se izvršava ako se izabere podstavka "RTS Estimation", dok se analiza osetljivosti izvršava kada se izabere podstavka "Perform RTS Sensitivity". Kada je izabrana podstavka "RTS Estimation", tada se pojavljuje dijalog okvir pod nazivom "Returns-to-Scale Estimation", prikazan na slici B.6, a kada se izabere podstavka "Perform RTS Sensitivity" mogu da se jave dve varijante dijaloga okvira pod nazivom "RTS Sensitivity Analysis" prikazanih na slici B.7.



Slika B.6 Dijalog okvir za izvršavanje RTS procene



(a)

(b)

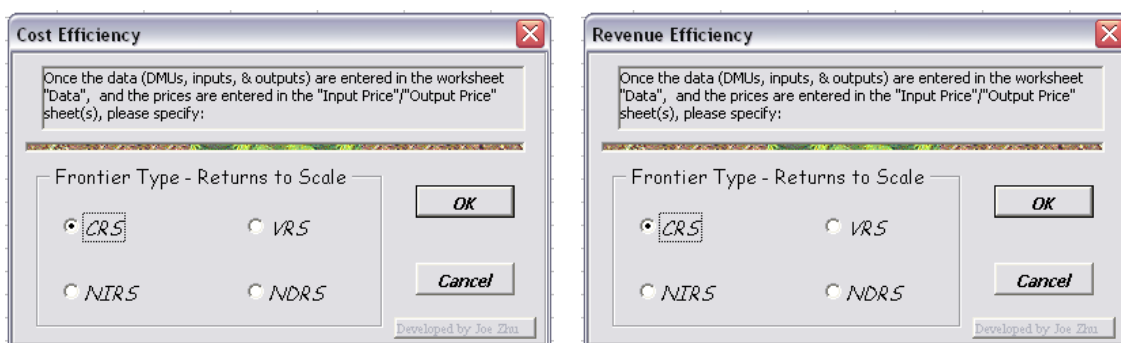
Slika B.7 Dve varijante za dijalog okvir pri izvršavanju analize osetljivosti

Podstavka "RTS Estimation" obezbeđuje RTS klasifikaciju, RTS regione i efikasne vrednosti ulaza i izlaza za neefikasne DMU. Ako je u dijalog okviru izabran "RTS Region" tada će funkcija "Scale Efficient Target" biti onemogućena (videti sliku B.6). Izveštaj o rezultatima se daje u radnom listu pod nazivom "RTS Region". Ako se izabere "Input-Oriented", tada će softver proizvesti RTS klasifikaciju zasnovanu na ulazno orijentisanim grupnim modelima, a ako je izabran "Output-Oriented", tada će softver proizvesti RTS klasifikaciju zasnovanu na izlazno orijentisanim grupnim modelima. Izveštaj o RTS klasifikaciji se u oba slučaju daje u radnom listu pod nazivom "RTS Report". Funkcija "Scale Efficient Target" obezbeđuje efikasne ciljeve tj. donju i gornju vrednost za ulaze i donju i gornju vrednost za izlaze za sve neefikasne DMU. Izveštaj o rezultatima se daje u dva radna lista pod nazivom "Smallest MPSS" i "Largest MPSS", respektivno.

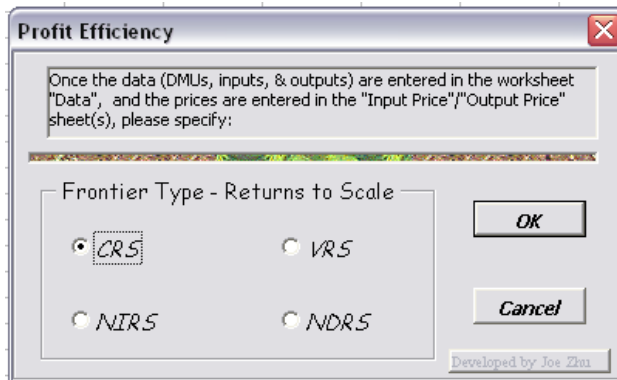
Podstavka "Perform RTS Sensitivity" obezbeđuje analizu osetljivosti tako što daje intervale stabilnosti za očuvanje izvedene RTS klasifikacije za svaku DMU posebno. Omogućene su obe orijentacije što znači da mogu da se analiziraju i ulazne i izlazne preturbacije. Poznato je da ulazna orijentacija dopušta izlazne preturbacije, dok izlazna orijentacija dopušta ulazne preturbacije. Pre nego što se izvrši "Perform RTS Sensitivity" softver će prvo proveriti postojanje "RTS Report" radnog lista. Ako je "RTS Report" radni list pronađen, softver će prikazati orijentaciju modela i pitati da li se želi izvršiti RTS analiza osetljivosti zasnovana na pronađenom "RTS Report" radnom

listu (videti sliku B.7 pod a). To znači ako je RTS klasifikacija zasnovana na ulazno orijentisanim grupnim modelima, tada će RTS analiza osetljivosti biti ulazno orijentisana, ili ako je RTS klasifikacija zasnovana na izlazno orijentisanim grupnim modelima, tada će RTS analiza osetljivosti biti izlazno orijentisana. Ako ne postoji "RTS Report" radni list, softver će tražiti da se navede orijentacija modela (videti sliku B.7 pod b). Softver će proizvesti prvo "RTS Report" radni list, pa zatim će dati intervale stabilnosti u radnom listu pod nazivom "RTS Sensitivity". Ista procedura se sledi ako je izabrano "No" u dijalog okviru koji je prikazan na slici B.7 pod a.

Da bi mogli da se koriste modeli za izračunavanje troškovne, prihodne i profitne efikasnosti potrebno je da postoji informacija o ulaznim i izlaznim cenama. Podaci o ulaznim i izlaznim cenama treba da se unesu u dva radna lista pod nazivom "Input Price" i "Output Price", respektivno. Modeli za merenje troškovne efikasnosti, prihodne efikasnosti i profitne efikasnosti se tada mogu pokrenuti ako se u meniju izaberu stavke "Cost Efficiency", "Revenue Efficiency" ili "Profit Efficiency". Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom "Cost Efficiency", "Revenue Efficiency" ili "Profit Efficiency", respektivno kao što je prikazano na slikama B.8 i B.9. Ovi dijalog okviri omogućavaju rešavanje modela za merenje troškovne efikasnosti, prihodne efikasnosti i profitne efikasnosti. Ocene i benčmarkovi se daju u radnim listovima pod nazivom "Cost Efficiency", "Revenue Efficiency" i "Profit Efficiency". Optimalne vrednosti za ulaze i izlaze se daju u radnim listovima pod nazivom "OptimalData-Cost Efficiency", "OptimalData-Revenue Efficiency" i "OptimalData-Profit Efficiency".

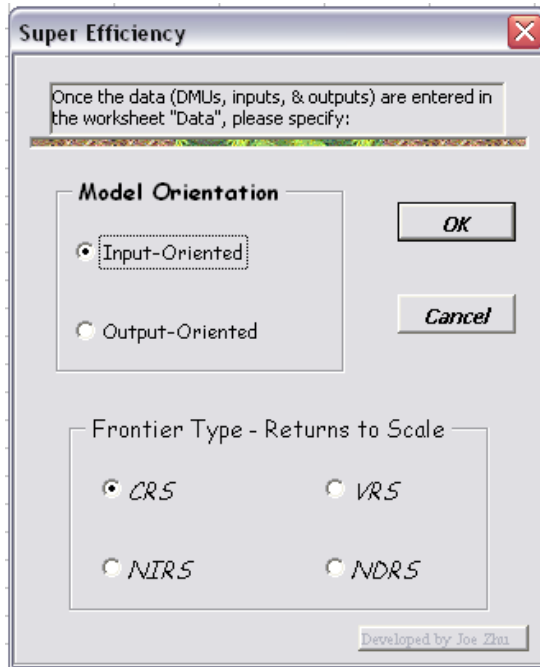


(a) (b)  
**Slika B.8** Dijalog okvir za merenje efikasnosti: (a) troškovne, (b) prihodne



Slika B.9 Dijalog okvir za merenje profitne efikasnosti

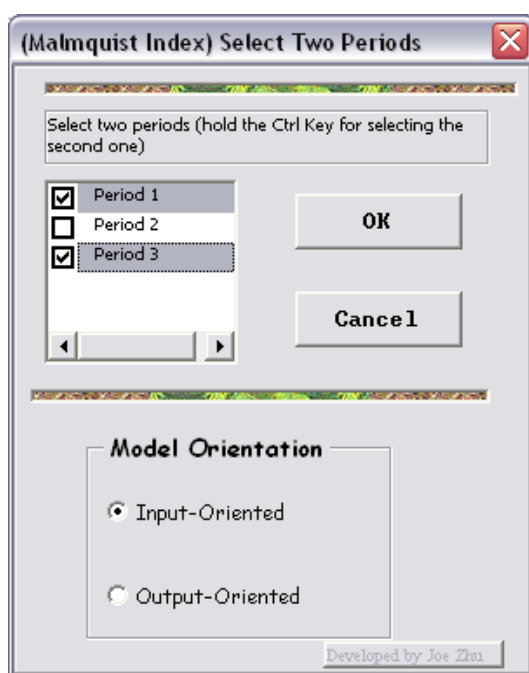
Modeli za merenje super-efikasnosti mogu se pokrenuti ako se u meniju izabere stavka "Super-effeciency ". Pojaviće se dijalog okvir pod nazivom " Super Effeciency" kao što je prikazano na slici B.10. Ovaj dijlog okvir omogućava rešavanje CRS, VRS, NDRS i NIRS modela za merenje super-efikasnosti, kao i izbor određene orijentacije, ulazne ili izlazne. Izveštaj o ocenama super-efikasnosti i benčmarkovima se daje u radnom listu pod nazivom "Super-efficiency".



Slika B.10 Dijalog okvir za merenje super-efikasnosti



Da bi mogli da se koriste modeli za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja potrebno je da postoji informacija o DMU za najmanje dva vremenska perioda. Podaci o DMU za vremenske periode treba da se unesu u radne listove pod nazivom "Period 1", "Period 2", "Period 3" itd. u zavisnosti koliko se vremenskih perioda posmatra. 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 B.11. Ovaj dijalog okvir omogućava izračunavanje ulaznih i izlaznih Malmkvistovih pokazatelja za bilo koja dva vremenska perioda.



**Slika B.11** Dijalog okvir za izračunavanje Malmkvistovih pokazatelja

Ako na primer postoje tri vremenska perioda, i potrebno je izračunati ulazne Malmkvistove pokazatelje za prvi i treći vremenski period, treba definisati dijalog okvir kao na slici B.11. Tada se zveštaj o Malmkvistovim pokazateljima daje u radnim listovima pod nazivom "Malmquist Index", "M Period 1", "M Period 3 - Period 1", "M Period 3", "M Period 1 – Period 3".

## PRILOG C

### C.1 Razvijanje izlaznog Malmkvistovog pokazatelja

U ovom prilogu potvrđeni su rezultati koji su bili dobijeni u petom poglavlju doktorske disertacije. To je izvedeno na osnovu Malmkvistovog pokazatelja izlazne orijentacije. Treba napomenuti da tumačenje izlaznog Malmkvistovog pokazatelja i njegovih komponenti kada su oni veći ili manji od 1, suprotno je od tumačenja Malmkvistovog pokazatelja ulazne orijentacije.

Funkcionalne forme Malmkvistovog pokazatelja i njegovih komponenti prikazane su u jednakostima C.1, C.2 i C.3, respektivno.

$$MI = \sqrt{\frac{\phi^1((x_0, y_0)^2)}{\phi^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\phi^2((x_0, y_0)^2)}{\phi^2((x_0, y_0)^1)}} \quad (C.1)$$

$$(MI)_1 = \frac{\phi^2((x_0, y_0)^2)}{\phi^1((x_0, y_0)^1)} \quad (C.2)$$

$$(MI)_2 = \sqrt{\frac{\phi^1((x_0, y_0)^1)}{\phi^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\phi^1((x_0, y_0)^2)}{\phi^2((x_0, y_0)^2)}} \quad (C.3)$$

Problem određivanja prethodne tri vrednosti se svodi na izračunavanje  $\phi^1((x_0, y_0)^1)$ ,  $\phi^2((x_0, y_0)^2)$ ,  $\phi^1((x_0, y_0)^2)$  i  $\phi^2((x_0, y_0)^1)$  ocena efikasnosti. Za razliku od ulaznog Malmkvistovog pokazatelja gde se za tu svrhu koriste radijani DEA modeli ulazne orijentacije, kod izlaznog pokazatelja se primenjuju isti modeli sa izlaznom orijentacijom. Za studiju slučaja javnih poštanskih operatora koja je predstavljena u petom poglavlju odeljka 5.3, određivanje izlanog Malmkvistovog pokazatelja je zahtevalo razvijanje četiri modela linearnog programiranja (MC.1, MC.2, MC.3 i MC.4). Rezultati primene ovih modela na posmatranoj studiji slučaja su predstavljeni u Tabeli C.1.

MC.1 model

$$\phi^1(x_0, y_0)^1 = \max \phi$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^1 \leq x_{i0}^1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^1 \geq \phi y_{r0}^1, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

MC.2 model

$$\phi^2(x_0, y_0)^2 = \max \phi$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^2 \leq x_{i0}^2, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^2 \geq \phi y_{r0}^2, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

MC.3 model

$$\phi^1(x_0, y_0)^2 = \max \phi$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^1 \leq x_{i0}^2, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^1 \geq \phi y_{r0}^2, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

MC.4 model

$$\phi^2(x_0, y_0)^1 = \max \phi$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^2 \leq x_{i0}^1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^2 \geq \phi y_{r0}^1, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s;$$

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

Rezultati iz Tabele C.1 omogućavaju da se za svaki posmatrani javni poštanski operator razviju relacije (C.1), (C.2) i (C.3). Na primer, za slučaj JPO iz Srbije je:

$$MI = \sqrt{\frac{\phi^1((x_0, y_0)^2)}{\phi^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\phi^2((x_0, y_0)^2)}{\phi^2((x_0, y_0)^1)}} = \sqrt{\frac{1.24037}{1.39354} \times \frac{1.05847}{1.20390}} = 0.88463$$

$$(MI)_1 = \frac{\phi^2((x_0, y_0)^2)}{\phi^1((x_0, y_0)^1)} = \frac{1.05847}{1.39354} = 0.75956$$

$$(MI)_2 = \sqrt{\frac{\phi^1((x_0, y_0)^1)}{\phi^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\phi^1((x_0, y_0)^2)}{\phi^2((x_0, y_0)^2)}} = \sqrt{\frac{1.39354}{1.20390} \times \frac{1.24037}{1.05847}} = 1.16466$$

Analogno kao na primeru JPO iz Srbije, razvijanje datih relacija može da se izvrši za sve ostale poštanske operatore iz posmatrane studije slučaja. Rezultati tog razvoja su predstavljeni u Tabeli C.2. Ovi rezultati su potvrdili tačnost rezultata izvedenih u petom poglavlju (videti Tabelu 5.6) jer postoji međusobno slaganje rezultata dobijenih korišćenjem radijalnih DEA modela ulazne i izlazne orijentacije. Na primer, za JPO iz

Srbije vrednosti izlaznog Malmkvistovog pokazatelja (0.88463) i komponenti (0.75956 i 1.16466) su jednake recipročnoj vrednosti ulaznog Malmkvistovog pokazatelja (1.13042) i komponenti (1.31656 i 0.85862), respektivno. Može da se pokaže da takvo slaganje rezultata postoji kod svih ostalih poštanski operatora iz posmatranog skupa.

**Tabela C.1** Rezultati dobijeni modelima MC.1, MC.2, MC.3 i MC.4

Zemlja	MC.1 model	MC.2 model	MC.3 model	MC.4 model
	$\phi^1(x_0, y_0)^1$	$\phi^2(x_0, y_0)^2$	$\phi^1(x_0, y_0)^2$	$\phi^2(x_0, y_0)^1$
Austrija	1.10671	1.00000	0.35371	1.04097
Bugarska	1.08076	1.19759	1.42105	1.05100
Kipar	1.00000	1.10615	1.32278	0.80778
Češ. Rep.	1.00000	1.04968	1.12164	0.67893
Danska	1.00533	1.01471	1.09150	0.92140
Estonija	1.06054	1.03899	1.18759	1.02037
Finska	1.12132	1.02895	1.11019	1.01615
Francuska	1.20574	1.04351	1.01203	1.07884
Nemačka	1.00000	1.00000	0.70732	0.51097
V. Britanija	1.00000	1.00000	0.67948	1.08244
Grčka	1.21653	1.09360	1.26142	1.05298
Mađarska	1.13166	1.12078	1.31372	1.06378
Irska	1.21569	1.11283	1.10538	1.15787
Italija	1.19430	1.00000	1.10015	1.03423
Letonija	1.25778	1.00000	1.16842	1.05442
Litvanija	1.24693	1.10900	1.29042	1.05410
Luksemburg	1.06401	1.01990	0.85675	0.97280
Malta	1.00000	1.00000	1.15614	0.83243
Holandija	1.00000	1.00000	1.06378	0.85857
Poljska	1.13303	1.09126	1.23983	1.05637
Portugal	1.13657	1.00256	1.15613	1.00570
Rumunija	1.00000	1.16830	1.36826	1.07282
Slovačka	1.00000	1.10693	1.27620	1.04153
Slovenija	1.00000	1.00000	0.75136	0.98772
Španija	1.00000	1.05193	1.21609	0.98630
Švedska	1.00000	1.00000	0.62761	1.06314
Srbija	1.39354	1.05847	1.24037	1.20390

Tabela C.2 Izlazni Malmkvistov pokazatelj

Zemlja	Malmkvistov pokazatelj	Komponente	
	$MI$	$(MI)_1$	$(MI)_2$
Austrija	0.55410	0.90358	0.61323
Bugarska	1.22403	1.10810	1.10462
Kipar	1.34588	1.10615	1.21672
Češ. Rep.	1.31687	1.04968	1.25454
Danska	1.09346	1.00933	1.08335
Estonija	1.06781	0.97967	1.08997
Finska	1.00127	0.91762	1.09116
Francuska	0.90104	0.86546	1.04111
Nemačka	1.17654	1.00000	1.17654
V. Britanija	0.79229	1.00000	0.79229
Grčka	1.03774	0.89895	1.15439
Mađarska	1.10593	0.99038	1.11667
Irska	0.93482	0.91539	1.02123
Italija	0.94376	0.83731	1.12714
Letonija	0.93862	0.79505	1.18058
Litvanija	1.04344	0.88938	1.17322
Luksemburg	0.91880	0.95855	0.95854
Malta	1.17851	1.00000	1.17851
Holandija	1.11311	1.00000	1.11311
Poljska	1.06320	0.96313	1.10390
Portugal	1.00699	0.88209	1.14160
Rumunija	1.22067	1.16830	1.04483
Slovačka	1.16462	1.10693	1.05211
Slovenija	0.87218	1.00000	0.87218
Španija	1.13886	1.05193	1.08264
Švedska	0.76833	1.00000	0.76833
Srbija	0.88463	0.75956	1.16466
Prosek	1.02991	0.96876	1.06360

## PRILOG D

### ANKETA

Poštovani, istraživanje koje se nalazi pred Vama obavlja se u svrhu izrade naučnog rada na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Svi podaci koje budete izneli biće poverljivi i biće korišćeni isključivo u naučne svrhe. Hvala na izdvojenom vremenu i strpljenju za popunjavanje ove ankete.

**Napomena:** Anketu popunjavaju samo korisnici koji šalju pošiljke **u unutrašnjem poštanskom saobraćaju** (u Srbiji) i koji u datom trenutku **ne koriste "Post Express"** uslugu.

**Objašnjenje:** Ova anketa ima za cilj da proceni mogućnost uvođenja novog koncepta univerzalne poštanske usluge. Do sada se korisnicima ove usluge nije garantovao rok prenosa za njihovu konkretnu pošiljku, već su standardi kvaliteta u smislu brzine prenosa definisani za ukupan broj pošiljaka koje JP "Pošta Srbije" prenosi (kvalitet se posmatra na zbirnom nivou). Namera je da se ispita šta korisnici misle o mogućnosti da sami odrede brzinu prenosa svoje pošiljke, odnosno da izaberu da li žele da se prenos izvrši za jedan dan (**sistem D+1**) ili npr. za tri dana (**sistem D+3**).

#### I. Osnovni podaci o Vama

##### 1. Pol

- a) Muški
- b) Ženski

##### 2. Starost – upisati godinu rođenja \_\_\_\_\_

##### 3. Zanimanje

- a) Učenik
- b) Student
- c) Zaposlen puno radno vreme
- d) Zaposlen skraćeno radno vreme/povremeni poslovi
- e) Formalno zaposlen
- f) Neformalno zaposlen
- g) Samozaposlen
- h) Nezaposlen
- i) Penzioner
- j) Domaćica
- k) Drugo

##### 4. Obrazovanje

- a) Bez škole
- b) Završena osnovna škola
- c) Završena srednja škola
- d) Završena visoka škola ili fakultet

## II. Način korišćenja poštanske usluge

**5. Da li pošiljku šaljete kao:**

- a) Fizičko lice
- b) Pravno lice

**6. Koji tip usluge ste upravo koristili?**

- a) Obično pismo
- b) Preporučeno pismo
- c) Vrednosno pismo
- d) Paket

**7. Da li ste koristili neku od posebnih usluga JP "Pošta Srbije":**

- a) Otkupna pošiljka
- b) Pošiljka sa povratnicom
- c) Nešto treće \_\_\_\_\_

**8. Koliko često koristite usluge JP "Pošta Srbije":**

- a) Svakog dana
- b) Tri puta nedeljno
- c) Jednom nedeljno
- d) Dva puta mesečno
- e) Jednom mesečno
- f) Ostalo \_\_\_\_\_

## III. Spremnost korisnika da plati veću cenu za novu poštansku uslugu

**9. Da li bi Vam bilo važno da za pošiljku koju sada šaljete imate garanciju da će biti uručena sutradan?**

- a) Da
- b) Ne
- c) Neodlučan(na) sam

**10. Upišite koliko ste upravo platili poštarinu, kolika je masa predmetne pošiljke i u koje je mesto upućena (ukoliko je poslato više pošiljaka, upisati podatke za jednu od njih).**

Poštarina: \_\_\_\_\_ Masa: \_\_\_\_\_  
Odredište: \_\_\_\_\_

**11. Ukoliko bi cena koju ste upravo platili bila za uslugu D+3 (rok prenosa 3 dana), navedite procentalno povećanje cene koju biste bili spremni da platite za uslugu D+1 (rok prenosa 1 dan).**

- a) 10 %
- b) 20%
- c) 30%
- d) 40 %
- e) 50 %

## BIOGRAFIJA AUTORA

Mr Predrag Ralević, dipl. inž., rođen je u Prokuplju 1982. godine. Osnovnu školu i gimnaziju "Radoš Jovanović" završio je u Blacu kao nosilac Vukove diplome i kao đak generacije. Saobraćajni fakultet upisao je 2001. godine na Odseku za vazdušni saobraćaj i transport. Diplomirao je 2006. godine kao student generacije sa prosečnom ocenom u toku studija 9,51 i ocenom 10 na diplomskom radu na temu *"Koncept održavanja prema pouzdanosti i njegova primena u vazduhoplovstvu"*. Postdiplomske studije na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer za Menadžment u saobraćaju i transportu upisao je 2006. godine. Položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom na postdiplomskim studijama sa prosečnom ocenom 10 zaključno sa oktobrom 2008. godine. U februaru 2010. godine odbranio je magistarsku tezu pod nazivom *"Model i softversko rešenje za benčmarking efikasnosti saobraćajnih preduzeća"*.

Univerzitet u Beogradu 2008. godine povodom Dana Univerziteta nagrađuje ga diplomom za izuzetan uspeh u toku studiranja kao najboljeg studenta Saobraćajnog fakulteta koji je diplomirao u školskoj 2006/07 godini. U istoj godini, Saobraćajni fakultet dodeljuje mu diplomu "Zoran Radosavljević" kao najboljem diplomiranom studentu Odseka za vazdušni saobraćaj i transport u školskoj 2006/07 godini. Fond Mihajlo Pupin sa sedištem u Čikagu 2004. godine dodeljuje mu Pohvalnicu za postignut odličan uspeh na studijama. Opština Blace 2002. godine dodeljuje mu diplomu "Toplički ustanak" koja se dodeljuje najboljim studentima Toplice. Tokom studiranja dobitnik je više stipendija od kojih su najznačajnije stipendija Ministarstva za razvoj nauke i umetnosti i stipendija Fonda za mlade talente Republike Srbije.

Od 1. oktobra 2006. godine zasnovao je radni odnos na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija iz Uroševca na mestu saradnika u nastavi na smeru za drumski saobraćaj i transport. U zvanje predavača izabran je 24.09.2010. godine za užu naučnu oblast tehnologije transportnih sistema. Dana 12.07.2012. godine Odlukom Nastavnog veća izabran je za šefa studijskog programa "Upravljanje i bezbednost drumskog saobraćaja" na specijalističkim studijama. Na ovoj visokoškolskoj ustanovi angažovan je u izvođenju nastave na predmetima osnovnih studija: Menadžment u saobraćaju i



Transportne mreže, i na predmetima specijalističkih studija: Metode istraživanja i naučne komunikacije i Upravljanje kvalitetom usluga u drumskom transportu. U periodu od 2006. do 2009. bio je angažovan u držanju vežbi iz predmeta: Transportne mreže, Menadžment u saobraćaju, Osnovi planiranja saobraćaja (osnovne studije), Metode istraživanja i naučne komunikacije (specijalističke studije). Koristi programske pakete i razvojna okruženja: MS Office, Visual Basic, MATLAB, SPSS, DEA Excel Solver, CATIA, programski jezik C, objektno orijentisani programski jezik C++. Govori i piše engleski i ruski jezik.

Oženjen je suprugom Marijom.

### **Podaci o magistraturi**

Magistarska teza "*Model i softversko rešenje za benčmarking efikasnosti saobraćajnih preduzeća*", odbranjena 02.02.2010. godine na Saobraćajnom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, razmatra primenu Analize obavijanja podataka, DEA (engl. *Data Envelopment Analysis*) za merenje efikasnosti pružanja usluga transportnih organizacija u različitim vidovima saobraćaja, kao i definisanje odgovarajućih "Visual Basic" procedura koje automatizuju proces izračunavanja izabranih DEA modela.

### **Saopštene i objavljeni radovi**

#### **Radovi u međunarodnim časopisima - M20**

1. **Ralević, P.**, Dobrodolac, M., Marković, D. (2014). "Using a nonparametric technique to measure the cost efficiency of postal delivery branches", *Central European Journal of Operations Research*, DOI: 10.1007/s10100-014-0369-0. Published and available as "Online First" on SpringerLink: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10100-014-0369-0>, **IF(2013)=0.787**, (ISSN 1435-246X) - **M23**.
2. **Ralević, P.**, Dobrodolac, M., Marković, D., Matthias, F. (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, DOI: 10.12700/APH.11.08.2014.08.10, **IF(2013)=0.471**, (ISSN 1785-8860) - **M23**.

3. 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, **IF(2013)=0.420**, (ISSN 0424-267X) - **M23**.

#### **Zbornici međunarodnih naučnih skupova - M30**

4. **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"*, ISBN 978-80-86530-94-9, Organizer: University of Pardubice, Jan Perner Transport Faculty, Publisher: Institut Jana Pernera, o.p.s., Pardubice, Czech Republic, pp. 149-154.
5. 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*, ISBN 978-86-916153-1-4, Organizer: City Net Scientific Research Center Ltd., University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering and "Kirilo Savić" Institute, Belgrade, pp. 60-68.
6. Gladović, P., **Ralević, P.**, Kostić S. (2011). "Koncept održavanja prema pouzdanosti - RCM", *14. DQM međunarodna konferencija - Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću*, Istraživački centar DQM, Beograd, str. 379-384.
7. **Ralević, P.**, Ilić, S. (2012). "Manager training with the purpose of increasing the efficiency of road transport companies", *SYMORG*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, str. 538-541.

#### **Časopisi nacionalnog značaja - M50**

8. **Ralević, P.**, Dobrodolac, M., Marković, D. (2013). "Merenje prihodne efikasnosti korišćenjem DEA: Empirijska studija iz oblasti poštanskog saobraćaja", *Tehnika*, Vol. 63, No. 6, str. 1135-1141, (ISSN 0040-2176).

### Zbornici skupova nacionalnog značaja - M60

9. Dobrodolac, M., **Ralević, P.**, Blagojević, M. (2014). "Prihodna analiza različitih modela univerzalne poštanske usluge", *Zbornik radova XXXII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2014*, ISBN 978-86-7395-328-1, Saobraćajni fakultet, Beograd, str. 133-144.
10. Dobrodolac, M., **Ralević, P.**, Stanivuković, B. (2013). "Predlog novog koncepta univerzalne poštanske usluge u Republici Srbiji", *Zbornik radova XXXI Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2013*, ISBN 978-86-7395-314-4, Saobraćajni fakultet, Beograd, str. 203-212.
11. **Ralević, P.**, Mladenović, S., Pejčić Tarle, S., Gladović, P. (2011). "Optimizacija pakovanja različitih vrsta kontejnera na noseće platforme", *SYM-OP-IS*, ISBN 978-86-403-1168-7, Ekonomski fakultet, Beograd, str. 814-817.
12. **Ralević, P.**, Pejčić Tarle, S., Mladenović, S. (2009). "Primena DEA pristupa za merenje efikasnosti saobraćajnih preduzeća", *SYM-OP-IS*, ISBN 978-86-80953-43-4, Matematički institut SANU, Beograd, str. 675-678.

### Rad na projektima i studijama

1. U školskoj 2006/07 godini angažovan na projektu: "Menadžment procesa u pružanju poštanskih i telekomunikacionih usluga" (evidencioni broj: 6432) Ministarstva nauke Republike Srbije.
2. Trend Group – Young People III: "Niš Regional Development-Cooperation in Project Management", Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2006.

## **PRILOG 1.**

### **Izjava o autorstvu**

Potpisani Predrag V. Ralević

broj indeksa: \_\_\_\_\_

Studijski program: \_\_\_\_\_

### **Izjavljujem**

Da je doktorska disertacija pod naslovom:

**MODEL OPTIMIZACIJE RESURSA JAVNOG POŠTANSKOG OPERATORA  
BAZIRAN NA MERENJU EFIKASNOSTI PRUŽANJA POŠTANSKIH USLUGA**

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

Predrag V. Ralević

---

## PRILOG 2.

### Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: mr Predrag V. Ralević

Broj indeksa: \_\_\_\_\_

Studijski program: \_\_\_\_\_

Naslov rada:

MODEL OPTIMIZACIJE RESURSA JAVNOG POŠTANSKOG OPERATORA  
BAZIRAN NA MERENJU EFIKASNOSTI PRUŽANJA POŠTANSKIH USLUGA

Mentor: Dr Momčilo Dobrodolac, docent Saobraćajnog fakulteta u Beogradu

Potpisani mr Predrag V. Ralević

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

Predrag V. Ralević

---

### **PRILOG 3.**

#### **Izjava o korišćenju**

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku "Svetozar Marković" da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

MODEL OPTIMIZACIJE RESURSA JAVNOG POŠTANSKOG OPERATORA  
BAZIRAN NA MERENJU EFIKASNOSTI PRUŽANJA POŠTANSKIH USLUGA

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (engl. *Creative Commons*) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

Predrag V. Ralević

---

1. Autorstvo – Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.