



**Vilnius
University**

Duomenų apgaubties metodas švietimo sistemų analizėje

Doktorantė Dovilė Stumbrienė

Doktorantūros pradžios ir pabaigos metai: 2014 – 2018

Darbo vadovė: dr. Audronė Jakaitienė

Tyrimų objektas

Disertacijos tyrimų objektas yra duomenų apgaubties analizės (DEA) taikymas švietimo sistemų analizėje.

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – pasiūlyti švietimo sistemų vertinimo metodiką, paremtą DEA.

Uždaviniai:

1. Atlikti švietimo sistemos vertinimo tyrimų analizę, išskirtinį dėmesį skiriant darbams, kuriuose atliekama šalies lygmens analizė ir vertinama visa šalies švietimo sistema.
2. Taikant sudėtinių rodiklių metodiką, agreguoti atrinktus švietimo sistemos vertinimo rodiklius.
3. Atlikti fiksuotų svorių sistemos (SAW) ir lanksčių svorių sistemos (DEA) tinkamumo švietimo sistemų vertinimui analizę.
4. Atlikti DEA modelių modifikacijas, kurios padidintų DEA diskriminacinę galią.

Straipsniai periodiniuose recenzuojamuose leidiniuose:

1. Stumbrienė, D., Camanho, A. S., Jakaitienė, A. (). A new Composite Indicator to evaluate the Performance of Education Systems in the light of Europe 2020 strategy: a Comparison between Fixed and Flexible Weighting Systems. *Annals of Operations Research*, (recenzuojamas), WoS.
2. Jakaitienė, A., Žilinskas, A., Stumbrienė, D. (2018). Analysis of Education Systems Performance in European Countries by Means of PCA-DEA. *Informatics in Education*, (priimtas sp.), WoS (em.).
3. Stumbrienė, D., Jakaitienė, A., Želvys, R. (2017). Švietimo sistemos stebėseną: išteklių ir rezultatų indeksų sąveika. *Lietuvos statistikos darbai*, 56(1).
4. Želvys R., Jakaitienė A., Stumbrienė D. (2017). Link skirtingų gerovės valstybių švietimo modelių: Baltijos šalių švietimo sistemų palyginimas. *Filosofija. Sociologija*. ISSN 0235-7186. Nr.2, WoS.
5. Stumbrienė, D., Jakaitienė A. (2015). Švietimo duomenų tyryba: apžvalga ir tyrimų kryptys. *Liet. matem. rink. LMD darbai*, ser. B, 56, 2015, 41–45.

Darbo rezultatų aprobavimas II

Skaityti pranešimai 5 tarptautinėse konferencijose:

1. 4th LEER Conference on Education Economic (2018; Liuvenas, Belgija),
2. 9th International Workshop Data Analysis Methods for Software Systems (2017; Drusk., Lietuva),
3. 5th Workshop on Efficiency in Education (2017; Budapeštas, Vengrija),
4. 6th Workshop on Efficiency and Productivity Analysis (2017; Porto, Portugalija),
5. The 22nd International Conference on Computational Statistics (2016; Oviedo, Ispanija).

Skaityti pranešimai 3 nacionalinėse konferencijose:

1. 9-oji Sociologų draugijos konferencija (2017; Kaunas, Lietuva),
2. Lietuvos matematikų draugijos LVII konferencija (2016; Vilnius, Lietuva),
3. Lietuvos matematikų draugijos LVI konferencija (2015; Kaunas, Lietuva).

Stendinis pranešimas pristatytas tarptautinėje konferencijoje: 8th International Workshop Data Analysis Methods for Software Systems (2016; Druskininkai, Lietuva).

Darbo rezultatų aprobavimas III

Bendrautorė 8 skaitytų pranešimų tarptautinėse konferencijose:

1. 9th ICEEPSY The International Conference on Education and Educational Psychology (2018; Atėnai, Graikija),
2. XVI Annual International Conference of the Bulgarian Comparative Education Society (2018; Golden Sands, Bulgarija),
3. DEA40: International Conference on Data Development Analysis (2018; Birmingemas, JK),
4. NEPC Conference 2018 Primary Colours of Education #3 School Leadership Matters (2018; Baška, Kroatija),
5. 15th International Conference on Data Envelopment Analysis (2017; Praha, Čekija),
6. CESE XXVII – Comparative Education Society in Europe (2016; Glazgas, Škotija),
7. 8th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (2015; Londonas, JK),
8. 7th International Workshop Data Analysis Methods for Software Systems (2015; Druskininkai, Lietuva).

Stažuotės, projektai

Atlikta stažuotė:

- ERASMUS+ programa, University of Porto, 2017 vasario 02 d. – birželio 30 d., Portas, Portugalija.

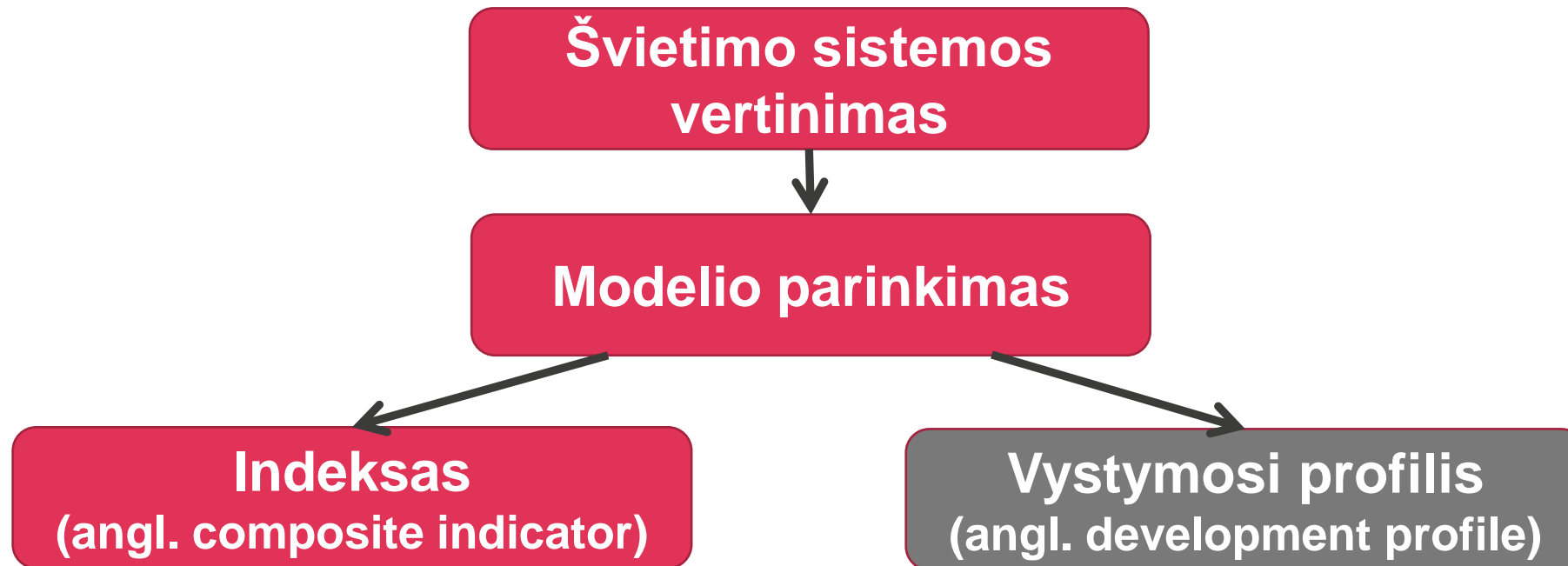
Dalyvauta doktorantų mokyklose:

- Chipset training school „Big data processing in the internet of everything era“ 2017 rugsėjo 20-22 d., Novi Sad, Serbija.
- Summer School on Applied Techniques „Hands-on data in education research“ 2017 spalio 16-18 d., Budapeštas, Vengrija.

Vykdyti/ vykdomi projektai susiję su disertacijos tema:

- Mokslininkų grupių projektai – „Lietuvos švietimo sistemos būklės ir jos įtakos veiksmų modeliavimas“, (2015 – 2017);
- Mokslininkų kvalifikacijos tobulinimas vykdant aukšto lygio MTEP projektus – „ES šalių švietimo sistemų efektyvumo ir našumo analizė naudojant antrinius didelės apimties duomenis“, (2018 – 2022).^{7/25}

Švietimo sistemų analizė



Skirtingų šalių švietimo sistemų palyginimas yra sudėtingas daugiakriterinis uždavinys.

Indekso konstravimas



$$Y^{norm} = \frac{Y - \bar{Y}}{SD_Y} + \left| \min \left(\frac{Y - \bar{Y}}{SD_Y} \right) \right| + \varepsilon;$$

$$\varepsilon = 0,001$$

Rodiklių parinkimas

Vilnius
University

	Rodiklis	Šaltinis
Y1	Mokyklos nebaigę asmenys	Eurostas
Y2	Aukštąjį išsilavinimą įgiję asmenys	Eurostas
Y3	Dalyvavimas ankstyvame ugdyme ir priežiūroje	Eurostas
Y4	Absolventų užimtumas	Eurostas
Y5	Mokymasis visą gyvenimą	Eurostas
Y6	Nepakankami skaitymo, matematinių ir gamtos mokslų gebėjimai	EBPO
Y7	Puikūs skaitymo, matematinių ir gamtos mokslų gebėjimai	EBPO
Y8	Aukštesnį nei vidurinis išsilavinimas įgiję asmenys	Eurostas

Metai: 2013 – 2015

Fiksuotų svorių sistema

Tegul n – šalių skaičius, kurioms bus konstruojami indeksai iš s rodiklių, o y_{rj} yra rezultatų rodiklio r ($r=1, \dots, s$) reikšmė šaliai j ($j=1, \dots, n$). Indekso I_j konstravimo tikslas – atskirų rodiklių y_{rj} agregavimas į vieno skaičiaus matavimą šaliai j .

SAW (Simple Additive Weighted) metodas:

$$I_j = \sum_{r=1}^s w_r y_{rj}$$

čia w_r ($w_r \in \mathbf{R}^+$) – svoris priskirtas rodikliui y_{rj} vertinant šalies j sistemos veiklos rezultata, $\sum_{r=1}^s w_r = \mathbf{1}$.

Lanksčių svorių sistema – DEA

$$\min e_{j0} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}$$

$$\text{s. t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

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

čia $j=1, \dots, n$, $r=1, \dots, s$, $i=1, \dots, m$, y_{rj} – r -tasis rezultatų rodiklis j -tajai šaliai, x_{ij} – i -tasis išteklių rodiklis j -tajai šaliai, u_r – r -tojo rezultatų rodiklio svoris, v_i – i -tojo išteklių rodiklio svoris. Modelis sprendžiamas $\forall j0$, gaunami svoriai u_r ir v_i yra skirtingi tarp DMU. DEA modelio efektyvumo rodiklis $I_{j0} = 1/e_{j0}$.

DEA modelio modifikacija BoD modelis

Šiame tyrime naudojama alternatyvi BoD modelio formuluotė, kurią pasiūlė Zanella ir kt. (2013):

$$\frac{1}{I_{j0}} = \min \vartheta$$

$$\text{s. t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} = 1$$

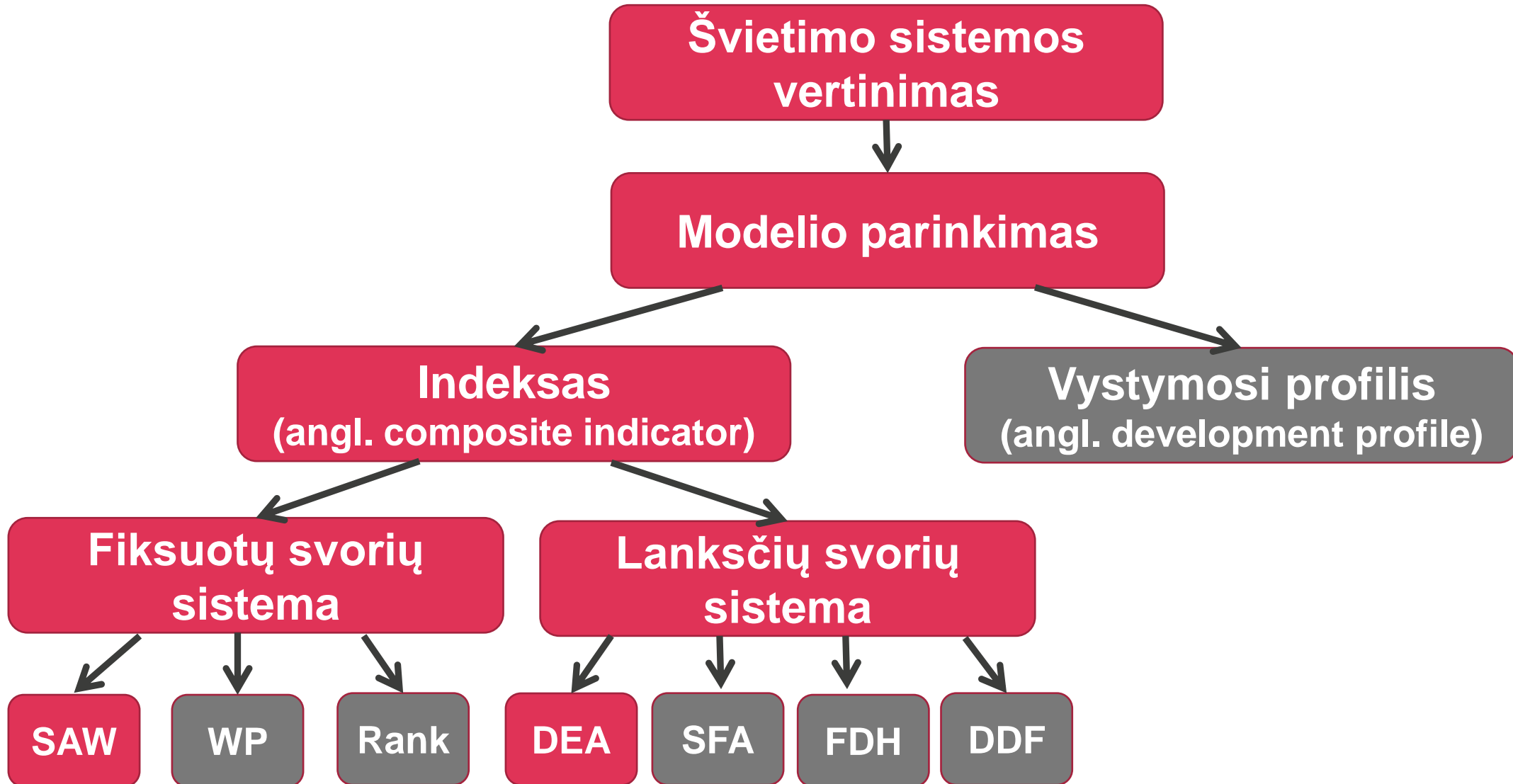
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \vartheta \leq 0$$

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

iš čia $\forall j0, I_{j0} = 1/\vartheta^*$, kur simbolis * reiškia optimalų tiesinio programavimo modelio sprendinį;

$$I_{j0} \in [0; 1].$$

Švietimo sistemų analizė



Pareto optimalūs DMU

2013	CZE	DNK	DEU	EST	IRL	FRA	LVA	LTU	LUX	NLD	AUT
	POL	SVN	SVK	FIN	SWE	GBR	ISL	NOR	CHE		

2014	BEL	CZE	DNK	DEU	EST	IRL	FRA	HRV	LVA	LTU	LUX
	NLD	AUT	POL	SVN	FIN	SWE	GBR	ISL	NOR	CHE	

2015	BEL	CZE	DNK	DEU	EST	IRL	FRA	HRV	LVA	LTU	LUX
	HUN	NLD	AUT	POL	SVN	FIN	SWE	GBR	ISL	NOR	CHE

DEA metodo problematika

DEA modelio modifikacijos, kurias taikant padidinama modelio diskriminacinė galia:

1. Svarių apribojimų įtraukimas į DEA modelį;
2. Duomenų dimencijos mažinimas prieš atliekant DEA analizę.

Švietimo sistemos
vertinimas

Modelio parinkimas

Indeksas
(angl. composite indicator)

Vystymosi profilis
(angl. development profile)

Fiksuotų svorių
sistema

Lanksčių svorių
sistema

SAW

WP

Rank

DEA

SFA

FDH

DDF

DEA + svorių
apribojimai

PCA – DEA

Identiškas šalių reitingavimas

SAW ir DEA modeliai su vienodais

grynaisiais svoriais:

$$u_r = u_1, r = 2, \dots, 8.$$

Gauti rezultatai patvirtino galimybę

naudoti DEA modelį indekso

konstravimui kaip alternatyvą

tradiciniam SAW modeliui.

Šalis	DEA	R	SAW	R
AUT	2,70	12	0,87	12
BEL	2,57	15	0,83	15
BGR	1,36	27	0,44	27
HRV	1,66	24	0,53	24
CZE	2,40	19	0,77	19
DNK	3,06	3	0,98	3
EST	2,91	7	0,93	7
FIN	2,93	5	0,94	5
FRA	2,69	14	0,86	14
DEU	2,73	11	0,88	11
GRC	1,24	28	0,40	28
HUN	2,03	21	0,65	21
ISL	2,47	18	0,79	18
IRL	2,76	10	0,89	10
ITA	1,39	26	0,45	26
LVA	2,37	20	0,76	20

Nuo fiksuotų prie lanksčių svorių sistemos

Panašumas tarp

DEA modelio su vienodais grynaisiais svoriais $u_r = u_1, r = 2, \dots, 8$

DEA modelio su ARI-tipo svorių apribojimais $\frac{u_r \bar{y}_r}{\sum_{r=1}^8 u_r \bar{y}_r} = \frac{1}{8}, r = 1, \dots, 8$

yra didžiulis:

- neparametrinio Vilkoksono ženklų testo suderintoms poroms nulinė hipotezė nėra atmetama (p reikšmė = 0,9093);
- indeksų vidurkis 0,761 ir 0,763;
- tik vienos šalies atveju skirtumas tarp rangų yra daugiau nei 5 pozicijos.

Laisvumo laipsnio įvedimas

Įvedus **laisvumo laipsnį** $\sigma \in [0; 1]$ į DEA modelį su ARI svorių apribojimais, gautas laipsniškas perėjimas nuo fiksuotų svorių sistemos prie lanksčių svorių sistemos.

$$\frac{u_r \bar{y}_r}{\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_r} \geq \frac{\sigma}{s}, r = 1, \dots, s$$

Kai $\sigma = 1$, turime fiksuotų svorių sistemą, kai $\sigma = 0$, gauname DEA modelį be svorių apribojimų (pilnai lanksčių svorių sistema).

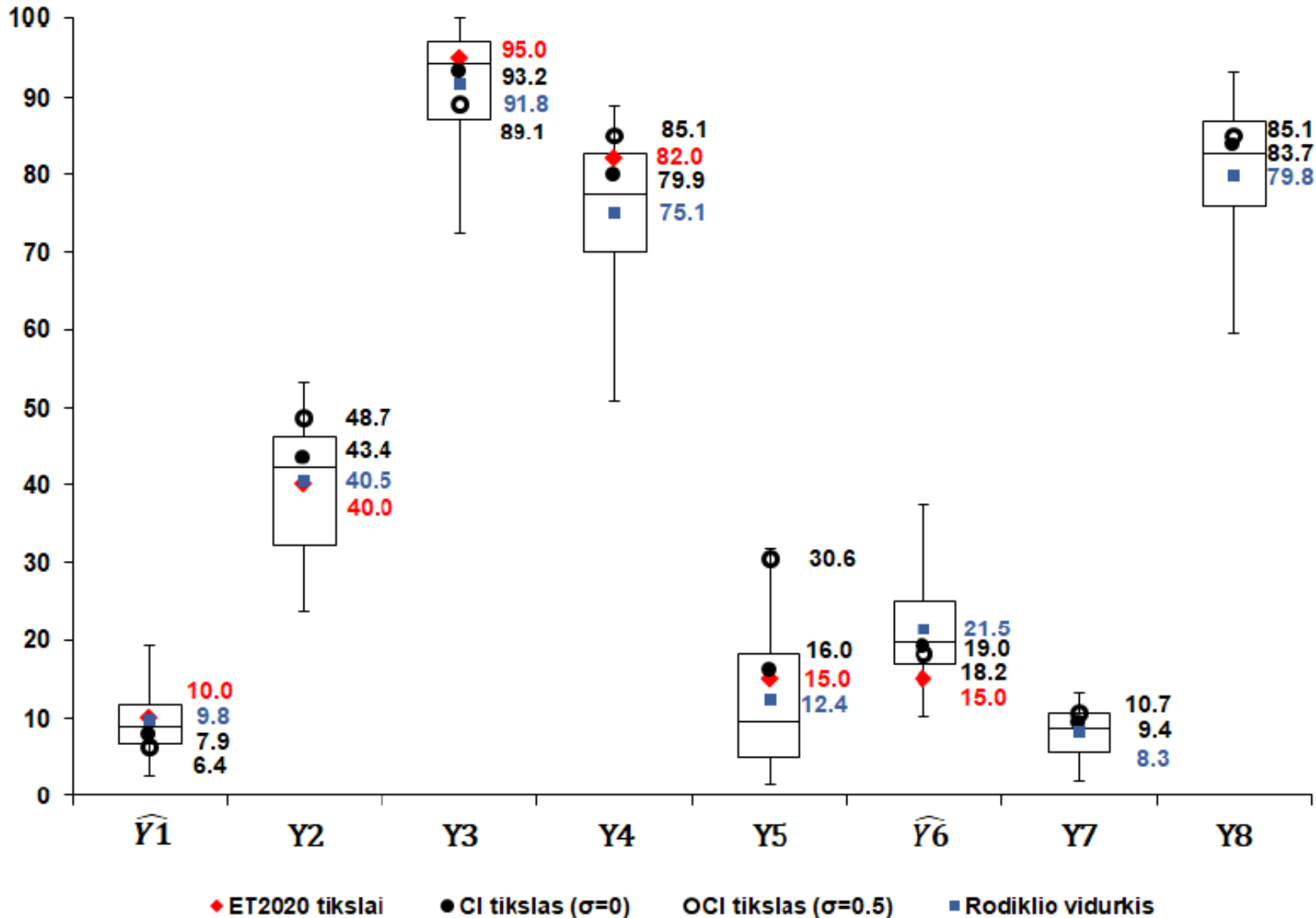
Darbe įrodyta, kad DEA modelio geba diskriminuoti šalis didėja, didėjant σ .

DEA metodo savybės

Atlikus eksperimentinį tyrimą, įrodytos DEA metodo savybės:

- DEA metodas yra labiau bendro pobūdžio nei tradiciniai metodai (SAW), taikant DEA galima įgyvendinti tiek fiksuotų svorių strategiją, tiek lanksčių svorių strategiją.
- Taikant DEA metodą rodiklių agregavimui, galima naudoti skirtingų skalių rodiklius ir išvengti poreikio normalizuoti duomenis, tai palengvina gautų rezultatų interpretavimą.
- Taikant DEA gaunamas santykinis veiklos vertinimo rodiklis, kuriuo remiantis galima interpretuoti sistemos veiklos rezultatų vertinimą.

Papildoma informacija: siektini tikslai Vilnius University



Kai kurių rodiklių ET2020 tikslai yra nustatyti per ne lyg aukšti (Y3, Y5, Y6), o kitų per ne lyg žemi (Y1, Y2).

Tai parodo, kad DEA modelis galėtų būti naudinga priemonė ES strategijai kurti ir siektinų tikslų nustatymui.

Hibridinis PCA-DEA modelis

Vilnius
University

Hibridinis PCA-DEA metodas yra tinkamas švietimo sistemų analizei, esant pakankamai dideliam kiekiui rodiklių ir pakankamai mažam skaičiui vertinamų šalių.

Šalis	2013	2014	2015	Šalis	2013	2014	2015
PRT	0,0	0,0	0,0	FRA	10,7	14,5	13,7
ESP	0,0	0,0	0,0	LUX	3,8	9,4	14,0
GRC	0,0	0,0	0,0	BEL	17,0	17,7	15,6
ISL	0,0	0,0	0,0	POL	29,8	24,2	19,4
NOR	0,0	0,0	0,0	LVA	26,0	28,4	25,7
IRL	0,0	0,0	0,0	AUT	42,3	26,8	28,7
DNK	0,0	0,0	0,0	DEU	26,7	35,4	29,9
CHE	0,0	0,0	0,0	ITA	49,7	40,7	34,3
SWE	4,6	0,0	0,0	HUN	45,0	46,9	45,1
FIN	2,8	0,0	0,0	CZE	54,5	50,0	46,5
EST	11,8	10,6	0,0	HRV	77,5	50,0	53,9
NLD	0,0	9,0	2,4	SVK	73,5	69,0	69,2
GBR	7,4	9,3	4,6	BGR	72,4	68,8	72,4
SVN	31,6	15,4	11,6	ROU	82,8	79,1	79,8
LTU	0,0	0,0	13,1				

1. Atlikus literatūros analizę, nustatyta, kad **tik nedidelė dalis** švietimo sistemų efektyvumo **tyrimų yra atliekama šalies lygmeniu** (kai DMU yra šalis), be to dauguma tyrimų yra orientuoti tik į pradinį, vidurinį ar aukštąjį išsilavinimą, o **ne į visos švietimo sistemos vertinimą**.
2. Nustatyta, kad klasikinio DEA modelio **diskriminacinė galia yra ribota**, sprendžiant švietimo sistemų vertinimo uždavinį, t.y. daugiau nei dviejų trečdalių DMU $CI=1$, todėl siekiant diskriminuoti Pareto optimalius DMU, į klasikinį DEA modelį būtina įtraukti papildomas prielaidas.
3. Taikant DEA modelį su ARI svorių apribojimais ir laisvumo laipsniu $\sigma \in [0;1]$ galima laipsniškai pereiti **nuo fiksuotų svorių sistemos prie lanksčių svorių sistemos**.

4. Kai SAW metodo rezultatus galima pilnai pakeisti DEA metodo rezultatais, sistemų vertinimas ir indekso konstravimas **turėtų būti atliekamas taikant DEA metodą**, tokiu būdu gaunamas ne tik **sistemų reitingavimas**, bet ir **papildoma informacija**, kuri gali būti naudojama sistemos veiklos gerinimui.
5. DEA modelis gali būti **naudinga priemonė ES strategijai kurti ir siektinų tikslų nustatymui**, remiantis esamu ES šalių pasiekimų lygiu.
6. Kaip alternatyva svorių apribojimams DEA modelyje, gali būti taikomas duomenų dimencijos mažinimas, siekianti išlaikyti pakankamą diskriminacinę DEA modelio galią. **Hibridinis PCA-DAA metodas yra tinkamas švietimo sistemų analizei**, esant pakankamai dideliame kiekiui rodiklių ir pakankamai mažam skaičiui vertinamų šalių.