

**RAZVOJ DEA MODELA ZA OCJENU EFIKASNOSTI RADA
OSNOVNIH ŠKOLA U KANTONU SARAJEVO**

**DEVELOPMENT OF DEA MODELS FOR ASSESSMENT OF
EFFICIENCY OF PRIMARY SCHOOLS IN SARAJEVO CANTON**

**v. prof. dr. Hadis Bajrić,
Univerzitet u Sarajevu,
Mašinski fakultet, Sarajevo**

**mr. sc. Mirza Pašić
Univerzitet u Sarajevu,
Mašinski fakultet, Sarajevo**

**v. prof. dr. Edin Kadrić
Univerzitet u Sarajevu,
Mašinski fakultet, Sarajevo**

**mr. sc. Ajdin Vatreš
Univerzitet u Sarajevu,
Mašinski fakultet, Sarajevo**

**prof. dr. Mugdim Pašić
Univerzitet u Sarajevu,
Mašinski fakultet, Sarajevo**

REZIME

Cilj ovog rada je razvoj modela za objektivnu i konzistentnu ocjenu efikasnosti rada osnovnih škola (OŠ) u Kantonu Sarajevo (KS). Korišteni alat za ocjenu efikasnosti je metoda obavijanja podataka (eng. Data Envelopment Analysis, DEA). Razvoj i evaluacija razvijenih DEA modela je urađena na podacima koji su dobiveni primarnim prikupljanjem podataka od 30 osnovnih škola. Razvoj modela se zasnivao na izboru odgovarajućih varijabli ulaza i izlaza, kao i izboru odgovarajućeg tipa DEA modela. Rezultati analiza su pokazali da se javljaju značajne razlike u efikasnosti rada osnovnih škola kod svih modela, da su i razlike u efikasnosti OŠ vrlo značajne u zavisnosti od korištenog modela, ali i da pojedine OŠ konzistentno pokazuju dobre, odnosno loše rezultate. U radu je dat teorijski osvrt na DEA metodu, te su prikazane mogućnosti DEA metode u smislu projekcija viškova resursa u pojedinim OŠ, odnosno prostoru za poboljšanje rezultata rada OŠ uz zadržavanje iste količine inputa.

Ključne riječi: DEA model, osnovne škole, ocjena efikasnosti

SUMMARY

The aim of this paper is to develop a model for an objective and consistent evaluation of the efficiency of primary schools in Sarajevo Canton. Efficiency assessment tool used is Data Envelopment Analysis (DEA). The development and evaluation of DEA models was conducted on the data obtained through the primary data collection of 30 primary schools. The model development is based on the choice of the input and output variables, as well as the choice of the appropriate type of DEA model. The results of the analysis have shown that there are significant differences in the efficiency of primary schools, in all models, and that differences in the efficiency of the schools are very significant, depending on the model used, but also that some schools consistently show good or bad results. The paper gives a theoretical review of the DEA method and shows the possibilities of the DEA method in terms of the projection of resource surplus in some schools, i.e. the area to improve the performance of the schools, while retaining the same amount of input.

Keywords: DEA model, primary schools, efficiency assesment

1. UVOD I PREGLED LITERATURE

Uloga obrazovanja ključna je za jačanje sposobnosti i konkurentnosti društva kako bi se ono suočilo s dinamičnim promjenama u okruženju. Kvalitetno obrazovanje proizvodi moralne i karakterne osobe koje su prekretnica u zemlji i koje mogu pomoći njenom boljem položaju i utjecaju u/na svijet. Važno je napomenuti da većina modernog društva obrazovne institucije smatra ključnom u postizanju društvenih ciljeva. Međutim, način na koji se troše javna sredstva općenito privlači pažnju kako stanovništva tako i vlada/političara. Ono što je još važnije jesu odluke o načinu alokacije oskudnih resursa (novca) i načinu provođenja prikladnih mjera kojima se potiče efikasnost pruženih usluga. Posebno je efikasnost obrazovnog sistema tema intenzivne rasprave među političarima, nastavnicima i drugim interesnim skupinama u obrazovanju. Pored povećane svijesti za efikasnost javnog sektora, troškovi u obrazovnom sistemu mogu biti razlog interesa za efikasnost obrazovnog sistema [13]. Obrazovni sektor predstavlja odličan kontekst za primjenu metoda za procjenu efikasnosti, jer su obrazovne institucije neprofitne organizacije, većinski javno financirane, što vodi povećanom javnom interesu za dobivanje odgovarajuće vrijednosti za uloženi novac. Definiranje i ocjena proizvodne funkcije, koja proizvodi višestruke izlaze i kojom studenti/učenici stiču znanja je, prema tome, izuzetno složen i težak zadatak [14]. Proizvodna funkcija predstavlja maksimalnu efikasnost (izlaz) koja se može postići za dane resurse (ulaze) i služi kao referenca za procjenu neefikasnosti onih jedinica (eng. Decision Making Unit, DMU) koje nisu efikasne.

Mnoga istraživanja, u kojima se analizira efikasnost obrazovnih institucija, razlikuju se po fokusu i primjenjenoj metodologiji, međutim, sve ove studije daju važan doprinos razumijevanju analiza i procjena efikasnosti obrazovnih institucija. Za procjenu efikasnosti u obrazovanju najčešće se koristi SFA (eng. Stochastic Frontier Analysis) kao parametarska metoda, te DEA (eng. Data Envelopment Analysis) kao neparametarska metoda. SFA je parametarska metoda određivanja granice efikasnosti, koja dozvoljava stohastičke greške u samim podacima. SFA dozvoljava procjenu tehničke efikasnosti svake jedinice čija se efikasnost procjenjuje, ali njena primjena u situacijama sa višestrukim ulazima i izlazima nije jednostavna za implementaciju [11]. Iako se mogu naći brojne primjene SFA metode za procjenu efikasnosti u obrazovanju [10, 15], primjena ove metode je općenito slabo zastupljena u OR literaturi. DEA je neparametarska metoda određivanja relativne efikasnosti DMU, pri čemu svaki DMU koristi iste ulaze, te proizvodi jedan ili više istih izlaza [7].

Obrazovanje je bilo i ostalo popularno područje primjene DEA, i zaista autori metode pokazali su njenu primjenu u ovom kontekstu [4]. Prema istraživanju [12] obrazovanje je jedno od prvih pet područja primjene DEA. DEA je postala vrlo popularna u empirijskim istraživanjima efikasnosti obrazovanja, jer omogućava lako upravljanje višestrukim dimenzijama performansi, te je manje osjetljiva na probleme uzrokovane pogrešnim specifikacijama koji mogu utjecati na ekonometrijske modele [12, 14]. DEA metoda također omogućava jednostavno upravljanje sa većim brojem ulaza i izlaza, bez potrebe za a priori specifikacijom funkcionalnog oblika relacija između ulaznih i izlaznih varijabli. Zbog toga se DEA predstavlja kao metoda konkurentnog benchmarkinga, u smislu učenja iz primjera najbolje prakse. Najnoviji trend istraživanja efikasnosti u području obrazovanja jasno se fokusira na sektor visokog obrazovanja, jer najveći broj nedavno objavljenih istraživanja ocjenjuje efikasnost univerziteta [12]. Međutim, DEA i ostale neparameterske metode i dalje se intenzivno koriste za procjenu efikasnosti svih sektora obrazovanja, uključujući obdaništa i osnovne škole, srednje škole i univerzitete [8]. Charnes i ostali u [3] su predložili DEA metodu kao jedan od pristupa procjene relativne efikasnosti jedinica koje imaju višestruke ulaze i/ili izlaze. Prvi DEA model razvili su Charnes, Cooper i Rhodes [3], koji je iz poštovanja prema njima nazvan CCR model. CCR model nastoji odrediti maksimalni odnos između izlaznih i ulaznih vrijednosti za svaki DMU, s obzirom na raspoložive ulazne vrijednosti svakog DMU-a. Granica efikasnosti se zatim konstruira na osnovu onih DMU-ova koji su ostvarili maksimalnu efikasnost za dati nivo ulaza,

ili koji su potrošili minimalni nivo ulaza za dobivanje određene količine izlaza. CCR model pretpostavlja konstantan prinos na obim (eng. Constant Returns to Scale, CRS). Pretpostavka o konstantnim prinosima na obim podrazumijeva direktnu, linearnu zavisnost izlaza i ulaza koja se ne mijenja bez obzira na vrijednost ulaza. Postoje i modeli koji se zasnivaju na pretpostavkama o varijabilnim prinosima na obim (eng. Variable Returns to Scale, VRS). Najpoznatiji DEA model koji se zasniva na pretpostavci o varijabilnim prinosima na obim je BCC model kojeg su razvili Banker, Charnes i Cooper [2].

Općenito se može tvrditi da u studijama efikasnosti obrazovanja postoji bolja saglasnost u pogledu specifikacije izlaza. Broj studenata/učenika koji su uspješno završili godinu, procenat prolaznosti i prosječne ocjene iz testova koriste se kao mjere izlaza u analizi efikasnosti obrazovanja [13]. Definiranje ulaznih varijabli je izuzetno složeno, jer uključuje varijable na koje obrazovna institucija ima utjecaj, kao i one vanjske, na koje obrazovna institucija nema utjecaj. Ulazne varijable uključuju varijable koje se odnose na učenika/studenta, porodicu učenika/studenta, te samu obrazovnu instituciju. Najčešće korištene varijable koje opisuju učenika/studenta su one koje se odnose na motivaciju i ponašanje, postignute uspjehe tokom obrazovanja, demografske karakteristike, te prosječne ocjene i uspjeh na kraju godine. Socio-ekonomski status porodice i obrazovanje roditelja najčešće su korištene varijable koje se odnose na porodicu učenika/studenata. Kada se posmatraju varijable koje se odnose na obrazovnu instituciju, u literaturi se najveća pažnja posvećuje istraživanju relacija između tradicionalnih ulaza obrazovne institucije i rezultata obrazovnog procesa. Tipični ulazi obrazovne proizvodne funkcije su karakteristike nastavnika (troškovi, broj nastavnika, iskustvo, metode koje koriste i plata), te karakteristike obrazovne institucije (veličina, organizacija i resursi).

Cilj rada je razvoj modela za objektivnu i konzistentnu ocjenu efikasnosti rada OŠ u KS. Korišteni alat za ocjenu efikasnosti je metoda obavljanja podataka.

2. RAZVOJ I EVALUACIJA DEA MODELA

Za potrebe analize, a iz perspektive ulaznih i izlaznih varijabli koje su bile od interesa za ocjenu efikasnosti i rangiranje osnovnih škola u KS, raspolagalo se sa sljedećim podacima: (1) Ukupni troškovi škole u KM (plate, materijalni troškovi...), (2) Vrijednost imovine bez zgrade (oprema, inventar...), (3) Broj osoblja zaposlenog u školi, (4) Broj nenastavnog osoblja zaposlenog u školi, (5) Broj učenika koji su uspješno završili školsku godinu, (6) Prosječan broj bodova iz B/H/S jezik i književnost (7) Prosječan broj bodova iz matematike, (8) Prosječan broj bodova iz prvog stranog jezika i (9) Broj bodova iz svih takmičenja (Ukupan broj osvojenih prvih, drugih i trećih mjesta na kantonalnim, federalnim, državnim, olimpijadama, evropskim i svjetskim takmičenjima). Podaci su prikupljeni od 30 osnovnih škola, te je sa ovom analizom obuhvaćeno oko 50% svih osnovnih škola u Kantonu Sarajevo. Analize su rađene na prosječnim vrijednostima za period od 3 godine (2015-2017).

Na osnovu raspoloživi podataka, različitim kombinacijama ulaza i izlaza, te korištenjem CCR i BCC DEA modela, napravljeno je 10 različitih modela prikazanih u tabeli 1. Varijable korištene u modelu su definirane brojevima od 1 do 9 a prema navodu iznad.

Tabela 1. Razvijeni modeli za ocjenu efikasnosti rada OŠ u KS

| Model | Varijable ulaza | Varijable izlaza |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------|
| Model 1 CCR (M1), Model 2 BCC (M2) | 1, 2, 3, 4 | 5, 6, 7, 8, 9 |
| Model 3 CCR (M3), Model 4 BCC (M4) | 1, 2 | 5, 6, 7, 8, 9 |
| Model 5 CCR (M5), Model 6 BCC (M6) | 1 | 5, 6, 7, 8, 9 |
| Model 7 CCR (M7), Model 8 BCC (M8) | 1 | 5, 6, 7, 8 |
| Model 9 CCR (M9), Model 10 BCC (M10) | 1 | 5, prosjek od 6, 7 i 8 |

Rezultati efikasnosti prema različitim modelima su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Efikasnost rada OŠ u KS prema različitim modelima

| DMU | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | Prosjek |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| OŠ20 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| OŠ22 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| OŠ27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.85 | 1.00 | 0.98 |
| OŠ16 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.91 | 1.00 | 0.91 | 1.00 | 0.81 | 1.00 | 0.96 |
| OŠ10 | 1.00 | 1.00 | 0.86 | 1.00 | 0.75 | 1.00 | 0.75 | 1.00 | 0.72 | 1.00 | 0.91 |
| OŠ7 | 0.96 | 1.00 | 0.82 | 0.95 | 0.82 | 0.95 | 0.82 | 0.95 | 0.82 | 0.96 | 0.91 |
| OŠ14 | 1.00 | 1.00 | 0.88 | 1.00 | 0.72 | 0.99 | 0.72 | 0.99 | 0.72 | 1.00 | 0.90 |
| OŠ15 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.71 | 0.96 | 0.71 | 0.96 | 0.71 | 0.99 | 0.90 |
| OŠ5 | 0.95 | 1.00 | 0.85 | 1.00 | 0.71 | 0.96 | 0.71 | 0.96 | 0.67 | 0.95 | 0.88 |
| OŠ1 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.68 | 1.00 | 0.61 | 0.95 | 0.59 | 0.95 | 0.87 |
| OŠ28 | 0.98 | 0.95 | 0.80 | 0.94 | 0.75 | 0.94 | 0.75 | 0.94 | 0.66 | 0.98 | 0.87 |
| OŠ25 | 0.98 | 1.00 | 0.84 | 0.99 | 0.66 | 0.94 | 0.66 | 0.94 | 0.64 | 0.98 | 0.86 |
| OŠ29 | 0.99 | 1.00 | 0.71 | 0.96 | 0.67 | 0.96 | 0.67 | 0.96 | 0.64 | 0.99 | 0.85 |
| OŠ30 | 1.00 | 1.00 | 0.66 | 1.00 | 0.60 | 1.00 | 0.60 | 1.00 | 0.55 | 1.00 | 0.84 |
| OŠ26 | 0.97 | 0.96 | 0.69 | 0.91 | 0.69 | 0.90 | 0.67 | 0.90 | 0.68 | 0.97 | 0.84 |
| OŠ19 | 0.92 | 1.00 | 0.72 | 0.97 | 0.62 | 0.96 | 0.62 | 0.96 | 0.58 | 0.92 | 0.83 |
| OŠ8 | 0.93 | 0.93 | 0.75 | 0.90 | 0.69 | 0.89 | 0.69 | 0.89 | 0.68 | 0.93 | 0.83 |
| OŠ11 | 0.91 | 1.00 | 0.84 | 0.84 | 0.72 | 0.81 | 0.72 | 0.81 | 0.69 | 0.91 | 0.83 |
| OŠ9 | 0.92 | 1.00 | 0.68 | 0.99 | 0.61 | 0.96 | 0.60 | 0.96 | 0.55 | 0.92 | 0.82 |
| OŠ2 | 0.92 | 0.98 | 0.66 | 0.92 | 0.65 | 0.92 | 0.65 | 0.92 | 0.64 | 0.92 | 0.82 |
| OŠ6 | 0.94 | 1.00 | 0.73 | 0.92 | 0.60 | 0.92 | 0.59 | 0.91 | 0.55 | 0.94 | 0.81 |
| OŠ17 | 0.92 | 1.00 | 0.68 | 0.94 | 0.60 | 0.91 | 0.60 | 0.91 | 0.59 | 0.92 | 0.81 |
| OŠ12 | 0.96 | 0.94 | 0.77 | 0.93 | 0.59 | 0.88 | 0.58 | 0.87 | 0.58 | 0.96 | 0.81 |
| OŠ21 | 0.93 | 0.93 | 0.66 | 0.90 | 0.64 | 0.88 | 0.64 | 0.88 | 0.65 | 0.93 | 0.81 |
| OŠ23 | 0.94 | 0.87 | 0.74 | 0.87 | 0.65 | 0.87 | 0.65 | 0.86 | 0.61 | 0.94 | 0.80 |
| OŠ3 | 0.93 | 0.83 | 0.81 | 0.83 | 0.69 | 0.82 | 0.69 | 0.82 | 0.66 | 0.93 | 0.80 |
| OŠ4 | 0.94 | 0.89 | 0.69 | 0.89 | 0.64 | 0.89 | 0.61 | 0.88 | 0.57 | 0.94 | 0.79 |
| OŠ24 | 0.94 | 0.89 | 0.71 | 0.85 | 0.59 | 0.83 | 0.59 | 0.83 | 0.57 | 0.94 | 0.77 |
| OŠ13 | 0.93 | 0.86 | 0.65 | 0.82 | 0.60 | 0.82 | 0.60 | 0.82 | 0.63 | 0.93 | 0.76 |
| OŠ18 | 0.92 | 0.98 | 0.51 | 0.97 | 0.46 | 0.97 | 0.45 | 0.96 | 0.42 | 0.92 | 0.76 |
| Prosjek | 0.96 | 0.97 | 0.79 | 0.94 | 0.70 | 0.93 | 0.69 | 0.93 | 0.67 | 0.96 | 0.85 |
| Korelacija | 0.79 | 0.55 | 0.86 | 0.68 | 0.93 | 0.71 | 0.92 | 0.72 | 0.88 | 0.79 | |

Iz tabele 2 se može vidjeti da se javljaju značajne razlike u efikasnosti rada osnovnih škola kod svih modela, da su i razlike u efikasnosti OŠ vrlo značajne u zavisnosti od korištenog modela. Također se može vidjeti da pojedine OŠ konzistentno pokazuju dobre rezultate, dok određene škole konzistentno imaju nižu efikasnost. Najveću prosječnu efikasnost OŠ daje Model 2 u iznosu od 97%, dok je najmanja prosječna efikasnost dobivena Modelom 7 u iznosu od 69%. Prosječna efikasnost prosječnih efikasnosti svih škola prema različitim modelima je 85%. U tabeli 2 je dana i korelacija prosječnih efikasnosti svake od škola (prosjek prema svim modelima) u odnosu na efikasnost OŠ dobivenu pojedinačnim modelima. Najveći koeficijent korelacije, a to znači i najbolje slaganje sa prosječnim vrijednostima, ima Model 5 i Model 7 u iznosu od 0,93 i 0,92, respektivno.

Razlike u efikasnosti OŠ prema različitim modelima mogu se javiti ne samo zbog vrijednosti varijabli, nego i zbog njihovog broja. Smanjenje broja DMU-ova i/ili povećanje broja varijabli u korištenom DEA modelu dovodi do povećanja efikasnosti DMU-ova, te se smanjuje ocjenjivačka moć DEA metode [9]. U literaturi koja se sugerira da broj DMU-ova mora biti

dovoljno veći u odnosu na broj varijabli. Na osnovu konsultovane literature [1, 5, 6] može se reći da Model 1 i Model 2 imaju smanjenu ocjenjivačku moć, odnosno da prema nekim kriterijima nemaju dovoljan broj DMU-ova, odnosno imaju previše varijabli. Osim toga, postoji velika korelacija između neki varijabli ulaza, kao npr. Ukupni troškovi škole i Broj osoblja zaposlenog u školi. Osim toga između određenih varijabli ulaza postoji i redundancija, a i očigledno je da su rezultati prva dva modela značajno različiti od ostalih modela. Na osnovu iznesenog Model 1 i Model 2 se mogu odbaciti kao neadekvatni.

Analizom ulaznih podataka uočavaju se velike varijacije u vrijednostima varijable Vrijednost imovine bez zgrade (oprema, inventar, ...), što može biti posljedica korištenja različitih pristupa u procjeni vrijednosti imovina kao i obračunu amortizacije pa bi to mogao biti argument za eliminaciju Modela 3 i Modela 4.

Varijable koje se odnose na uspjeh učenika na domaćim i međunarodnim takmičenjima su često u većoj mjeri rezultat izvrsnosti vrlo malog broja učenika više nego posljedica sistematičnog rada OŠ sa njima. Osim toga ovo često zavisi i od porodičnog backgrounda iz kojeg učenik dolazi, a koji je teško mjeriti i ugraditi u model da ne bi dolazilo do diskriminacije pojedinih OŠ. Sa ovom varijablom postoji i još jedna problem a to je da postoji veliki broj takmičenje različitog nivoa, kao da i rezultati na tim takmičenjima su različiti pa bi ih trebalo različito vrednovati. Objedinjavanje, odnosno prosto sumiranje, kao što je urađeno u modelima gdje se ova varijabala javlja, je protivno DEA logici jer je to ponderisanje varijabli. Imajući u vidu rečeno predlaže se eliminacija Modela 5 i Modela 6, kao i Modela 9 i Modela 10, te se za evaluaciju rada OŠ predlaže Model 7 i Model 8 u zavisnosti od tipa prinosa na obim.

Ako se pretpostavi konstantan prinos na obim onda je Model 7 model prema kojem treba praviti projekcije povećanja efikasnosti rada OŠ. Prema Modelu 7 može se zaključiti da je prosječna efikasnost svih osnovnih škola 0,69 ili 69%, te da postoji značajan prostor za povećanje outputa, odnosno smanjenje inputa. Prema Modelu 7 može vidjeti da 2 osnovne škole formiraju ovojnici (granicu) efikasnosti i to su efikasne osnovne škole u skupu od ukupno 30 razmatranih. Preostalih 28 osnovnih škola mogu poboljšati svoju efikasnost kroz povećanje broja učenika, povećanje prosjeka osvojenih bodova iz maternjeg i prvog stranog jezika, te matematike, kao količina izlaza, bez povećanja ukupnih troškova, posmatranih kao količina ulaza. Potrebno je još jednom naglasiti da DEA procjenjuje relativne efikasnosti, te da se ovdje ne govori o apsolutnoj efikasnosti ili teorijski maksimalnoj efikasnosti osnovnih škola.

3. ZAKLJUČCI

U radu je razvijeno 10 različitih DEA modela za ocjenu efikasnosti rada OŠ u KS, te su urađene analize efikasnosti svim modelima za 30 OŠ na podacima iz perioda 2015-2017. Ako se izuzmu prva dva modela koja koriste po 9 varijabli, što je po nekim kriterijima veliki broj u odnosu na ukupna broj DMU-ova (30 OŠ) što je dovelo do gubljenja ocjenjivačke moći DEA metode (izuzetno velika efikasnost), ostali modeli pokazuju prilično konzistentne rezultate uz određene varijacije. Razlike u efikasnosti postoje i kod tipa DEA modela, CCR u odnosu na BCC, ali to je očekivana i sasvim normalna razlika jer je efikasnost BCC modela uvijek veća ili u krajnjem slučaju jednaka kao i kod CCR modela. Međutim ako se gledaju samo CCR modeli, uz izuzetak Modela 1 prosječna efikasnost se kreće od 0,67 do 0,79 i konzistentna je, dok se prosječna efikasnost BCC modela kreće od 0,93 do 0,96, te je također konzistentna.

Analizom rezultata svih modela i poređenjem sa prosječnim vrijednostima (urađene su korelacije), te kritičkim osvrtom na pojedine varijable, kao najadekvatniji model za ocjenu efikasnosti rada OŠ u KS se preporučuje Model 7, ako se ide na pretpostavku o konstantnim prinosima, odnosno Model 8 ako se ide na pretpostavku o varijabilnim prinosima na obim.

Prema Modelu 7 rezultati analiza pokazuju da je prosječna relativna efikasnosti razmatranih 30 OŠ u KS 69%, da su dvije škole relativno efikasne i da one formiraju ovojnici efikasnosti, dok je preostalih 28 škola neefikasno. Najmanju efikasnost ima OŠ 18 u iznosu od 45%. Neefikasne

škola mogu značajno poboljšati svoju efikasnost kroz povećanje broja učenika, povećanje prosjeka osvojenih bodova iz maternjeg i prvog stranog jezika, te matematike, kao količina izlaza, bez povećanja ukupnih troškova, posmatranih kao količina ulaza. DEA metodom se procjenjuje relativne efikasnosti, te da se ovdje ne govori o apsolutnoj efikasnosti ili teorijski maksimalnoj efikasnosti osnovnih škola. Permanentnim praćenjem i ocjenom efikasnosti rada OŠ, kao i bužetiranju u skladu sa ostvarenim rezultatima, stvorila bi se natjecateljska atmosfera između OŠ što bi dovelo do poboljšanja kvaliteta osnovnog obrazovanja.

Prijedlog za dalja istraživanja na ovu temu bi išao u pravcu uključivanja svih osnovnih škola u analizu, uzimanje socijalne karte učenika u obzir i njena ugradnja u model kao i istraživanje da li je adekvatnije koristiti CCR ili BCC model.

4. REFERENCES

- [1] Amirteimoori, A., Despotis, D.K. & Kordrostami, S. (2014). Variables reduction in data envelopment analysis. *Optimization*, 65(5), s. 735–745.
- [2] Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science* 30, pp. 1078-1092.
- [3] Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2, PP. 429-444.
- [4] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), pp. 668-697.
- [5] Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, 2nd edition. Springer, New York.
- [6] Dyson, R., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V., Sarrico, C., Shale, E., (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*. 132 (2) 245-259.
- [7] Haelermans, C. & Ruggiero, J. (2013). Estimating technical and allocative efficiency in the public sector: A nonparametric analysis of Dutch schools. *European Journal of Operational Research*, 227(2013), pp. 174–181.
- [8] Johnes, J. (2015). Operational Research in education. *European Journal of Operational Research*. 243(3), 683-696.
- [9] Khezrimotlagh, D. (2015). How to deal with numbers of decision making units and variables in data envelopment analysis. 13th International Conference on Data Envelopment Analysis, August 24-27, 2015, Braunschweig, Germany.
- [10] Kirjavainen, T. (2012). Efficiency of Finnish general upper secondary schools: An application of stochastic frontier analysis with panel data. *Education Economics*, 20(4), pp. 343-364.
- [11] Kuah, C.T. & Wong, K.Y. (2011). Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis. *Procedia Computer Science*, 3(2011), pp.499-506.
- [12] Liu, J.S., Lu, L.Y.Y., Lu, W.M. and Lin, B.J.Y. (2013). A survey of DEA applications. *Omega*, *The International Journal of Management Science*, 41(5), pp. 893-902.
- [13] Lopez-Torres, L. & Prior, D. (2016). Centralized allocation of human resources. An application to public schools. *Computers & Operations Research*, 73, pp. 104-114.
- [14] Worthington, A.C. (2001). An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in education. *Education Economics*, 9(3), pp.245-268.
- [15] Zoghbi, A. C., F. Rocha & E. Mattos (2013). Education production efficiency: Evidence from Brazilian universities. *Economic Modelling* 31, pp. 94-103.