



Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za matematiku i informatiku



Jelena Vračević

Kreiranje indikatora održivog razvoja energije DEA metodom

Master rad

Mentor:

dr. Zorana Lužanin

2020, Novi Sad

Sadržaj

Predgovor	3
1 Kompozitni indikatori	7
1.1 Teorijski okvir	9
1.2 Izbor indikatora	10
1.3 Normalizacija	10
1.4 Težine i agregacija	11
1.5 Vraćanje na detalje	12
1.6 Povezivanje sa drugim promjenljivim	12
1.7 Vizualizacija	13
2 Analiza obavljanja podataka - DEA	14
2.1 Benefit of the Doubt model	16
2.2 Proporcionalno ograničenje podindikatora	19
3 Održiv razvoj	20
3.1 Održiv razvoj energije	21
3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj	23
3.2.1 Diskusija izbora metoda integracije za ekonomske i ekološke faktore	23
3.2.2 Pregled metoda kreiranja kompozitnog indikatora	25
3.2.3 Dvofazna DEA metoda	26
3.2.4 Korištenje Benefit of Doubt metode pri mjerenju energetske efikasnosti i učinka životne sredine	28
3.2.5 Kreiranje finansijskog indeksa sa niskom količinom ugljenika	29
4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije	30
5 Zaključak	50
Dodatak	51
Kod	51
Rezultati	62
Literatura	74
Biografija	76
Ključna dokumentacija	77

Predgovor

Indikatori, a specijalno kompozitni indikatori, su kvantitativna ili kvalitativna mjera dobijena iz niza činjenica koja može otkriti relevantne informacije o entitetu u određenoj oblasti. Kao agregacija pojedinačnih ili individualnih pokazatelja, imaju ulogu mjerenja višedimenzionalnih koncepata koji se ne mogu obuhvatiti jednim pokazateljem. U radu će fokus biti na indikatorima koji mjere održivi razvoj.

Definisanje kompozitnih indikatora je veliki matematički i statistički izazov jer, iako su se kompozitni indiktori pokazali korisnim u uporednoj procjeni performansi entiteta, kao posljedica njihovog lošeg konstruisanja ili intepretiranja mogu se kreirati pojednostavljeni i neprecizni/netačni analitički ili politički zaključci. Postoje različiti pristupi konstrukciji kompozitnih indikatora. Najčešći pristup se sastoji iz dva dela, prvo se dodjeljuje težina svakom individualnom pokazatelju, a zatim se primenjuje agregatna funkcija koja preslikavaju težinske koeficijente i pokazatelje u vrednost kompozitnog indikatora. U ovom radu akcenat će biti stavljan na primjenu metode analize obavljanja podataka (Data Envelopment Analysis - DEA). DEA predstavlja neparametarsku metodu operacionih istraživanja. U osnovi problema se nalazi određivanje težinskih koeficijenata. Prednost DEA se ogleda u činjenici da DEA ne zahtijeva nikakve prethodne pretpostavke o podacima, dok pomenute statističke metode to zahtijevaju.

Zbog izuzetno brzog tehnološkog razvoja, a korišćenjem fosilnih goriva oslobađaju se štetne materije koje dovode do zagađenja životne sredine, pa je neophodno obezbediti održivi razvoj koji predstavlja balans između ekonomskog razvoja, socijalne i ekološke dimenzije. Održivi razvoj je onaj koji zadovoljava potrebe ljudi u sadašnjosti vodeći računa o tome da ne ugrozi one koji će živeti u budućnosti da zadovolje svoje. Nastojanjem za procenom i unapređenjem održivog razvoja na raznim konvencijama, kao i zalaganjem različitih institucija ciljevi održivog razvoja su opisani kroz indikatore. 2005.godine Međunarodna agencija za Atomsku Energiju zajedno sa drugim međunarodnim organizacijama objavila je skup od 30 energetskih indikatora kao vodič za poređenje politika država na nacionalnom nivou.

U radu će biti konstruisan kompozitni indikator – indikator održivog razvoja - koji uključuje energetske indikatore. Kreiranjem takvog indikatora može se porediti ponašanje različitih zemalja u oblasti održivog razvoja energije. U radu će biti sprovedeno poređenje Republike Srbije sa skupom evropskih zemalja. Matematička analiza i algoritam za konstrukciju biće primijenjeni na relevantnim podacima koji obuhvataju i Srbiju. Rad ima četiri ključna dela i to:

- kompozitni indikatori i njihova konstrukcija
- DEA metoda

Predgovor

- održiv razvoj i analiza postojećih načina DEA metode za određivanje kompozitnog indikatora za održiv razvoj
- kreiranje kompozitnog indikatora i diskusija dobijenih podataka u RStuidiu.

* * *

Želim da izrazim neizmjernu zahvalnost svojoj mentorki prof. dr Zorani Lužanin, na strpljenju, pomoći i savjetima prilikom izrade ovog rada, kao i za uloženi trud i svo prenijeto znanje tokom studija.

Takođe, željela bih da se zahvalim i članovima komisije, prof. dr Andreji Tepavčević i prof. dr Sanji Rapajić na sugestijama i uloženom vremenu prilikom izrade master rada.

Posebnu zahvalnost dugujem mojim roditeljima i sestri za podršku koju su mi pružili tokom studija.

SLIKE

Slike

1	Energetski intenzitet od 2016. do 2018.	34
2	Neto zavisnost uvoza energije od 2016. do 2018.	34
3	Procenat obnovljive energije u finalnoj potrošnji 2016. do 2018. .	35
4	Poređenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima	46
5	Poređenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima - 2017 . .	67
6	Poređenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima - 2016 . .	73

TABELE

Tabele

1	Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2018.	33
2	Benefit type podaci	38
3	Težine modela 4.0.1 i njihov indeks za 2018.	38
4	Težine modela 4.0.2 i njihov indeks za 2018.	39
5	Vrijednosti modela 4.0.3 za 2018.	40
6	Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2018.	41
7	Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2018.	41
8	Težine modela 4.0.1 i njihov indeks za Scenario 2 za 2018.	42
9	Težine modela 4.0.2 i njihov indeks za Scenario 2 za 2018.	43
10	Vrijednosti Scenarija 2 za 2018.	44
11	Vrijednosti Scenarija 2 za sve λ za 2018.	44
12	Rang modela sa ograničenjem za sve vrijednosti λ za 2018.	45
13	Korelacija za 2018.	46
14	Spirmanova korelacija za 2018.	47
15	Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2017.	62
16	Benefit type podaci za 2017.	63
17	Vrijednosti modela 4.0.3 za $\lambda = 0,5$ 2017.	63
18	Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2017.	64
19	Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2017.	64
20	Vrijednosti Scenarija 2 za $\lambda = 0,5$ za 2017.	65
21	Vrijednosti Scenarija 2 za sve λ za 2017.	65
22	Rang Scenarija 2 za sve vrijednosti λ za 2017.	66
23	Korelacija za 2017.	66
24	Spirmanova korelacija za 2017.	67
25	Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2016.	68
26	Benefit type podaci za 2016.	69
27	Vrijednosti modela 4.0.3 za 2016.	69
28	Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2016.	70
29	Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2016.	70
30	Vrijednosti Scenarija 2 za $\lambda = 0,5$ za 2016	71
31	Vrijednosti scenarija 2 za sve λ za 2016.	71
32	Rang Scenarija 2 za sve vrijednosti λ za 2016.	72
33	Korelacija za 2016.	72
34	Spirmanova korelacija za 2016.	73

1 Kompozitni indikatori

Indikator je kvantitativna ili kvalitativna mjera nastala iz serije činjenica koje mogu otkriti relativne informacije u nekoj oblasti. Oni mogu ukazati na pravac promjene posmatrane oblasti kroz vremenski period. Korisni su za identifikovanje trendova i privlačenja pažnje na određene oblasti. Takođe mogu biti korisni u postavljanju prioriteta određene politike kao i u praćenju napretka.

U poslednje vrijeme, značajan alat u analizi politike i komunikaciji sa javnosti predstavljaju kompozitni indikatori. Oni služe za međusobno poređenje oblasti, tj. mogu se primijeniti u mjerenju učinka zemalja. Obezbeđuju jednostavno poređenje zemalja kako bi se uporedili kompleksni problemi u raznim oblastima, kao što su životna sredina, ekonomija, društvo ili tehnološki napredak.

Nekada je javnosti lakše da razumije kompozitne indikatore od trendova više različitih indikatora. Isto tako su se pokazali i kao dobra ocjena napretka zemlje, tj. u kojem pravcu se kreće politika koja je posmatrana. [4]

Kompozitni indikatori mogu poslati varljivu poruku javnosti ako su loše konstruisani ili pogrešno tumačeni. Trebaju se posmatrati kao sredstvo za pokretanje diskusije i poboljšanja javnog interesa. Njihova relevantnost trebala bi se ocijeniti u odnosu na jedinice koje čine kompozitni indeks.

Kompozitni indeks je formiran kada se pojedinačni indikatori združuju u jedinstven indeks na osnovu baznog modela. Oni bi trebali mjeriti višedimenzionalan koncept koji se ne može uhvatiti pojedinačnim indikatorom, npr. konkurentnost, industrijalizacija, održivost, itd...

Korištenje kompozitnih indikatora ima svojih prednosti i mana koje ćemo navesti.

Prednosti:

- Mogu sažeti kompleksne, višedimenzionalne indikatore kao podršku donošenju odluka;
- Jednostavniji su za interpretaciju od više pojedinačnih indikatora;
- Mogu pratiti napredak zemlje tokom vremena;
- Olakšava komunikaciju sa javnosti (građanima, medijima, itd.) i promoviše odgovornost;
- Omogućava korisnicima efikasno upoređivanje složenih dimenzija.

Nedostaci:

- Mogu poslati pogrešnu poruku javnosti ako su loše konstruisani ili pogrešno tumačeni;

1 Kompozitni indikatori

- Mogu dovesti do pojednostavljenih zaključaka politike;
- Mogu biti zloupotrijebljeni da bi podržali željenu politiku, ako proces kreiranja nije transparentan;
- Odabir indikatora i težina mogao bi biti predmet neslaganja;
- Može prikriti ozbiljne nedostatke u nekim dimenzijama i povećati poteškoće u prepoznavanju ispravnih korektivnih radnji, ako proces izgradnje nije transparentan;
- Može dovesti do neprikladnih politika ako se zanemaruju dimenzije performansi koje je teško izmjeriti.

Kompozitni indikatori su poput matematičkog modela. Za njih ne postoje naučna pravila koja su univerzalno prihvaćena već se njihovo konstruisanje oslanja na iskustvo kreatora. Zbog rastućeg broja istraživanja na temu kompozitnih indikatora i različitih metodologija, OECD je u saradnji sa JRC objavio priručnik za kreiranje kompozitnih indikatora. Priručnik je objavljen s ciljem da bi se kreatorima kompozitnih indikatora predložilo kako kreirati, razviti i posmatrati kompozitni indikator. Metodologija bi trebala biti transparentna kako bi se izbjegla manipulacija podataka i njihovo pogrešno interpretiranje. Kvalitet kompozitnog indikatora kao i njihovo tumačenje zavisi kako od metodologije tako i od podataka. Kreatori kompozitnih indikatora trebaju se suočavati sa skepticizmom od strane statističara i ekonomista. Ovaj skepticizam se može pronaći zbog manjka transparentnosti nekih postojećih indikatora.

U konstruisanju kompozitnog indikatora posmatraju se sledeći koraci:

1. Teorijski okvir. Teorijski okvir bi se trebao razviti tako da predstavlja jasan pokazatelj šta se mjeri, koje su podgrupe na osnovu kojih se mjeri i definisati kako su podgrupe izabrane.
2. Izbor podataka. Indikatori bi trebali biti izabrani na osnovu dostupnosti podataka, mjerljivosti, pokrivenosti države kao i značaj fenomena koji se mjeri.
3. Imputacija nedostajućih podataka. Za isključivanje nedostajućih vrijednosti trebali bi se uzeti u obzir razni različiti pristupi. Nedostajući podaci imaju više obrazaca ponašanja.
4. Multivarijantna analiza. Trebala bi istražiti ukupnu strukturu indikatora, procijeniti prikladnost skupa podataka i objasniti metodologiju izbora.

1.1 Teorijski okvir

5. Normalizacija. Indikatori se trebaju normalizovati da bi se mogli uporediti. Često indikatori u skupu podataka imaju različite mjerne jedinice. Normalizacijom indikatora stvara se mogućnost njihovog grupisanja.
6. Dodjeljivanje težinskih koeficijenata i agregacija. Način dodjeljivanja težina može da odredi rangiranje kompozitnih indikatora.
7. Robustnost i osjetljivost. Analiza bi se trebala raditi kako bi se procijenila robustnost kompozitnih indikatora, npr, mehanizmi za uključivanje ili isključivanje opštih indikatora, šema normalizacije, imputacija nedostajućih podataka, izbor težine i agregacioni metod.
8. Osvrt na podatke otkriva glavne pokretače za opšte dobre ili loše performanse
9. Veze sa drugim pokazateljima - trebalo bi da se poveže sa postojećim indikatorima i da se identifikuju veze putem regresije.
10. Vizuelizacija rezultata može poboljšati ili uticati na interpretaciju indeksa.

Kreatori kompozitnih indikatora se suočavaju sa dozom sumnje od strane statističara, ekonomista i drugih korisnika. Ove sumnje se rađaju zbog nedostatka transparentnosti već postojećih indikatora. Zbog ovoga se preporučuje da se pripremi relevantna dokumentacija na kraju svake faze.

Uvešćemo sledeće oznake:

$I_{i,j}$: vrijednost indikatora i za zemlju j , gdje je $i=1,\dots,m$, $j=1,\dots,n$.

$\omega_{i,j}$: težina dodijeljena indikatoru i za zemlju j .

KI_i : vrijednost kompozitnog indikatora za zemlju j .

1.1 Teorijski okvir

Dobro definisan teorijski okvir je polazna tačka u konstruisanju kompozitnog indikatora. Potrebno je jasno definisati fenomen koji se mjeri i komponente od kojih će se sastojati, odabirajući pojedinačne indikatore i težine koji odražavaju njihov relativni uticaj i dimenzije ukupnog indikatora. Transparentnost je ključna u kreiranju, gdje bi trebali biti transparentni povodom sledećeg:

Definisanje koncepta. Definicija treba jasno dati do znanja šta se mjeri kompozitnim indikatorom. Treba se odnositi na teorijski okvir, povezujući razne podgrupe i indikatore na kojima su zasnovani. Pojedine koncepte je teško definisati i mjeriti precizno.

1.2 Izbor indikatora

Određivanje podgrupa. Višedimenzionalni koncept može se podijeliti u više podgrupa. Ove podgrupe ne moraju biti (statistički) nezavisne jedna od druge i postojeća veza bi se opisala teoretski ili empirijski što je više moguće.

Identifikovati kriterijerum za izabrane indikatore. Kriterijum odabira trebao bi poslužiti kao vodič da li bi indikator trebao biti uključen ili ne u ukupan kompozitni indeks. Trebao bi biti što precizniji i opisivati pojavu koja se mjeri, kao na primjer ulaz, izlaz ili proces.

1.2 Izbor indikatora

Vrline i mane kompozitnog indikatora dolaze od kvaliteta izbora indikatora od kojih se kreira. Idealno, promjenljive bi trebale biti izabrane na osnovu relevantnosti, blagovremenosti, pristupačnosti. Manjak relevantnih podataka može ograničiti kreatora u izgradnji dobrog kompozitnog indikatora. Ukoliko je tražena mjera nedostupna, može se koristiti nezavisna mjera koja je blisko povezana sa željenim rezultatom. Tačnost mjera koje biramo kao zamjenu treba da se provjeri korelacijom i osjetljivošću podataka. Treba se obratiti pažnja da li je indikator povezan sa BDP ili sa nekim drugim faktorom koji se odnosi na veličinu. Kako bi imali objektivno poređenje između velikih i malih zemalja, skaliranje promjenljivih odgovarajućom veličinom, kao npr, populacija, prinosi, obim trgovine i naseljeno zemljište, itd je potrebno. Na kraju, odabrane promjenljive ulaz, izlaz ili proces indikatori moraju odgovarati definiciji namijenjenog kompozitnog indikatora.

Kvalitet i preciznost kompozitnog indikatora trebali bi se razvijati paralelno sa poboljšanjima u kolekciji podataka i razvoju indikatora. Trenutan trend konstruisanja kompozitnog indikatora napretka zemlje zasnovan na temama koje su trenutno popularne mogu dovesti do podsticaja za poboljšanje kolekcije podataka, identifikovanje novih izvora i poboljšanje nacionalnog poređenja statistika. S druge strane loši podaci će proizvesti loše rezultate. Koji god kompromisi se napravili prilikom konstruisanja treba da budu transparentni.

1.3 Normalizacija

Kada posmatramo indikatore u skupu podataka sa različitim mjernim jedinicama možemo primjetiti da ih je teško mjeriti jedne sa drugima. Iz tog razloga, prije agregacije koristimo normalizaciju kako bi posmatrane indikatore doveli na istu mjernu jedinicu

Odabir odgovarajuće metode za normalizaciju nije nimalo lak. Treba se uzeti u obzir kakvi podaci se koriste, da li se ponašanje treba nagraditi/kazniti, da li su informacije na apsolutnom nivou značajne, da li je potrebno poređenje između posmatranih zemalja.

Najčešće korišteni metodi normalizacije podataka su:

1.4 Težine i agregacija

1. **Rangiranje.** Ovo je najjednostavniji proces normalizacije. Ovaj metod nije pogodan autlajerima i dozvoljava da učinak zemalja bude praćen vremenom.
2. **Standardizacija (Z-ocena).** Pretvara indikatore u zajedničku skalu sa sredinom 0 i devijacijom 1. Indikatori sa ekstremnim vrijednostima imaju veći efekat na kompozitni indikator. Ovo nije poželjno ako je namjera nagraditi izvanredno ponašanje, tj. ako se smatra da je izuzetno dobar rezultat na nekoliko pokazatelja bolji od mnogih prosečnih ocena. Ovaj efekat može se poboljšati agregacijom tako što će se isključiti najbolji i najgori pojedinačni indikatori iz kompozitnog indikatora ili dodijeliti različite težine zasnovane na preferencijama pojedinačne ocene indikatora.
3. **Min-Max.** Ova metoda dodjeljuje indikatorima identičan rang $[0,1]$ oduzimajući minimalnu vrijednost i dijeleći rangom vrijednosti indikatora. Ekstremne vrijednosti ili autlajeri mogu poremetiti transformisan indikator. S druge strane Min-Max normalizacija može proširiti rang indikatora u okviru malog intervala, povećavajući efekat na kompozitni indikator više od Z-ocene.

$$\frac{I_i - \min I_i}{\max I_i - \min I_i} \quad (1.3.1)$$

za $i = 1, 2, \dots, m$ Ovdje je transformacija zasnovana na intervalu radije nego na standardnoj devijaciji.

1.4 Težine i agregacija

Odabir težina predstavlja značajan dio pri kreiranju kompozitnih indikatora i rangiranja zemalja. Težine se mogu dobiti na više načina. Od statističkih modela, kao što su faktorska analiza i analiza obavljanja podataka, ili iz participativnih metoda kao proces preraspodjele budžeta, analitički hijerarhijski proces, i zajednička analiza. Bez obzira koji metod se koristi, težine predstavljaju vrijednost procjene. Dok neki analitičari mogu izabrati težine zasnovane na statističkim metodama, ostali mogu nagraditi (ili kazniti) komponente koje se smatraju više (ili manje) uticajnim, zavisno od mišljenja eksperata, kako bi se bolje odrazili prioriteta politike ili teorijski faktori.

Većina kompozitnih indikatora se zasniva na jednakim težinama, tj. indikatorima je data jednaka težina. Iz ovog slijedi da svi indikatori isto vrijede u kompozitnom indikatoru, ali isto tako može zamaskirati odsustvo statističkih ili empirijskih baza.

1.5 Vraćanje na detalje

Težine mogu biti odabrane da odražavaju statistički kvalitet podataka. Veće vrijednosti mogu se dodijeliti statistički relevantnijim podacima sa većom pokrivenošću.

Metodi agregacije se isto razlikuju. Dok je linearan metod agregacije koristan kada svi pojedinačni indikatori imaju istu jedinicu mjere, obezbjeđujući da su matematičke osobine zadovoljene. Geometrijske agregacije su pogodnije ako model želi stepen nenadoknadivosti između pojedinih indikatora ili dimenzija. Linearna agregacija nagrađuje bazne indikatore proporcionalno težinama, dok geometrijska agregacija nagrađuje one zemlje sa većim ocjenama.

Metod linearne agregacije je koristan kada svi podindikatori imaju istu mjernu jedinicu i dalja dvosmislenost zbog efekta skaliranja je neutralizovana. U obe agregacije težine izražavaju razmjenu (trade-offs) među indikatorima. Ideja je da deficit u jednoj dimenziji može se nadoknaditi viškom u drugoj. Sa linearnom agregacijom nadoknadivost je konstantna dok je kod geometrijske agregacije nadoknadivost manja kada kompozitni indikatori sadrže niže vrednosti. U terminima politike ako je nadoknadivost prisutna (kao kod ekonomskih indikatora) zemlja sa manjom vrijednošću za pojedinačan indikator trebaće veću vrednost na ostalim indikatorima kako bi popravili situaciju ako je agregacija geometrijska. Zemlja bi trebala biti više zainteresovana u razvijanju onih sektora, aktivnosti, alternativa sa manjom ocenom u cilju da poboljša svoj rang ukoliko je njegova agregacija geometrijska. Kada je agregacija linearna, zemlja ima interes za svoju najbolju dimenziju učinka. Kada su različiti ciljevi legitimni i važni, onda nenadoknativa logika može biti neophodna. Ovo je slučaj kada se različite dimenzije posmatraju, kao što je slučaj sa indeksima životne sredine, gdje fizičke, socijalne i ekonomske kulture mogu niti posmatrane. Ako analitičar odluči da rast ekonomskog učinka ne može da se nadoknadi gubitkom u socijalnoj koheziji ili pogoršanju održivosti zaštite životne sredine, onda ni linearna ni geometrijska agregacija nisu odgovarajuće.

1.5 Vraćanje na detalje

Kompozitni indikatori obezbjeđuju početnu tačku za analizu. Dok mogu biti korišteni kao zbir indikatora za vođenje politike i podataka, isto mogu rastaviti tako da doprinos podkomponenti i pojedinačnih indikatora može da se identifikuje i da se produži analiza učinka zemlje.

1.6 Povezivanje sa drugim promjenljivim

Kompozitni indikatori često mjere koncept koji je povezan sa dobro poznatim i mjerljivim fenomenima, kao što su npr. rast produktivnosti, ulazak novih firmi. Ove veze se mogu koristiti da bi se testiralo objašnjenje kompozitnih indikatora.

1.7 Vizualizacija

Analiza korelacije ne treba da se miješa sa analizom uzročnosti. Korelacija ukazuje da varijacije u 2 skupa podataka su slični. Promjena u indikatoru ne mora nužno voditi do promjene u kompozitnom indikatoru i suprotno.

1.7 Vizualizacija

Kompozitni indikatori moraju biti u mogućnosti da donosiocima odluka i ostalim korisnicima objasne priču brzo i precizno. Treba se odlučiti šta je najbolje koristiti za grafičko prikazivanje, bar charts, line chart i slično. Da li uključiti tabelu, grafik ili oboje. U svim situacijama grafici treba da se kreiraju pažljivo zbog razumijevanja a i estetike. Isto tako, u svim situacijama moramo imati riječi, brojeve i grafike zajedno (pogledati Trufte, 2001).

Tabelarni prikaz je najjednostavniji oblik prezentacije, u kojoj je kompozitni indikator prikazan za svaku zemlju kao tabela vrijednosti. Obično su zemlje prikazane u opadajućem rangu. Rang se može koristiti kako bi se pratile promjene u napretku zemalja.

2 Analiza obavijanja podataka - DEA

Analiza obavijanja podataka – DEA model se prvi put pojavljuje u literaturi 1978.godine. Razmatrano je mjerenje razvoja efikasnosti donošenja odluka koje bi se koristile u ocjenjivanju javnih programa, tj. kolekcije jedinica za odlučivanje (decision making units – DMU) sa zajedničkim ulazima i izlazima. U originalnom članku, Charnes (1978) opisuje DEA kao model matematičkog programiranja primijenjeno na podatke koji se posmatraju a obezbjeđuju novi način dobijanja empirijskih procjena odnosa - kao što su proizvodne funkcije i / ili efikasne površine za proizvodnju - koje su kamen temeljac moderne ekonomije. Tvorcima DEA metode (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978) su pretpostavili da pri oceni efikasnosti jedinica, treba da se uzme u obzir koji su to ulazi i izlazi koje treba posmatrati.

U ekonomiji efikasnost se predstavlja ostvarivanjem što većih izlaza uz što manje ulaze, a mjeri se kao odnos izlaza i ulaza:

$$Efikasnost = \frac{izlaz}{ulaz}$$

Kod mjerenja efikasnosti u realnim sistemima, često se posmatraju jedinice koje koriste više različitih ulaza za proizvodnju više različitih izlaza.

Ovaj metod zahtjeva veoma malo pretpostavki pa je DEA pogodna za korišćenje u slučajevima kada drugi pristupi nisu mogući za korišćenje.

Na osnovu podataka o ulazima i izlazima, DEA metoda odlučuje da li je neka jedinica o kojoj se odlučuje efikasna ili nije u odnosu na preostale jedinice uključene u analizu, tj. da li se nalazi na granici efikasnosti. Predložena mjera efikasnosti bilo koje jedinice za donošenje odluka je maksimalna vrijednost odnosa težinskih koeficijenata izlaza i težinskih koeficijenata ulaza sa uslovom da slični odnosi za svaku DMU budu manji ili jednaki od jedinice. Neka je

x_{ij} posmatrani iznos ulaza i -te vrste za $DMU_j(x_{ij} > 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$,

y_{rj} posmatrani iznos izlaza r -te vrste za $DMU_j(y_{rj} > 0, r = 1, 2, \dots, s, j = 1, 2, \dots, n)$

onda možemo zapisati

$$max h_0(u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}} \quad (2.0.1)$$

sa uslovom

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2.0.2)$$

2 Analiza obavljanja podataka - DEA

za $j = 1, \dots, n$, $u_r, v_i \geq 0$ za sve i i r ,

gdje su u_r, v_i težinski koeficijenti promjenljivih koji se dobijaju rješavanjem ovog problema. Efikasnost jednog člana skupa $j=1, \dots, n$ se procjenjuje u odnosu na ostale članove. Ovaj model predstavlja izlazni orjentisani model koji ispituje da li je sa datim ulazom moguće proizvoditi veću količinu izlaza (obaviti odozgo) uzimajući u obzir vrijednosti izlaza preostalih jedinica. On se smatra originalnim modelom DEA metode koji je poznatiji kao CCR model na osnovu inicijala autora (Charnes, Cooper, Rhodes)

Osnovni DEA modeli su kreirani sa pretpostavkom da težinski koeficijenti predstavljaju važnost svakog ulaza i izlaza koje jedinica odlučivanja bira slobodno, tako da se njena efikasnost maksimizira.

CCR model osim ulazno orjentisanog problema ima i suprotan ulazno orjentisani problem.

$$\min h_0(u, v) = \frac{\sum_i v_i x_{i0}}{\sum_r u_r y_{r0}} \quad (2.0.3)$$

sa uslovom

$$\frac{\sum_i v_i x_{ij}}{\sum_r u_r y_{rj}} \geq 1 \quad (2.0.4)$$

za $j = 1, \dots, n$, $u_r, v_i \geq 0$ za sve i i r

Ispituje se da li je za svaku DMU moguće dostići postojeći izlaz sa manjim ulazom (obaviti odozdo) upoređujući njihove vrijednosti sa vrijednostima za ostale jedinice u posmatranom skupu.

Granica efikasnosti predstavlja empirijski dobijen maksimum izlaza koji svaka DMU može dostići korišćenjem postojećih ulaza i ponaša se kao obvojnica (envelope) za neefikasne jedinice. Tokom analize, funkcija formira obvojnica. Odatle potiče i naziv metode - Analiza obavljanja podataka. Ako se jedinica ne nalazi na obvojnici tj. granici efikasnosti, smatra se da je ona relativno neefikasna, u suprotnom je efikasna. Posmatrani problemi se svode na probleme linearnog programiranja što predstavlja jedan od najpoznatij DEA modela a to je CCR model.

Za svaku DMU_j se rešava problem linearnog programiranja. Više informacija o linearnom programiranju čitalac može pronaći u publikaciji [17].

Prelazak na linearno programiranje nam obezbjeđuje vezu sa ekonomijom. Problem se interpretira kao cilj da se maksimizuje virtualni izlaz u odnosu na jedinicu virtualnog ulaza dok se zadovoljava uslov da virtualni izlaz ne može premašiti virtualni ulaz za bilo koju DMU. To znači da se mora zadovoljiti uslov Pareto-Kopman optimalnosti.

2.1 Benefit of the Doubt model

Definicija 1. (Efikasnost - Proširena Pareto-Kopmanova definicija). Potpuna (100%) efikasnost postiže se bilo kojom DMU ako i samo ako nijedan od ulaza ili izlaza ne može da se poboljša bez pogoršavanja nekog od ostalih ulaza ili izlaza. [5]

2.1 Benefit of the Doubt model

Najvažnije pitanje u DEA literaturi je kako se može mjeriti efikasnost svakog entiteta, posmatrajući ulazne i izlazne vrijednosti u uzorku sličnih entiteta.

Poslednje dvije decenije primjena DEA metode je značajno porasla. U njoj primjeni mogu se naći i procjene produktivnosti makroekonomije zemalja, kao i razne primjene za konstrukciju kompozitnih indikatora. Jedna od najpoznatijih metoda u DEA metodologiji je Benefit of the Doubt.

Jedna od glavnih DEA osobina je da se težine mogu dobiti na osnovu podataka. Konkretno, srž ideje je da dobar relativni učinak zemalja u jednoj određenoj dimenziji podindikatora ukazuje da ova zemlja smatra da je dotična dimenzija politike relativno važna. Ili, suprotno, da država tim dimenzijama pridaje manje značaja gdje predstavlja slabiji performans u odnosu na druge zemlje u cjelini.

Određivanje težina Benefit of the Doubt metodom je povezana sa idejom da čak i pod fleksibilnim težinama zemlja može biti bolja u odnosu na druge zemlje u uzorku. Zbog fleksibilne prirode težina one se mogu prilagoditi mjernim jedinicama tako da se problem za normalizaciju kompozitnih indikatora može zaobići. [16]

Radi lakšeg razumijevanja objasnićemo Benefit of the Doubt (BOD) korak po korak.

Prvi korak za BOD je upoređivanje zemlje u odnosu na druge zemlje iz uzorka što predstavlja svrhu kompozitnih indikatora. Kompozitni indeks zemlje nije dat kao zbir težina indikatora već kao odnos sume u odnosu na sumu benchmark podindikatora y_i^B . Kod kompozitnih indikatora 100% podrazumijeva globalni učinak što je slično benchmark vrijednosti. Vrijednost manja (veća) od 1 predstavlja lošiji (bolji) učinak. [16]

1. korak: Ideja benchmarka

$$KI_i = \frac{\text{stvaran ukupan učinak}}{\text{ukupan benchmark učinak}} = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j}}{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_j^B} \quad (2.1.1)$$

Sledeći korak je identifikovanje referentnih (benchmark) performansi. Vrijednost kompozitnog indikatora će se porediti sa zemljama iz postojećeg uzorka. Djelilac predstavlja problem optimizacije za maksimalni performans. Referentni performans je isto endogen, tj. vrijednosti njegovih težina pa tako i vrijednost

2.1 Benefit of the Doubt model

kompozitnog indikatora se dobijaju na osnovu modela i posmatranih podataka. Može se razlikovati od jedne zemlje koja se procjenjuje sa drugom. Ako se država ponaša kao svoja referentna vrijednost (to jest, ako za ovo nije pronađen bolji performans za drugu zemlju), tada smo zapravo dobili maksimalnu vrijednost kompozitnog indikatora.

2. korak: Odabir referentnih zemalja

$$KI_i = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j}}{\max_{I_{k,j} \in \{\text{posmatranezemlje}\}} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j}} \quad (2.1.2)$$

Sledeći korak predstavlja specifikaciju odgovarajućih težina. Ovdje se pojavljuje BOD. Rešava se problem težina za svaku državu posebno. Težine su svakom podindikatoru dodijeljene endogeno. Kako težine podindikatora nisu poznate, pretpostavlja se da se na osnovu dobijenih težina mogu zaključiti njihove bolje i lošije strane. To podrazumijeva da analitičar traži specifične težine za zemlju kako bi vrijednost kompozitnog indikatora bila što je moguće veća. Dobijamo dodatnu maksimalnu operaciju. Sledeći problem se treba riješiti odvojeno za svaku zemlju.

3. Korak: Odabir težina za zemlje pomoću BOD

$$KI_i = \max_{\omega_{i,j}} \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j}}{\max_{I_{k,j} \in \{\text{posmatranezemlje}\}} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j}} \quad (2.1.3)$$

Ova metoda bira težine koje maksimizuju kompozitni indikator za svaku posmatranu zemlju. Izbor bilo kojih drugih težina od onih koji se nalaze u formuli 2.1.3 bi pogoršalo položaj posmatrane zemlje u odnosu na druge zemlje.

Uz 2.1.3 dodana su još dva uslova. Prvo je ograničenje normalizacije, čime nijedna druga zemlja u posmatranom skupu nema vrijednost kompozitnog indikatora veću od 1. Drugi uslov je nenegativnost težina. Dakle ukupna vrijednost kompozitnog indikatora je takođe ograničena, $0 \leq KI_i \leq 1$, gdje veća vrijednost predstavlja bolji performans.

$$KI_i = \max_{\omega_{i,j}} \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j}}{\max_{I_{j,j} \in \{\text{posmatranezemlje}\}} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j}} \quad (2.1.4)$$

$$\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j} \leq 1$$

$$\omega_{i,j} \geq 0 \quad (2.1.5)$$

Kao što se osnovni DEA model nelinearnog programiranja može pretvoriti u linearan problem pomoću razlomljenog programiranja, tako i 2.1.3 može da se

2.1 Benefit of the Doubt model

pretvori u problem linearnog programiranja. Optimizacioni problemi u kojima je funkcija cilja data kao razlomak dvije funkcije zovu se razlomljeni optimizacioni programi.

$$\begin{aligned} KI_i &= \max_{\omega_{i,j}} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j} \\ \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j} &\leq 1 \\ \omega_{i,j} &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

Model 2.1.6 je sličan originalnom CCR DEA modelu. Najvažnija razlika između originalnog DEA modela i BOD modela prilikom konstruisanja kompozitnog indikatora da BOD samo posmatra performanse bez uzimanja u obzir ulaznu stranu dok originalan DEA model gleda kako ulaz utiče na performans.

Kako je model 2.1.6 sličan CCR modelu gdje se traže maksimalne vrijednosti izlaza, tako je i model 2.1.7 sličan CCR modelu koji traži minimalne vrijednosti ulaza. U modelu 2.1.7 želimo da nađemo najmanje težine za najlošiji učinak.

$$\begin{aligned} KI_i &= \min_{\omega_{i,j}} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{i,j} \\ \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} I_{k,j} &\geq 1 \\ \omega_{i,j} &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.1.7)$$

Jedna od najvažnijih karakteristika DEA metode kao i BOD modela je jedinična invarijantnost, tj. vrijednost kompozitnog indikatora je nezavisna od mjernih jedinica podindikatora. Za dokaz može se pogledati Cooper, 2000, str. 39. Težine su endogene što podrazumijeva fleksibilnost, a to će zauzvrat dovesti do prilagođavanja težine na merne jedinice.

Normalizacija je u stvari suvišna za podindikatore koji se mjere racionalnom skalom (cijene, procenti, itd.), čak i ako se mjerne jedinice razlikuju između podindikatora.

Kako su težine fleksibilne, to dovodi do mogućnosti da se nekoj težini dodijeli vrijednost nula. Zemlja može imati izvanredan performans iako svi podindikatora nisu posmatrani, što znači da pojedini podindikatora ne doprinose kompozitnoj vrijednosti.

Da bi se izbjegle težine sa vrijednošću nula, u DEA modelu postoji mogućnost dodatnih ograničenja za težine.

2.2 Proporcionalno ograničenje podindikatora

Za svaku zemlju k j -ti dio jednak je $\omega_{k,j}I_{k,j}$, što je definisano kao proizvod originalne vrijednosti podindikatora $I_{k,j}$ i odgovarajuće težine $\omega_{k,j}$. Invarijantna jedinica podindikatora nam daje mogućnost da ograničimo težine originalnih vrijednosti podindikatora a da ne moramo da ih normalizujemo.

2.2 Proporcionalno ograničenje podindikatora

Wong i Beasley (1990) su predložili sledeći tip restrikcije kako bi analitičari kvantifikovali svoje mišljenje u procentnim vrijednostima.

$$\alpha_i \leq \frac{\omega_{ij}I_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}I_{ij}} \leq \beta_i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2.1)$$

Konstrukcija kompozitnog indikatora KI_i je i dalje invarijantna mjernim jedinicama. Ovo ograničenje može biti zanimljivo jer eksperti često uzimaju pristup raspodjele budžeta, gdje raspodjeljuju 100 bodova kroz razne dimenzije da bi naglasili bitnost. Onda je težine veoma lako uvrstiti jer predstavljaju raspodjelu budžeta u model 2.1.6.

3 Održiv razvoj

Održiv razvoj je razvoj koji ispunjava potrebe sadašnje generacije bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da ispuni svoje potrebe. Iako održiv razvoj nema uopštenu definiciju, ovo predstavlja najčešće citiranu definiciju održivog razvoja koja se nalazi u izvještaju koji je pripremila Svjetska Komisija Ujedinjenih Nacija za životnu sredinu i razvoj (WCED), a poznatiji je kao Brundtland-ov izvještaj (1987). Brundtland-ova definicija predstavlja polaznu tačku za mjerenje održivog razvoja.

Koncept održive energije nameće ograničenja, ne potpuna, već ograničenja nametnuta sadašnjim stanjem tehnologije i socijalnog udjela povodom resursa životne sredine i stanjem biosfere prilikom efekata ljudske aktivnosti. Povodom toga tehnologija i socijalni aspekt mogu se prilagoditi da bi se poboljšala sredina u budućnosti.

Prilikom ekonomskog rasta trebaju se zadovoljiti osnovne potrebe onih koji su siromašni, ali i sigurnost da dobijaju odgovarajući dio resursa potrebnog za održavanje tog rasta.

Održivi globalni razvoj zahtijeva da oni koji su imućniji usvoje životne stilove u okviru ekoloških sredstava planete - na primjer u njihovoj upotrebi energije. Stanovništvo koje brzo raste može povećati pritisak na resurse i usporiti svaki rast životnih standarda; stoga se održivim razvojem može težiti samo ako se broj i rast stanovništva poveća u skladu sa promjenljivim proizvodnim potencijalom ekosistema. Održivi razvoj predstavlja proces promjene u kome se iskorišćavanje resursa, smjer investicija, usmjerenost tehnološkog razvoja i institucionalne promjene u skladu sa budućim kao i sadašnjim potrebama. Ekonomski rast uvijek dovodi do rizika za ugrožavanje životne sredine. [12]

Indikatori održivog razvoja se mogu posmatrati kao alat za upravljanje koji pomaže u implementiranju i praćenju strategija za postizanje ciljeva održivog razvoja, kao i da bi se pratio napredak. Pored toga, indikator predstavlja izvještaj koji mjeri napredak u odnosu na postizanje cilja i obezbjeđuje odgovornost vlade kao i ostalima korisnicima indikatora. Korisnike indikatora predstavljaju svi koji nisu kreirali posmatrani indikator a koriste ga u svom radu radi procjene ili opisivanja određenih oblasti.

U septembru 2000. godine, lideri 189 zemlje su se okupili u sjedištu Ujedinjenih Nacija i potpisali Milenijumsku Deklaraciju u kojoj su se obavezali za postizanje skupa od 8 ciljeva do 2015.godine. 8 ciljeva je bilo realistično i lako iskomunicirano sa jasnim mehanizmom za praćenje i mjerenje. Iako je bilo napretka povodom ciljeva, oni se nisu kretali ravnomjerno. Kako su Milenijumski ciljevi isticili 2015. godine, pokrenula se diskusija o agendi nakon 2015. Fokus je prešao na kreiranje održivog svijeta gdje se zaštita okoline, socijalna inkluzija i ekonomski razvoj jednako vrednuju.

3.1 Održiv razvoj energije

U Riu de Ženeiru je juna 2012. godine održana konferencija Ujedinjenih Nacija o održivom razvoju gdje se kreirao novi skup ciljeva održivog razvoja koji će nastaviti kada Milenijumski ciljevi prestanu da važe. Ciljevi održivog razvoja su donešeni da bi se postigla ekonomska, socijalna i ekološka održivost koje su međusobno zavisne i ciljevi treba da naglase ujedinjen pristup koji je zasnovan na sinergiji i održivosti. [13]

3.1 Održiv razvoj energije

Jedan od ciljeva održivog razvoja je cilj 7 koji se zalaže za obezbjeđivanje pristupa pristupačnoj, pouzdanoj, održivoj i modernoj energiji za sve.

Sigurna i održiva energija je neophodna za održiv razvoj. Industrijalizacija, razvoj poljoprivrede i rast broja stanovništva utiče na to da će biti potrebno više energije. Prijetnje globalnim zagrijavanjem dovode do potrebe da se smanji upotreba energije od sadašnjih mješavina primarnih izvora. Nova era ekonomskog rasta treba biti manje energetske intenzivna od prošlosti. Strategije energetske efikasnosti treba kritički da se posmatraju zbog održivog razvoja, i tu postoji mnogo toga za unapređenje. Rešenja za energetske efikasnosti su pretežno sa efektom troška, tj. postoji potreba za većim ulaganjem kako bi se obezbijedila bolja energetska efikasnost. Nuklearna energija je širom rasprostranjena. Postoje kako pozitivne tako i negativne strane. Najveći prioritet treba dati istraživanju i razvoju u oblasti zaštite životne sredine i ekološki prihvatljive alternative, kao i na načine za povećanje bezbednosti nuklearne energije. [12]

Veći dio trenutnog snabdijevanja i korišćenja energije zasnovan je na ograničenim resursima fosilnih goriva, što se smatra ekološki neodrživim. Ne postoji proizvodnja energije ili konverzija tehnologije bez rizika ili bez otpada. Negde u energetske lancu - od vađenja resursa do pružanja energetske usluge - zagađivači se proizvode, emituju ili odlažu, često sa teškim uticajem na životnu sredinu i zdravlje.

Jedan od ciljeva održivog razvoja je smanjiti uticaj čovjeka na klimatske promjene i obezbijediti održivu energiju.

2005. godine Međunarodna agencija za Atomske Energije (International Atomic Energy Agency - IAEA), zajedno sa Odjeljenjem za ekonomska i socijalna pitanja Ujedinjenih Nacija (United Nations Department of Economic and Social Affairs - UNDESA), Međunarodnom agencijom za energetiku (International Energy Agency - IEA), Eurostat-om i Evropskom agencijom za životnu sredinu (European Environment Agency - EEA), objavila je skup indikatora održive energije sa odgovarajućim metodologijama i smjernicama. Skup se sastoji od 30 indikatora.

Indikatori nisu mjerni podaci, već proširuju uobičajenu statistiku kako bi obezbijedili bolje razumijevanje važnih problema i naglasili povezanost koja nije oči-

3.1 Održiv razvoj energije

gledna korišćenjem opšte statistike. Oni su esencijalan alat za komunikaciju energetske probleme vezane za održiv razvoj donosiocima odluka i za javnost. Svaki skup indikatora izražava aspekte ili posledice proizvodnje i korišćenja energije. Indikatori daju jasnu sliku cjelokupnog sistema, uključujući povezanosti i razmjene između različitih dimenzija održivog razvoja, kao i dugoročnu implikaciju trenutnih odluka i ponašanja. Promjene u vrijednostima indikatora vremenom prate da li postoji napredak u održivom razvoju.

30 energetskih indikatora za održiv razvoj su podijeljeni na 3 veće dimenzije održivog razvoja: socijalna (4 indikatora), ekonomska (16 indikatora) i zaštitu životne sredine (10 indikatora). Svaka oblast je podijeljena na teme i podteme. [2]

Indikatori ne pokrivaju samo trenutnu situaciju, već i trend i izgled. Oni pokazuju koji su uslovi za promjenu koji su potrebni za napredak više održive energetske politike koja doprinosi životnoj sredini.

Neki indikatori mogu biti klasifikovani u više od jedne dimenzije, teme ili podteme, uzimajući u obzir brojne povezanosti među kategorijama. Svaki indikator može predstavljati grupu povezanih indikatora koji pristupaju određenom problemu.

Indikatori su podijeljeni u 3 dimenzije: socijalna, ekonomska i zaštita životne sredine.

Socijalna Dimenzija

Dostupnost energije ima direktan uticaj na siromaštvo, mogućnost zapošljavanja, obrazovanje, demografsku tranziciju, zagađenje i zdravlje u zatvorenim prostorima. U razvijenim zemljama, energija za osvjjetljenje, grijanje i kuvanje je dostupna na prekidaču. Energija je čista, sigurna, pouzdana i pristupačna. U siromašnim zemljama, za prikupljanje drva i ogrjeva za kuvanje i grijanje potrebno je do šest sati dnevno. U oblastima u kojima su ugalj, drveni ugalj i / ili parafin komercijalno dostupna, ta goriva zauzimaju veliki dio mjesečnog prihoda domaćinstva. Neadekvatna oprema i ventilacija znači da goriva koja gore u kući proizvode veliki broj bolesti i smrti zbog zagađenja vazduha i vatre. Nedostatak struje ograničava prilike za posao i produktivnost, jer je bez struje moguće koristiti samo najosnovnije alate i opremu. Između ostaloga, to isto znači da je zastupljeno neadekvatno osvjjetljenje, ograničene telekomunikacije i nema frižidera. Ograničeni prinosi mogu dovesti domaćinstva da koriste tradicionalna goriva i neefikasnu tehnologiju. Korišćenje energije ne bi trebalo naškoditi zdravlju ljudi, već poboljšati uslove života. Proizvodnja energije ima potencijal da uzrokuje povrede ili bolesti kroz zagađenje. Socijalni cilj je da se smanje ili eliminišu negativni uticaji.

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

Ekonomska dimenzija

Savremene ekonomije zavise od pouzdanog i adekvatnog snabdijevanja energijom. Razvijene zemlje to moraju osigurati kao preduslov za industrijalizaciju. Svi sektori ekonomije - stambena, trgovačka, transportna, uslužna i poljoprivredna - zahtijevaju savremene energetske usluge. Ove usluge zauzvrat podstiču ekonomski i socijalni razvoj na lokalnom nivou povećanjem produktivnosti i omogućavanjem lokalnog dohotka. Snabdijevanje energijom utiče na radna mesta, produktivnost i razvoj. Struja je dominantni oblik energije za komunikacije, informacionu tehnologiju, proizvodnju i usluge.

Zaštita životne sredine

Proizvodnja, distribucija i korišćenje energije kreira pritisak na životnu sredinu u domaćinstvima, radnim mjestima i gradovima, na nacionalnom regionalnom i globalnom nivou. Uticaj na životnu sredinu može značajno da zavisi od načina proizvodnje i korišćenja energije, miks goriva, struktura energetskih sistema i relevantni regulatori energetske aktivnosti, kao i cijene. Emisija gasova od sagorijevanja fosilnih goriva zagađuje atmosferu.

Velike brane hidroelektrane uzrokuju sedimentaciju. Ugalj i nuklearna goriva emituju zračenje i stvaraju otpad. Vjetrenjače mogu pokvariti netaknuta sela. A prikupljanje drva za ogrjev može dovesti do krčenja šuma i opustošenja.

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

U praksi, modeli DEA metoda se primjenjuju u raznim oblastima kako pri ocjeni efikasnosti, tako i pri kreiranju nekih novih modela. Ovde će biti prikazani nekoliko radova vezanih za kompozitne indikatore, DEA metodu i održiv razvoj.

3.2.1 Diskusija izbora metoda integracije za ekonomske i ekološke faktore

Kako su poslednjih godina globalna populacija i ekonomski rast doprinijeli rastu problema životne sredine, u članku *Critical Analysis of Methods for Integrating Economic and Environmental Indicators* (Ferran et al.2017.) su diskutovane metode integracije koje kombinuju ekonomske i ekološke indikatore. [8]

Metode koje su razmatrane su u literaturi najčeće korištene za integraciju ove dvije oblasti, a to su: vektorska optimizacija, metod količnika i metod ponderisanih suma.

Vektorska optimizacija ne računa kompozitnu vrednost ekonomskih i ekoloških indikatora, ali se ipak radi integracija ove dve oblasti. Ovo je prije svega

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

grafički zasnovan metod na dvodimenzionalnom problemu, ali takođe uključuje i metode koje se zasnivaju na Paretovoj efikasnosti.

Metod zastupa širi spektar tehnika ali je u istraživanju ograničen na proveru dominantnosti skupa alternativa. Dominantno rešenje poboljšava jedan cilj, ekološki ili ekonomski bez pogoršavanja onog drugog. Ova metoda nekada ne pokazuje jasnu situaciju u rangiranju jer dve alternative mogu biti jednako dominantne. Odabir između takvih alternativa mora da se donese metodom koja podržava izbor vrednosti, kao npr metoda količnika. Vektorska optimizacija je pretežno komparativna. Metod procjenjuje alternative za njihov zavisani učinak u odnosu na obe dimenzije, omogućavajući situaciju u kojoj bi obe dimenzije imale benefit kao i kompromisnu situaciju.

Metodom količnika se računa kompozitna vrednost indikatora dijeljenjem vrednosti ekonomskog sa ekološkim indikatorom ili obrnuto. U istraživanju je posmatrano da ekološki indikator deli ekonomski indikator.

Metod mjeri odnos između kriterijuma za procenu produktivnosti ili optimizaciju jedne dimenzije u odnosu na drugu. Kao metoda skaliranja, tehnika količnika eliminiše sve podatke o veličini, čak i ako se koriste apsolutne vrijednosti. Prema tome, rezultat pokazuje samo relativni odnos oba pokazatelja za različite alternative, mada ne uspijeva da izrazi celokupni učinak ispitivanih alternativa. Štaviše, odnos same metode ne sadrži kompromisne informacije o tome koliko je važno okruženje u odnosu na ekonomiju.

Metodom ponderisane sume se računa kompozitna vrednost indikatora zbirom vrednosti ekonomskih i ekoloških pokazatelja, nakon dodjeljivanja odgovarajućih težina. Neke višekriterijumske metode (MCDM) su zasnovane na metodi ponderisane sume. Ova metoda je primijenjena za odabir „poželjne životne sredine“, „ekonomičnih proizvoda“, zasnovanih na osnovu njihovih ukupnih performansi i prema relativnoj važnosti obe dimenzije. U linearno ponderisanoj sumi, težinski faktori se dodjeljuju na osnovu preferencije prema ekonomiji ili ekologiji, tj. koju joj važnost dodeljuju. Metoda ponderisane sume rješava kompromise između sukobljenih kriterijuma uzimajući u obzir preferencije donosioca odluke, izražene težinskim faktorima. Ovo važi samo za slučajeve kada su težine identične u svim okolnostima tj. tamo gdje donosilac odluke uvek ima iste preferencije. U drugim slučajevima, funkcija korisnosti nije linearna i ne može se definisati pomoću opšte ponderisane sume. Metoda ponderisane sume predstavlja tehniku rangiranja i procjene koja analizira integrisan učinak sistema prema preferencijama osoba ili administrativnog tijela u postavljanju težina. Ovaj metod definiše rangiranje alternative. U metodi ponderisane sume, jedinice koje inače nisu uporedive se agregiraju. Kako bi mogle da se porede one prvo moraju biti transformisane u zajedničku jedinicu.

Razmatrana je translacija i skaliranje kako bi se ocijenila prikladnost metoda integracije. Translacija može biti posljedica mijenjanja mjerne jedinice. Skalira-

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

nje i translacija originalnih indikatora uzrokuju promjene u rezultatu integracije, što može dovesti do promjena u rangiranju alternativa. Rangiranje alternativa treba sačuvati jer npr. promjena mjernih jedinica, ne mijenja stvarne performanse alternativa i stoga preferencije treba da ostanu iste. U slučaju da se rang alternativa ne može zadržati smatra se da je metoda neispravna, pa se ona mora identifikovati i sprečiti.

Rezultati optimizacije vektora nisu osjetljivi na promjene u jedinicama, rangiranje alternativa je sačuvano i uprkos primjene skaliranja i translacije. Metoda količnika nije osjetljiva, sve dok je promjena jedinica ograničena na linearno skaliranje. Kada skaliranje nije linearno, metoda ne može sačuvati rang alternativa i nedoslednosti mogu nastati. Što se tiče metode ponderisane sume, faktori ponderisanja koje izražavaju preferencije moraju se transformisati, prilagođavajući se novoj jedinici, pošto su zavisni od njih. Ako se ovo pravilno riješi, metoda je robusna protiv nedoslednosti uzrokovanih varijacijama u jedinicama i, na taj način, uspješno djeluje.

Sve tri metode mogu da se koriste kod integracije ekoloških i ekonomskih faktora. U zavisnosti od preferencija i cilja mjerenja istraživanja, zavisi i koja metoda je pogodna.

3.2.2 Pregled metoda kreiranja kompozitnog indikatora

Gibari, Gomez, Ruiz (2018) su objavili istraživanje *Building composite indicators using multicriteria methods: a review* gdje su klasifikovali metodologiju višestrukog donošenja odluka za kreiranje kompozitnog indikatora u 5 kategorija koje su posmatrali isključivo za agregaciju bez obzira na koji se način dodjeljuju težine. Među njima nalazi se i DEA metod koji dozvoljava potpunu kompenzaciju među kriterijumima. Kreiranje kompozitnog indikatora pomoću DEA metoda može se izvršiti na 2 različita načina. Prvi je kada se pojedinačni indikatori posmatraju kao ulazne i izlazne promjenljive u zavisnosti od toga da li su "manje je bolje" ili "više je bolje" tipa indikatora. Drugi pristup sastoji se od kreiranja dummy izlaza (ulaza) i posmatrajući sve pojedinačne indikatore kao ulaze (izlaze). Taj pristup se odnosi na već spomenuti BOD model, koji se sve više uzima pri konstruisanju kompozitnog indikatora. Koristeći ovaj metod kompozitni indikator se rangira između 0 i 1, gdje su indikatori često zasnovani na normalizovanim vrednostima linearnog skaliranja u min-max rang. Ova tehnika omogućava analitičarima da definišu težine pojedinačnih indikatora. U dobijanju težina, jedan od najzastupljenijih metoda je metod zasnovan na podacima među kojima je najrasprostranjeniji DEA metod. [11]

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

3.2.3 Dvofazna DEA metoda

U cilju smanjenja emisije štetnih gasova radi zadovoljenja nacionalnog nivoa u Koreji, objavljen je članak *Assessing energy efficiency and the related policy implications for energy-intensive firms in Korea: DEA approach* (Moon et al. 2017. koji mjeri i procjenjuje dvostepenu energetska efikasnost na osnovu podataka korejskih energetski intenzivnih firmi na koje se odnosi politika vezana za energiju, sistem trgovanja emisijama ugljenika. Razvijen je dvostepeni model energetske efikasnosti zasnovan na stvarnim podacima u Koreji. Model je razvijen zbog smanjenja upotrebe energije radi smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte. Istraživanje je vršeno kako bi firme ispunile nacionalni cilj smanjenja emisije štetnih gasova tako da firme budu u mogućnosti da proizvedu maksimalne ekonomske rezultate dok troše manje energije. Nije se radilo o izboru između čistoenergetske i ekonomične efikasnosti već o postizanju oba cilja. [6]

Dvostepeni DEA model je kreiran na sledeći način: Od ukupne energetske efikasnosti, prva faza troši energetske resurse i stvara nečistoće kao što su gasovi staklene bašte radi stvaranja poželjnih proizvoda. Zatim, poželjni izlaz iz prve faze se pretvara u konačnu ekonomsku vrijednost kroz proces marketinga i distribucije. U modelu efikasnosti u istraživanju, ulaze prve faze predstavlja potrošnja energije, gdje je poželjan proizvod cijena robe a nepoželjan proizvod emisija gasova. Ulaz u drugu fazu predstavlja poželjan proizvod prve faze što je cena robe i novi ulazi su broj zaposlenih i kapital, sa krajnjim proizvodom ukupnom prodajom.

Da bi se dobili rezultati o efikasnosti među industrijama na makro nivou, nakon dvostepene DEA metode korišteni su neparametarski statistički testovi: One-Way ANOVA, Kruskall-Wallis, Kolmogorov-Smirnov i Wilcoxon test sume rangova. Kruskall-Wallis test i One-Way ANOVA korišteni su kako bi se potvrdila razlika u efikasnosti među industrijama na makro nivou. Kruskall-Wallis test je metod za neparametarske podatke poredeći rang rezultata. One-Way ANOVA poredi varijanse različitih grupa prateći normalnu raspodjelu. Kako Kruskall-Wallis-ov test ne može obezbijediti dovoljno informacija između određenih nivoa kod DMU, koristi se One-Way ANOVA kako bi se to nadoknadilo. Kolmogorov-Smirnov i Wilcoxon test sume rangova korišteni su kako bi se testirale razlike među ocjenama efikasnosti za jedinice odlučivanja određenih grupa.

Podaci koji su korišteni dobijeni su od agencije za verifikaciju koja djeluje kao institut treće strane pri Ministarstvu zaštite životne sredine Koreje. Prikupljeni su prosječni podaci od 63 preduzeća od 2012. do 2014. godine. Korištene su prosječne vrijednosti podataka od tri godine da bi se kontrolisao uticaj vremena na rezultat.

Firme podvrgnute ovoj studiji su energetski intenzivne i učestvovala su u trgovanju emisijama ugljenika u Koreji počev od 2015.godine. Da bi se utvrdila

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

razlika efikasnosti u industrijama istraživanje posmatra četiri industrije prema vrstama proizvodnje energetske intenziteta. Industrije su podijeljene prema vrsti proizvoda koje kompanije proizvode. Od 63 firme, 19 firmi je u proizvodnji metala, 16 firmi je u proizvodnji papira, 16 firmi je u ne-metalnoj proizvodnji, kao što su naočare i vlakna, i 12 firmi su u petrohemijskoj industriji.

Procjenjivao se uticaj četiri faktora na energetske efikasnosti. Prva teza koja se razmatrala je da je ukupna efikasnost četiri različite industrije ista. Na makro nivou, razlika među industrijama je identifikovana. Pošto svaka industrija ima mogućnosti za poboljšanje energetske efikasnosti, vlada ili kreatori politike trebali bi biti informisani o razlikama i pružiti podršku svakoj industriji na odgovarajući način. Industrije bi na kraju bile oslobođene opterećenja i stresova izazvane novim energetske politikama kako bi vlada mogla dostići nacionalni cilj emisije.

Druga teza koja je razmatrana je da ne postoji razlika u energetske efikasnosti prema certifikatu koji posjeduje kompanija. Rezultati istraživanja su pokazali da nije bilo razlike u energetske efikasnosti u pogledu posjedovanja certifikata u posmatranim kompanijama koja je drugačija od one koja je predložena. Kako među korejskim firmama nije bio poznat sistem upravljanja energijom koji je poznat kao certifikat ISO 50001, uzet je u razmatranje certifikat za zaštitu životne sredine ISO 14001. Nije postojala razlika među kompanijama koje su imale ovaj certifikat i onima koje nisu imale. Razlog tome je što su na nivou kompanije postojale regulative koje su brinule o energetske efikasnosti.

Treća teza koja se razmatrala je da ne postoji razlika u energetske efikasnosti prema veličini jedinice. Istraživanje je pokazalo da postoji razlika u energetske efikasnosti prema veličini jedinice. Male firme u Koreji imaju manje šanse da okupe investicije treće strane od velikih firmi. Isto tako, bez ulaganja, imaju manje šanse da se razviju ili usvoje nove tehnologije za poboljšanje njihove energetske efikasnosti.

Četvrta teza je da ne postoji razlika u energetske efikasnosti prema postojanju procesnih emisija na nivou proizvodnje. Istraživanjem efekta emisije procesa u proizvodnji došlo se do rezultata da emisija procesa može uzrokovati nisku ukupnu efikasnost. Pošto su emisije procesa izazvane indirektnom potrošnjom sirovinskih resursa putem prirodnih reakcija, kompanije sa emisijom procesa su ograničene smanjenjem troškova. Drugim riječima, čak i u istoj industriji firme mogu imati različite vrste proizvodnih postupaka i to može dovesti do razlike u efikasnosti. Kreator politike trebaju pružiti podršku manjim firmama pri prikupljanju investicija radi poboljšanja efikasnosti i tehnologije.

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

3.2.4 Korištenje Benefit of Doubt metode pri mjerenju energetske efikasnosti i učinka životne sredine

Velika potrošnja fosilnih goriva vodi do nekoliko problema životne sredine, npr povećanje emisije gasova staklene bašte što vodi do klimatskih promjena i globalnog zagrijavanja. U članku *Measuring Energy Efficiency and Environmental Performance: A Case of South Asia (Hou et al. 2019.)* koristi se Benefit of the Doubt metoda pri mjerenju energetske efikasnosti i učinka životne sredine

Zemlje u razvoju u Južnoj Aziji pokazuju rastući trend u pogledu intenziteta energije i predstavljaju neuporediv razvoj u potražnji i ponudi izvora energije. Energetska nesigurnost Južne Azije uglavnom potiče iz nedostatka resursa i rastuće neravnoteže potražnje i ponude izvora energije. Zemlje Južne Azije moraju zadovoljiti sve veću potrebu za energijom koja je sigurna i povoljnim izvorima energije. Južna Azija ima potencijalnu neravnotežu između potražnje i ponude energije iz nacionalnih izvora energije što rezultira povećanjem zavisnosti uvoza od izvora energije. Energetski zapisi i zaostavštine razlikuju se među zemljama Južne Azije, ali pristup značajnim zalihama energije i dalje je ograničen u susjednim zemljama. To negativno utiče na energetska efikasnost i povećava troškove snabdijevanja energijom među pojedinim zemljama i u regionu uopšte. U regionu ne postoji mehanizam trgovanja energijom, a to je još jedna prepreka efikasne energetske povezanosti. Mehanizam trgovine energijom u regionu je bolji način da se riješi nesigurna energetska situacija i mogla bi se povećati energetska efikasnost.

Ovo istraživanje sadrži metodološke i praktične implikacije kao što je energetski i indeks ekološke efikasnosti za primjenu različitih energenata i životne sredine kompozitnih indikatora Benefit of the Doubt metodu.

Sistem indikatora je definisan za mjerenje energetske efikasnosti i održivosti životne sredine. Izbor svakog indikatora je zasnovan na pouzdanosti njihove mjerljivosti, analize, relevantnosti za fenomen koji se mjeri, pokrivenosti zemlje i njihove međusobne veze.

Indikatori koji su posmatrani su: koeficijent energetske dovoljnosti (Energy Self-Sufficiency Ratio), koeficijent proizvodnje / potrošnje energije, uvoz energije, indeks uvoza energetske diverzifikacije, koeficijent rezerve energije, produktivnost BDP-a, intenzitet energije, indeks potrošnje energije po glavi stanovnika, indeks emisije ugljenika, procenat alternativne energije

Zemlje koje su posmatrane su: Avganistan, Bangladeš, Butan, Indija, Nepal, Pakistan, Šri Lanka. Podaci koji su korišteni za pod-indikatore su prikupljeni od strane Svjetske banke, Međunarodne agencije za energiju, Statistički pregled i Administracija informacije energije Amerike (US Energy Information Administration) za period od 2001. do 2015. godine. Za pojedine pod-indikatore podaci su uzeti sa određenih sajtova. Za Pakistan su podaci uzeti sa Biroa za stati-

3.2 Analiza radova DEA metode i kompozitnog indikatora za održiv razvoj

stiku i Ministarstva planiranja, razvoja i reformi. Za Butan podaci su preuzeti iz Ministarstva ekonomskih poslova. Za Indiju uzeti su iz Ministarstva statistike i programa implementacije i Indija energija. Za Avganistan iz Ministarstva ekonomije, energije i vode. Za Šri Lanku i Bangladeš podaci su preuzeti sa Departmana za statistiku i Biroa za statistiku retrospektivno.

Energetska dovoljnost je najbolja u Butanu a najlošija u Avganistanu. Vrijednost energetske dovoljnosti pokazuje koliko energije se obezbeđuje iz domaćih izvora. Rastuća vrijednost pomaže u redukovanju energetskih troškova i emisije ugljenika. Energetska efikasnost može pomoći u smanjenju emisije ugljenika, što uzrokuje globalno zagrijavanje i poboljšava energetske status dovoljnosti. Što se tiče energetskog intenziteta Butan i tu ima najveću vrijednost, dok Šri Lanka ima najmanju. Intenzitet energije ukazuje energetske neefikasnost ekonomije i mjeri se kao količnik energije i BDP-a. Niža vrijednost intenziteta energije ukazuje na niže cijene ili trošak energije po BDP-u. Što se tiče obnovljive energije Butan i Nepal imaju najvišu vrijednost dok Avganistan ima najmanju. Najveću vrijednost emisije ugljenika ima Indija, dok Nepal ima najmanju.

Na osnovu posmatranih pod-indikatora kreiran je kompozitni indikator energetske efikasnosti i performansi životne sredine od 2001. do 2015. godine. Iz rezultata je dobijeno da Nepal ima najbolju vrijednost novog kompozitnog indikatora u regionu i da je tokom vremena rastao od 0,59 do 0,78. Indija ima opadajuć učinak od 0,52 do 0,36. Butan je imao rast od 0,48 do 0,74. Šri Lankin učinak je rastao od 0,49 do 0,71 i od 2008. godine je počeo opadati. Bangladeš, Pakistan i Avganistan imaju vrijednosti koje variraju.

3.2.5 Kreiranje finansijskog indeksa sa niskom količinom ugljenika

Developing Low Carbon Finance Index: Evidence From Developed and Developing Economies (Mohsin et al.2020) je još jedno istraživanje koje koristi Benefit of the Doubt model za kreiranje kompozitnog indeksa. Kreiran je kompozitni indikator finansijski indeks sa niskom količinom ugljenika od skupa indikatora za energiju, životnu sredinu i finansije. Na osnovu kreiranog indikatora dobija se mogućnost rangiranja posmatranih zemalja po efikasnosti i ulaganju u svoj razvoj. Klimatske promene dovode do potrebe za većim korištenjem sistema obnovljive energije kako bi se ublažila emisija ugljen dioksida. Predložene su mere za kreiranje politike: povećanje investicija u obnovljive izvore, promovisanje prirodnog okruženja na svim nivoima, razvijene zemlje bi trebale pomoći zemljama u razvoju ulažući u sektor obnovljivih izvora, trebala bi postojati razmena obnovljive energije u regionu kako bi se ublažile klimatske promene. [7]

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

Klimatske promjene i obezbjeđivanje resursa zahtijevaju drastične mere. Jaka zavisnost od fosilnih goriva poput nafte i neefikasne upotrebe sirovina izlažu potrošače i preduzeća na štetne i skupe šokove cena, ugrožavajući našu ekonomsku sigurnost i doprinoseći klimatskim promenama. Širenje svjetske populacije će pojačati globalnu konkurenciju za prirodne resurse i izvršiti pritisak na životnu sredinu. Evropska Unija mora nastaviti sa promenama i progresom kako bi učestvovali u rješavanju svetskog problema klimatskih promena istovremeno sa sprovođenjem klimatskih i energetske strategije na celoj teritoriji Evropske Unije. Povećati udeo izvora obnovljive energije u finalnoj potrošnji energije do 20%, i za 20% povećati energetske efikasnosti. Održiv rast predstavlja građenje ekonomije koja je efikasna sa resursima, održiva i kompetitivna. [10]

Udeo obnovljive energije u finalnoj proizvodnji energije je jedan od ciljeva održive energije za 2020. godinu. Od 2014. do 2015. udeo se povećao sa 16.1% do 16.7%. Evropska Unija treba da ostvari još 3.3% da bi dostigla cilj od 20% Evropa 2020. Čvrsta, tečna i gasovita biogoriva čine najveći udeo u ukupnim obnovljivim izvorima energije u EU, koja je ujedno i najveći obnovljivi izvor energije koji se koristi u transportu i za grijanje i hlađenje. Hidroenergija ostaje dominantna tehnologija obnovljive energije u sektoru električne energije. Međutim, udjeli energije vjetra i sunca se znatno povećavaju zahvaljujući efikasnim šemama podrške i velikom smanjenju troškova. Evropa 2020 ima za cilj da ekonomiju zasnuje na maloj količini ugljenika koju održavaju obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost. Povećanje udjela obnovljive energije može podstići inovacije i otvoriti nova radna mesta. Više obnovljivih izvora i poboljšana energetska efikasnost može smanjiti zavisnost energije i uštedjeti troškove uvoza energije. Ciljevi strategije za 2030 su da se postigne najmanje 27% udela obnovljive energije, kao i 27% rasta u energetske efikasnosti. Između 2001 i 2015. udeo obnovljive energije se skoro duplirao dostižući 16.7% ukupne potrošnje energije. [1]

U ovom radu pokušaćemo procijeniti kakva je situacija Srbije povodom održivog razvoja energije. Izabraćemo 3 indikatora energije za kreiranje kompozitnog indikatora održivog razvoja energije i uporediti sa nekoliko evropskih država. Države koje će biti posmatrane pored Srbije su: Bugarska, Hrvatska, Estonija, Italija, Mađarska, Latvija, Litvanija, Luksemburg, Poljska, Slovačka i Slovenija. Ukupno 12 država. Indikatori su birani tako da se nalaze na listi između 30 indikatora koje je objavila IAEA, kao i među ciljevima održivog razvoja energije i dostupnih podataka. Pri odabiru pod-indikatora za kreiranje indikatora održivog razvoja energije uzeli smo u obzir i publikaciju [14] gdje je predloženo da se posmatraju 3 cilja: konkurentnost na tržištu energije, sigurnost snabdijevanja i

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

zaštita životne sredine. Na osnovu raspoloživih podataka izabrana su 3 indikatora, redom: intenzitet energije krajnje potrošnje, zavisnost neto uvoza i udeo obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije.

Intenzitet energije krajnje potrošnje predstavlja količnik potrošnje krajnje energije i BDP-a. Jedinica koja se posmatra je tona ekvivalenta nafte (tonnes of oil equivalent - toe) po evru. Skraćeno $\frac{toe}{10^3 E}$. Ovaj indikator odražava trendove u ukupnoj upotrebi energije u odnosu na BDP, što ukazuje na opšti odnos upotrebe energije prema ekonomskom razvoju. Energija je od suštinske važnosti za ekonomski i društveni razvoj. Upotreba energije utiče na raspoloživost resursa i životnu sredinu. Upotreba fosilnih goriva glavni je uzrok zagađenja vazduha i promjene klime. Poboljšanje energetske efikasnosti i odvajanje ekonomskog razvoja od upotrebe energije su važni ciljevi održivog razvoja. Krajnja potrošnja energije odnosi se na sumu potrošnji od različitih krajnjih sektora i ovo isključuje energiju ili gubitke nastale u konverziji, transformaciji i distribuciji različitih energetske prevoznika. [2]

Zavisnost neto uvoza predstavlja udeo koji je potreban zemlji da uveze od ostalih zemalja. Računa se kao količnik neto uvoza i dostupne energije. Neto uvoz predstavlja razliku uvoza i izvoza. Jedinica koja se koristi je procenat. indikator mjeri obim na koji se zemlja oslanja prilikom uvoza da bi zadovoljila zahtjeve energije. Stabilno snabdijevanje energijom je jedan od glavnih ciljeva za održiv razvoj. Značaj energetske sigurnosti u smislu fizičke raspoloživosti zaliha za zadovoljavanje potražnje po datoj ceni za ekonomsku i socijalnu održivost je najvažnija. Prekidi u snabdijevanju energije predstavljaju vrstu sistematskog rizika kojom se treba pozabaviti održiv razvoj. Uključene su dve različite vrste rizika: količinski rizik i rizik cijena. Oba rizika povezana su sa nivoom zavisnosti zemlje na uvezenu energiju. Opšta izloženost poremećajima u snabdijevanju energijom može biti ograničeno smanjenjem uvozne zavisnosti, što bi zauzvrat moglo da se postigne kroz politike za povećanje domaće proizvodnje energije, povećanje energetske efikasnosti, diverzifikovati izvore goriva, optimizovati mešavinu goriva itd. [2]

Udeo obnovljivih izvora u finalnoj potrošnji energije se izražava u procentima. Promocija energije i električne energije za obnovljive izvore energije je prioritet za održiv razvoj iz više razloga, uključujući sigurnost i diverzifikaciju energetske snabdijevanja i zaštite životne sredine. Obnovljiva energija uključuje zapaljive i nezapaljive obnovljive izvore. Nezapaljivi obnovljivi izvori uključuju geotermalne, solarne, vjetar, hidro, plima i talasna energija. Zapaljivi izvori i otpad se sastoji od biomase (drvo za ogrjev, biljni otpad, etanol) i životinjskih proizvoda (životinjski materijali / otpad i sulfitne lužine), komunalni otpad (otpad proizveden

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

od stambenog, poslovnog i javnog servisa) i industrijskog otpada.[2]

Podaci korišteni u radu su preuzeti sa sajta EUROSTAT. Uzeti su podaci od 2016. - 2018. godine. [15]

Kompozitni indikator održivog razvoja energije biće kreiran BOD metode koja je predstavljena u glavi 2.1 ovog rada. U radu će biti diskutovani podaci za 2018.godinu, nakon čega će se uporediti sa vrijednostima kompozitnog indikatora za 2016. i 2017. godinu. Rezultati za 2016. i 2017. godinu nalaziće se u prilogu. Metod koji je korišten je posmatran na osnovu publikacije koju je objavio Zhou. [3]

Neki indikatori su nepogrešiva mjera napretka i jasno razlikuju između poželjnih i nepoželjnih trendova. Ostali indikatori nisu konstruisani za razlikovanje dobrog i lošeg već da opišu i predstave korištenje energije. Indikatore treba čitati u kontekstu ekonomije i resursa energije svake zemlje. Strukturne promjene ekonomije takođe se moraju uzeti u obzir. Bez obzira na to, indikatori koji se posmatraju združeni daju dobru sliku energetskeg sistema zemlje. Kao što se indikatori vremenom mijenjaju, oni će biti dobri pokazatelji napretka i temelji promjene. Ovo će voditi politiku i pomoći u donošenju odluka o ulaganju u energiju, kontrolu zagađenja i industriju. [2]

Pri kreiranju kompozitnog indikatora, za posmatrane pod-indikatore ćemo pretpostaviti da su benefitnog tipa. Posmatraćemo slučaj sa m entiteta, u ovom slučaju entiteti predstavljaju države, čiji će se agregatni učinak procjenjivati na osnovu n pod-indikatora. Ovi pod-indikatori većinom nemaju zajedničku mjernu jedinicu. Neka je I_{ij} vrijednost entiteta i u odnosu na pod-indikator j . Problem je agregirati $I_{ij}(j = 1, 2, \dots, n)$ u kompozitni indikator CI, koji se koristi za procjenu agregiranog učinka entiteta u odnosu na sve pod-indikatore. To možemo grafički da prikažemo:

$$\begin{pmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1n} \\ I_{21} & I_{22} & \dots & I_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{m1} & I_{m2} & \dots & I_{mn} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} CI_1 \\ CI_2 \\ \vdots \\ CI_m \end{pmatrix}$$

Radi lakšeg snalaženja u radu i diskusije, uvešćemo oznake za indikatore:

1. Indikator 1: Intenzitet energije krajnje potrošnje (I1)
2. Indikator 2: Neto zavisnost uvoza energije (I2)
3. Indikator 3: Obnovljiva energija u finalnoj potrošnji (I3)

U tabeli 1 nalaze se podaci za indikatore koji su preuzeti sa sajta Eurostat za 2018.godinu.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

2018	I1	I1	I3
Bugarska	0,176511806	36,375	20,528
Hrvatska	0,133655915	52,701	28,024
Estonija	0,115225516	0,741	29,996
Italija	0,065962007	76,338	17,775
Mađarska	0,138284465	58,062	12,489
Latvia	0,144547961	44,313	40,292
Litvanija	0,123717535	74,248	24,448
Luksemburg	0,073268491	95,083	9,059
Poljska	0,144496444	44,803	11,284
Slovačka	0,123875772	63,679	11,896
Slovenija	0,109278152	51,301	21,149
Srbija	0,21000805	34,64	20,32

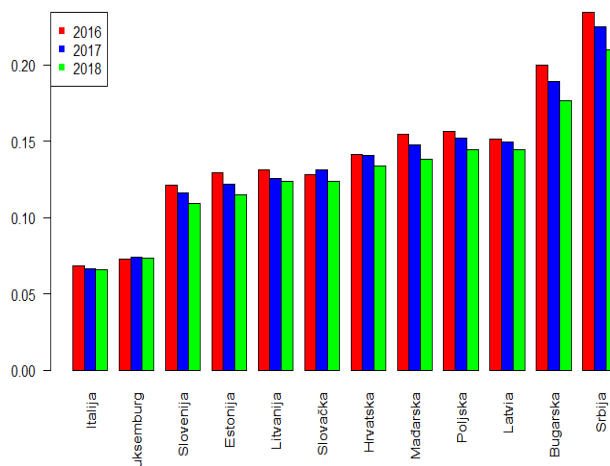
Tabela 1: Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2018.

Prvo ćemo diskutovati podatke za pojedinačne pod-indikatore od 2016. do 2018. godine. Podaci za ostale dvije godine mogu se naći u prilogu. Na slici 1 možemo vidjeti podatke grafički prikazane po rastućem redu za 2018. godinu.

Možemo vidjeti da za 2018. godinu Srbija ima najviši intenzitet energije, pa zatim Bugarska. Dok najniži energetska intenzitet imaju Luksemburg i Italija. Što je veći energetska intenzitet, to je manja energetska efikasnost. Iz ovoga možemo zaključiti da Srbija ima lošiju energetska efikasnost u odnosu na posmatrane zemlje. Isto tako možemo vidjeti da od 2016. do 2018. godine energetska intenzitet opada, kako za Srbiju, tako i za ostale zemlje. Jedino kod Luksemburga je energetska intenzitet porastao. Pad energetska intenziteta može predstavljati razvoj energetska efikasnosti, kao i promjene potrebe za energijom.

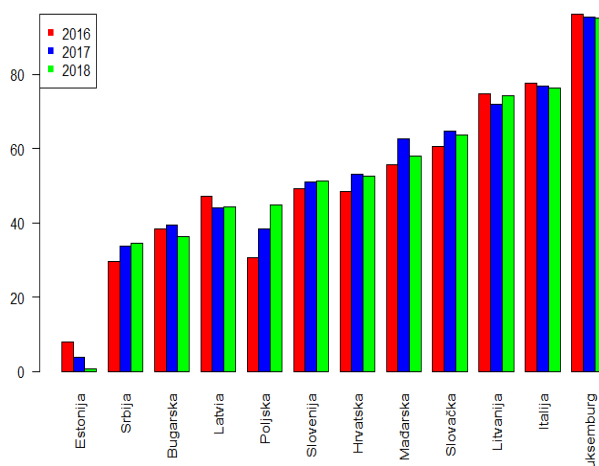
Na slici 2 je prikazana neto zavisnost uvoza energije od 2016. do 2018. godine. Vidimo da najveću zavisnost od uvoza ima Luksemburg sa 95%, a najmanju Estonija sa 0,741%. Među posmatranih 12 država, Srbija je na jedanaestom mjestu. Po tome bi se moglo reći da je bolja u odnosu na mnoge posmatrane zemlje i da manje zavisi od uvoza. Međutim, posmatrajući njenu vrijednost koja je 34,64%, daleko je od Estonije koja ne zavisi puno od uvoza energije. I kod

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije



Slika 1: Energetski intenzitet od 2016. do 2018.

Luksemburga i Italije možemo vidjeti jasnu razliku, gdje Italija uvozi 76,338% energenata koje koristi. Posmatrajući sve 3 godine vidimo da je tokom godina rasla zavisnost ud uvoza energije. Četiri zemlje su imale pad zavisnosti, a to su: Luksemburg, Italija, Latvija i Estonija, gdje je Estonija imala najveći pad.

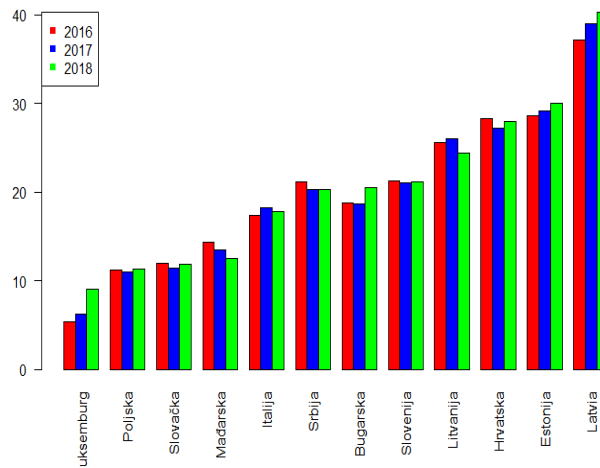


Slika 2: Neto zavisnost uvoza energije od 2016. do 2018.

Na slici 3 je prikazan procenat obnovljive energije u finalnoj potrošnji za sve

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

3 godine. Po udjelu obnovljive energije u finalnoj potrošnji Latvija ima najbolju vrijednost 40,292%, dok najlošiju vrijednost ima Luksemburg sa 9,059%. Srbija se nalazi na sedmom mjestu među posmatраних 12 država sa 20,32%. Kada posmatramo vrednosti od 2016. do 2018. godine, rezultati su podijeljeni. Kod nekih zemalja je vrijednost obnovljive energije u finalnoj potrošnji rasla dok je kod nekih opadala. Zemlje kod kojih je rasla su: Luksemburg, Poljska, Italija, Bugarska, Estonija i Latvija. Zemlje kod kojih je opadala su: Slovačka, Mađarska, Srbija, Slovenija, Litvanija i Hrvatska.



Slika 3: Procenat obnovljive energije u finalnoj potrošnji 2016. do 2018.

Pri kreiranju kompozitnog indikatora koristimo sledeći DEA model:

$$gI_i = \max \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^g I_{ij}$$

sa uslovom

$$\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^g I_{kj} \leq 1, k = 1, 2, \dots, m \quad (4.0.1)$$

$$\omega_{ij}^g \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

Model pruža mogućnost rangiranja agregiranog učinka za entitet u odnosu na ostale pod-indikatore. Rešavanjem modela 4.0.1 za svaki entitet, dobićemo set indeksa gI_1, gI_2, \dots, gI_m za te entitete.

DEA model može pomoći svakom entitetu da izabere "najbolji" set težina koji bi se koristio. On izbegava subjektivnost u određivanju težina i zato osigurava

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

relativno objektivan rang učinka za svaki entitet. Ako entitet ima vrijednost koja dominira nad ostalim entitetima pod-indikatora, ovaj entitet uvek će sadržati rang 1 iako ima nekoliko loših vrednosti u ostalim značajnim pod-indikatorima.

Da bi se izbjegao ovaj problem i dobila bolja procjena učinka, model 4.0.1 se proširuje sa sličnim problemom linearnog programiranja:

$$bI_i = \min \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^b I_{ij}$$

sa uslovom

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^b I_{kj} &\geq 1, k = 1, 2, \dots, m \\ \omega_{ij}^b &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4.0.2)$$

Suprotno modelu 4.0.1, model 4.0.2 traži „najgori“ set težina za svaki entitet koji je korišten pri agregaciji pod-indikatora u rang učinka. Ovaj model je veoma sličan ulaznim vrednostima minimizovanog višestrukog DEA modela sa više ulaznih vrednosti i konstantnim izlaznim vrednostima. On mjeri koliko su ocijenjeni entiteti blizu najlošijeg praktičnog entiteta pod najlošijom mogućom težinom. Obezbeđuje način za dalje poređenje performansi među neuporedivim entitetima zasnovanim na modelu 4.0.1. Model 4.0.2 nije nov metod u DEA literaturi. Model je paralelan minimalnoj efikasnosti kao što je diskutovano u Zhu (2004). Slična ideja je primijenjena na istraživanje problema selekcije sajta od Takamura i Tone (2003).

Dobijeni indeksi gI_i i bI_i za $i = 1, \dots, m$ su zasnovani na težinama koje su najviše i najmanje povoljne za svaki entitet. Kako mogu odraziti djelimičan aspekt entiteta agregiranih performansi, kombinujemo ih u sveukupan index. Kompozitni indeks, KI bi se kreirao na sledeći način:

$$KI_i(\lambda) = \lambda \frac{gI_i - gI^-}{gI^* - gI^-} + (1 - \lambda) \frac{bI_i - bI^-}{bI^* - bI^-} \quad (4.0.3)$$

gde je

$$gI^* = \max gI_i, i = 1, 2, \dots, m, gI^- = \min gI_i, i = 1, 2, \dots, m,$$

$$bI^* = \max bI_i, i = 1, 2, \dots, m, bI^- = \min bI_i, i = 1, 2, \dots, m$$

i $0 \leq \lambda \leq 1$ parameter prilagođavanja.

U modelu 4.0.3 korišteno je linearno skaliranje u min – max intervalu da bi dobijene indexe bilo moguće porediti (u intervalu $[0,1]$) jer su njihovi indeksi dobijeni različitim modelima. Za kombinovanje indeksa koristi se linearna agregacija zajedno sa koeficijentom prilagođavanja λ . Ako je $\lambda = 1$, CI_i će postati

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

normalizovana verzija od gI_i . Ako je $\lambda = 0$, KI_i će postati normalizovana verzija od bI_i . Za ostale slučajeve ovaj model pravi kompromis između 2 indexa. Ako donosioci odluka ili analitičari nemaju nekih preferencija, onda $\lambda = 0.5$ djeluje kao neutralan fer izbor. Model 4.0.3 predstavlja sveobuhvatniji indeks jer uzima u slučaj 2 ekstremna slučaja.

U modelu 4.0.3, posmatrane težine za pod-indikatore su nenegativne. Kako su sve težine dobijene na osnovu podataka, postoji mogućnost da određena težina dobije vrijednost nula. U tom slučaju, indikator koji se nalazi uz tu težinu se ne bi posmatrao u daljoj analizi. Kako bi se prevazišao ovaj problem, razmatra se slučaj kada je težinama dodijeljeno ograničenje. Ograničenjima želimo postići da svi indikatori koje smo izabrali za analizu budu uzeti u obzir.

Modelima 4.0.1 i 4.0.2 dodaju se sledeća dva skupa ograničenja:

$$L_j \leq \frac{\omega_{ij}^g I_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^g I_{ij}} \leq U_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.0.4)$$

$$L_j \leq \frac{\omega_{ij}^b I_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^b I_{ij}} \leq U_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.0.5)$$

gde L_j i U_j respektivno predstavljaju donje i gornje ograničenje za učešće j -tog indikatora u CI i zadovoljava $0 \leq L_j \leq U_j \leq 1$.

Kako prva dva indikatora predstavljaju indikatore troška (cost-type), a mi tražimo vrijednost koja će dati najbolji mogući učinak za održiv razvoj, pretvorilićemo ih u indikatore tipa korisnosti (benefit-type). Za prvi indikator uzimamo recipročnu vrednost, dok za drugi indikator dobijamo vrednost tako što postojeću vrednost oduzimamo od 100. Na taj način dobijamo suprotne indikatore za posmatranje, a to su redom indikator energetske produktivnosti i indikator raspoložive energije u zemlji bez importovane energije. Novi podaci su prikazani u tabeli 2.

Na osnovu podataka iz tabele 2 tražimo težinske vrednosti.

Da bi se izbjegla subjektivnost pri dodjeljivanju težina na osnovu mišljenja analitičara, koristimo DEA metodu pri agregaciji indikatora kako bi dobili fleksibilne težine za svaki indikator.

U tabeli 3 je prikazan najbolji set težinskih vrednosti za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$ koji daju maksimalnu moguću vrednost posmatranoj DMU_i u odnosu na ostale DMU.

Kada entitet ima vrijednost koja dominira nad ostalim entitetima pod-indikatora, ovaj entitet uvek će sadržati rang 1 iako ima nekoliko loših vrednosti u ostalim značajnim pod-indikatorima. To možemo videti na primeru Estonije i Italije. Estonija ima maksimalnu vrednost za I2 u odnosu na druge zemlje, pa čak i u slučaju kada su ostalim pod-indikatorima dodijeljene težine jednake nuli, i dalje ima rang 1. Isto to primjećujemo i kod Italije, koja ima maksimalnu vrednost za

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

2018	I_1	I_2	I_3
Bugarska	5,665343434	63,625	20,528
Hrvatska	7,481898551	47,299	28,024
Estonija	8,678633333	99,259	29,996
Italija	15,16024206	23,662	17,775
Mađarska	7,23147027	41,938	12,489
Latvia	6,918119048	55,687	40,292
Litvanija	8,082928571	25,752	24,448
Luksemburg	13,64843182	4,917	9,059
Poljska	6,920585535	55,197	11,284
Slovačka	8,072603604	36,321	11,896
Slovenija	9,15096	48,699	21,149
Srbija	4,761722222	65,36	20,32

Tabela 2: Benefit type podaci

	ω_{i1}	ω_{i2}	ω_{i3}	gI_i
Bugarska	0,0000	0,0044	0,0187	0,6653
Hrvatska	0,0463	0,0016	0,0147	0,8328
Estonija	0,0000	0,0101	0,0000	1,0000
Italija	0,0660	0,0000	0,0000	1,0000
Mađarska	0,0582	0,0050	0,0000	0,6299
Latvia	0,0000	0,0044	0,0187	1,0000
Litvanija	0,0462	0,0000	0,0169	0,7861
Luksemburg	0,0660	0,0000	0,0000	0,9003
Poljska	0,0582	0,0050	0,0000	0,6779
Slovačka	0,0582	0,0050	0,0000	0,6508
Slovenija	0,0463	0,0016	0,0147	0,8114
Srbija	0,0000	0,0044	0,0187	0,6691

Tabela 3: Težine modela 4.0.1 i njihov indeks za 2018.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

I1. Model 4.0.1 može dovesti do situacije da veliki broj entiteta ima rang učinka 1 pa je dalje rangiranje između njih otežano. Možemo vidjeti da Estonija, Italija i Latvija imaju rang 1. Na osnovu modela 4.0.1 ne možemo reći koja od ove 3 zemlje ima efikasniji učinak.

Zato ovaj model proširujemo modelom 4.0.2. U tabeli 4 je prikazan dobijen najlošiji set težinskih vrednosti za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$ koji daju minimalnu moguću vrednost posmatranoj DMU_i u odnosu na ostale DMU.

	ω_{i1}	ω_{i2}	ω_{i3}	bI_i
Bugarska	0,0864	0,0077	0,0043	1,0656
Hrvatska	0,0976	0,0082	0,0000	1,1177
Estonija	0,0880	0,0036	0,0170	1,6314
Italija	0,0636	0,0105	0,0088	1,3698
Mađarska	0,0880	0,0036	0,0170	1,0000
Latvia	0,0976	0,0082	0,0000	1,1313
Litvanija	0,0668	0,0179	0,0000	1,0000
Luksemburg	0,0668	0,0179	0,0000	1,0000
Poljska	0,0441	0,0040	0,0418	1,0000
Slovačka	0,0441	0,0040	0,0418	1,0000
Slovenija	0,0864	0,0077	0,0043	1,2546
Srbija	0,2100	0,0000	0,0000	1,0000

Tabela 4: Težine modela 4.0.2 i njihov indeks za 2018.

U tabeli 5 prikazane su vrednosti kompozitnog indikatora, kojeg ćemo dalje označavati sa KI, za $\lambda = 0, 5$ za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$

Iz dobijenih rezultata možemo vidjeti da za koeficijent prilagođavanja $\lambda = 0, 5$, među 12 zemalja koje su međusobno poredene, Estonija ima najbolji rang sa vrednošću 1, dok Mađarska zauzima poslednje mesto sa vrednošću 0. Možemo primijetiti da vrijednosti za kreirani indeks nemaju toliko dobar učinak. Od 12 posmatranih država, njih 9 ima učinak manji od 0,5. Možemo primetiti da tri vodeće zemlje po učinku, Estonija, Italija i Latvija, imaju najbolje vrednosti za pojedine pod-indikatore.

Da bi se vidjelo kakav efekat ima koeficijent prilagođavanja na kreiranje indeksa posmatramo slučajeve za različito λ . U tabeli 6 možemo videti vrijednosti

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	1,0000	0,5857	0,7928
Latvia	1,0000	0,2080	0,6040
Slovenija	0,4904	0,4032	0,4468
Hrvatska	0,5481	0,1864	0,3673
Luksemburg	0,7306	0,0000	0,3653
Litvanija	0,4220	0,0000	0,2110
Bugarska	0,0958	0,1039	0,0998
Poljska	0,1298	0,0000	0,0649
Srbija	0,1060	0,0000	0,0530
Slovačka	0,0565	0,0000	0,0283
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 5: Vrijednosti modela 4.0.3 za 2018.

za različito λ . Kako bi rezultati bili pregledniji, podaci su sortirani opadajuće po $\lambda = 0, 5$. Kako svi imaju različite vrijednosti, njihov poredak je pretvoren u rang radi lakšeg poređenja i prikazan u tabeli 7.

Iz dobijenih rezultata primjećujemo da se pri promjeni koeficijenta prilagođavanja rang 5 zemalja ne mijenja, a to su Estonija, Italija, Srbija, Slovačka i Mađarska.

Kod Slovenije, Luksemburga i Bugarske vidimo da koeficijent prilagođavanja utiče na rang. Kod Bugarske i Slovenije, sa povećanjem koeficijenta prilagođavanja rang raste. Njihovi najbolji i najgori indeksi su približne vrednosti, pa tako što veći značaj dajemo najboljoj vrednosti, tako će i njegova vrijednost rasti. Kod Luksemburga možemo vidjeti da se najbolja i najgora vrijednost mnogo razlikuju i da najlošija vrijednost ima vrijednost nula. Ta vrijednost će uticati na promjenu ranga u slučaju kada ostale zemlje imaju najlošiju vrednost veću od nule. Za zemlje kod kojih se rang nije mijenjao ili kod kojih se promijenio za jedan, najbolja i najlošija vrednost se ne razlikuje mnogo i njihova najbolja vrijednost je manja od 0,55.

Razmotrićemo slučaj kada je fleksibilnost težina ograničena u formi modela 4.0.4 i 4.0.5. Kako je trenutno rješavanje ovog problema samo za svrhu ovog

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	0,6271	0,6685	0,7100	0,7514	0,7928	0,8343	0,8757	0,9171	0,9586
Latvia	0,2872	0,3664	0,4456	0,5248	0,6040	0,6832	0,7624	0,8416	0,9208
Slovenija	0,4119	0,4206	0,4293	0,4381	0,4468	0,4555	0,4642	0,4729	0,4817
Hrvatska	0,2226	0,2588	0,2949	0,3311	0,3673	0,4035	0,4396	0,4758	0,5120
Luksemburg	0,0731	0,1461	0,2192	0,2922	0,3653	0,4383	0,5114	0,5844	0,6575
Litvanija	0,0422	0,0844	0,1266	0,1688	0,2110	0,2532	0,2954	0,3376	0,3798
Bugarska	0,1031	0,1023	0,1014	0,1006	0,0998	0,0990	0,0982	0,0974	0,0966
Poljska	0,0130	0,0260	0,0389	0,0519	0,0649	0,0779	0,0909	0,1039	0,1168
Srbija	0,0106	0,0212	0,0318	0,0424	0,0530	0,0636	0,0742	0,0848	0,0954
Slovačka	0,0057	0,0113	0,0170	0,0226	0,0283	0,0339	0,0396	0,0452	0,0509
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 6: Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2018.

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Italija	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Latvia	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Slovenija	3	3	4	4	4	4	5	6	6
Hrvatska	5	5	5	5	5	6	6	5	5
Luksemburg	7	6	6	6	6	5	4	4	4
Litvanija	8	8	7	7	7	7	7	7	7
Bugarska	6	7	8	8	8	8	8	9	9
Poljska	9	9	9	9	9	9	9	8	8
Srbija	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Slovačka	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mađarska	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 7: Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2018.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

rada, proizvoljno biramo $L_1 = L_2 = L_3 = 0.1$ i $U_1 = U_2 = U_3 = 0.5$ za korištenje. Model sa ograničenjima nazvaćemo Scenario 2.

U sledećoj tabeli možete vidjeti najbolji set težinskih vrednosti za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$ koji daju maksimalnu moguću vrednost posmatranoj DMU_i u odnosu na ostale DMU.

	ω_{i1}	ω_{i2}	ω_{i3}	gI_i
Bugarska	0,0288	0,0027	0,0162	0,6650
Hrvatska	0,0442	0,0017	0,0148	0,8271
Estonija	0,0115	0,0050	0,0133	1,0000
Italija	0,0239	0,0031	0,0163	0,7243
Mađarska	0,0387	0,0053	0,0045	0,5596
Latvia	0,0488	0,0023	0,0116	0,9325
Litvanija	0,0438	0,0027	0,0116	0,7077
Luksemburg	0,0100	0,0056	0,0121	0,2731
Poljska	0,0448	0,0045	0,0055	0,6203
Slovačka	0,0338	0,0024	0,0158	0,5460
Slovenija	0,0437	0,0018	0,0149	0,8004
Srbija	0,0137	0,0040	0,0161	0,6545

Tabela 8: Težine modela 4.0.1 i njihov indeks za Scenario 2 za 2018.

Iz tabele 8 možemo vidjeti da među dobijenim težinama nema nula vrijednosti zbog uzetog ograničenja. Kako u pogledu težina, tako se i optimalna vrijednost za države promijenila. Dok je Estonija zadržala optimalnu vrijednost za najbolji učinak sa rangom 1, data ograničenja su uticala da kod Italije i Latvije učinak bude manji kada uzimamo u obzir sva 3 pod-indikatora. Dok je kod Scenaria 1 najmanju maksimalnu vrijednost imala Mađarska, sa ograničenjima se to promijenilo i to je sada postao Luksemburg. Možemo reći da se to desilo jer je u modelu bez ograničenja Luksemburg posmatrao samo prvi indikator koji je imao veću vrednost u odnosu na ostale pod-indikatore za tu zemlju.

U tabeli 9 prikazan je najlošiji set težinskih vrednosti za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$ koji daju minimalnu moguću vrednost posmatranoj DMU_i u odnosu na ostale DMU.

Kao i u prethodnom slučaju, tako i kod modela za minimalnu optimalnu

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

	ω_{i1}	ω_{i2}	ω_{i3}	bI_i
Bugarska	0,0865	0,0074	0,0052	1,0664
Hrvatska	0,0776	0,0086	0,0062	1,1613
Estonija	0,0880	0,0036	0,0170	1,6314
Italija	0,0489	0,0063	0,0333	1,4820
Mađarska	0,0691	0,0040	0,0265	1,0000
Latvia	0,0865	0,0077	0,0042	1,1963
Litvanija	0,0629	0,0103	0,0100	1,0175
Luksemburg	0,0366	0,0203	0,0442	1,0000
Poljska	0,0425	0,0037	0,0443	1,0000
Slovačka	0,0441	0,0040	0,0418	1,0000
Slovenija	0,0692	0,0095	0,0080	1,2665
Srbija	0,1050	0,0015	0,0197	1,0000

Tabela 9: Težine modela 4.0.2 i njihov indeks za Scenario 2 za 2018.

vrijednost uvođenjem ograničenja došlo je do gubitka nula težina. Međutim, mijenjanjem težina, učinak zemalja se nije mnogo promenio. Zemlje koje su imale minimalnu optimalnu vrednost kod modela bez ograničenja, zadržale su i sada svoj učinak.

U tabeli 11 je prikazana vrijednost kompozitnog indikatora za $\lambda = 0.5$ za svaku $DMU_i, i = 1, 2, \dots$, kao i normalizovane vrednosti za Scenario 2 za prvi i drugi indeks kako bi se mogli porediti.

Prikazan je učinak i rang posmatranih zemalja za različit koeficijent prilagođavanja u tabelama 11 i 12.

Sa promjenom koeficijenta prilagođavanja i njegovim povećanjem, učinak i rang Hrvatske opada. U modelu bez ograničenja, Srbija je bila na desetoj poziciji po rangu dok je po modelu sa ograničenjima njen rang na osmoj poziciji. I na njen učinak su uticale težine koje su imale vrijednost nula.

Možemo primijetiti da se vrijednost kompozitnog indeksa za model za ograničenjima razlikuje od modela bez ograničenja. Estonija i dalje predstavlja zemlju sa najboljim učinkom što se može povezati s njenom veoma visokom vrednosti

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	0,6206	0,7633	0,6920
Latvia	0,9072	0,3109	0,6090
Slovenija	0,7254	0,4221	0,5737
Hrvatska	0,7622	0,2555	0,5088
Bugarska	0,5391	0,1052	0,3222
Litvanija	0,5978	0,0276	0,3127
Srbija	0,5247	0,0000	0,2624
Poljska	0,4776	0,0000	0,2388
Mađarska	0,3941	0,0000	0,1971
Slovačka	0,3754	0,0000	0,1877
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 10: Vrijednosti Scenarija 2 za 2018.

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	0,7490	0,7348	0,7205	0,7062	0,6920	0,6777	0,6634	0,6492	0,6349
Latvia	0,3705	0,4301	0,4898	0,5494	0,6090	0,6686	0,7283	0,7879	0,8475
Slovenija	0,4524	0,4827	0,5131	0,5434	0,5737	0,6040	0,6344	0,6647	0,6950
Hrvatska	0,3061	0,3568	0,4075	0,4581	0,5088	0,5595	0,6101	0,6608	0,7115
Bugarska	0,1486	0,1920	0,2354	0,2788	0,3222	0,3656	0,4089	0,4523	0,4957
Litvanija	0,0847	0,1417	0,1987	0,2557	0,3127	0,3698	0,4268	0,4838	0,5408
Srbija	0,0525	0,1049	0,1574	0,2099	0,2624	0,3148	0,3673	0,4198	0,4722
Poljska	0,0478	0,0955	0,1433	0,1910	0,2388	0,2866	0,3343	0,3821	0,4298
Mađarska	0,0394	0,0788	0,1182	0,1576	0,1971	0,2365	0,2759	0,3153	0,3547
Slovačka	0,0375	0,0751	0,1126	0,1502	0,1877	0,2253	0,2628	0,3003	0,3379
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 11: Vrijednosti Scenarija 2 za sve λ za 2018.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Italija	2	2	2	2	2	2	3	5	5
Latvia	4	4	4	3	3	3	2	2	2
Slovenija	3	3	3	4	4	4	4	3	4
Hrvatska	5	5	5	5	5	5	5	4	3
Bugarska	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Litvanija	7	7	7	7	7	6	6	6	6
Srbija	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Poljska	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mađarska	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Slovačka	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Luksemburg	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 12: Rang modela sa ograničenjem za sve vrijednosti λ za 2018.

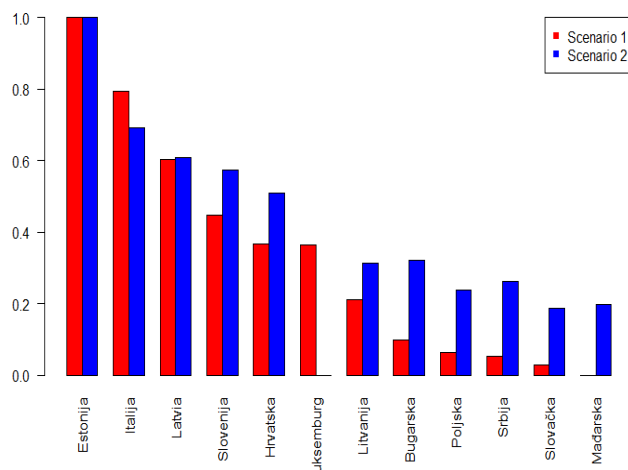
drugog pod-indikatora. Mađarska je ocijenjena kao najlošije rangirana zemlja što možemo povezati sa njenim nižim vrijednostima za sve pod-indikatore. U modelu bez ograničenja najlošiji ukupan učinak je imao Luksemburg što se ovde promijenilo, jer su pored visoke vrijednosti za prvi indikator uzete i druga dva pod-indikatora u obzir i time je povećan učinak za Luksemburg.

Poređenje ukupnih vrednosti za koeficijent prilagođavanja $\lambda = 0,5$ je predstavljen na slici 4.

Možemo videti da u modelu sa ograničenjima zemlje imaju ukupan bolji učinak. Kod Italije i Luksemburga vidimo suprotan efekat, da se sa pojavom ograničenja njihov učinak smanjuje što se može povezati sa uzimanjem u obzir svih pod-indikatora

Iz tabele 13 vidimo da je na osnovu korelacije prvi indikator značajno povezan sa modelom bez ograničenja dok je sa modelom sa ograničenjima slabije povezan i čak suprotno. Drugi indikator je slabo povezan sa prvim scenarijom, dok je sa drugim više povezan. To proizilazi iz toga da je nakon dobijanja težina drugom indikatoru dodijeljena vrijednost nula za mnoge zemlje dok kod ograničenja vrijednost drugog indikatora je bila veća od nule za sve DMU. Kako se

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije



Slika 4: Poređenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima

		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,5954	0,0112	0,5584	1	0,9392	0,4595	0,6828
	KI	0,5234	0,2502	0,5419	0,9392	1	0,5979	0,8548
Scenario 2	Model 1	-0,2777	0,6961	0,8572	0,4595	0,5979	1	0,8950
	KI	0,1131	0,5952	0,6926	0,6828	0,8548	0,8950	1

Tabela 13: Korelacija za 2018.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

drugi podindikator više posmatrao u drugom scenariju u odnosu na prvi tako je i njegova povezanost sa drugim scenarijom veća. Treći indikator je dobro povezan i sa prvim i sa drugim scenarijom, mada je više povezan sa drugim. To proizilazi iz toga da su i njemu dodijeljene težine nula. U scenarijima, model optimalne vrednosti i model za kompozitni indikator su dobro povezani. Dok su scenarija jedan sa drugim značajno povezani. Rastom vrijednosti Scenarija 1, rastu vrijednosti Scenarija 2. Kako su oba scenarija kreirana sa istim podindikatorima i matematičkim pristupom ali sa različitim uslovima za težine, onda vrijednosti Scenarija 1 i Scenarija 2 imaju jaku korelaciju.

		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,4869	-0,0666	0,4378	1	0,9282	0,6340	0,6620
	KI	0,5175	0,0909	0,5874	0,9282	1	0,7902	0,8322
Scenario 2	Model 1	0,0629	0,4685	0,9161	0,6340	0,7902	1	0,9441
	KI	0,1678	0,4126	0,7832	0,6620	0,8322	0,9441	1

Tabela 14: Spirmanova korelacija za 2018.

Iz tabele 14 vidimo da je vrijednost Spirmanove korelacije scenarija međusobno za nijansu niža ali su i dalje jako povezani.

U prilogu se nalaze vrijednosti za 2016. i 2017. godinu.

Poređenje rangova za scenario 1.

Što se tiče prvog scenarija, možemo primijetiti da su neke zemlje zadržale svoj rang za svako λ . To su: Estonija koja je prva tokom sve 3 godine, Italija koja je druga, kao i Mađarska koja je dvanaesta. Estonija i Italija su zadržale svoje vodeće pozicije za održiv razvoj energije na osnovu posmatrana 3 podindikatora jer su tokom 3 godine podindikator koji su imali najbolji performans za date zemlje uspjele da ga sačuvaju i čak poboljšaju tokom godina, tako da vrijednosti drugih indikatora nisu uticale na njihov učinak iako su imale težine 0 po posmatranom scenariju.

Slovačka je za sve λ tokom 2016. imala rang 10, da bi naredne dve godine imala rang 11. Trećem podindikatoru je dodijeljena vrijednost 0 pa nije uzet obzir. Energetski intenzitet je tokom godina ostao na sličnom nivou, dok se zavisnost od uvoza povećavala. S povećanjem uvoza i njen rang je opao.

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

Srbija je za sve λ tokom 2016. imala rang 9, tokom 2017. je zavisio od λ pa je sa rastom λ rang opao sa 10 na 9, da bi tokom 2018. rang bio 10 za sve λ . Srbiji je tokom sve 3 godine za energetske intenzitet dodijeljena vrijednost 0 kako je tokom sve tri godine imao najveći energetske intenzitet. Zavisnost od uvoza je rasla a procenat obnovljive energije je opadao. Kako smo za uvoz posmatrali njegov suprotan indikator, znači da je njegova vrijednost opala kao i drugog indikatora koji je uzet u obzir pa je i njen rang opao.

Bugarska je od 2016. do 2018. poboljšala svoj učinak pa tako i rang, iako je za različito λ rang različit, tj. s povećanjem λ tokom godine učinak je opadao. Za 2016. je za sve λ imala rang 11, dok se tokom 2017. rang išao od 8 do 10, a tokom 2018. od 6 do 9. Energetskom intenzitetu je dodijeljena težina 0 pa on nije posmatran. Procenat obnovljive energije je rastao tokom godina, dok se uvoz energije smanjivao, što je dovelo do povećanja njenog ranga na osnovu posmatranih podindikatora.

Latvia je imala povećanje ranga s godinama dok su Luksemburg, Litvanija i Hrvatska imali pad ranga.

Treba imati u vidu da u rangu za prvi scenario imaju uticaj i težine koje su bile 0, tako da svi podindikatora nisu bili uključeni u vrijednost kompozitnog indikatora određene zemlje.

Sa uključivanjem ograničenja, došlo je do promjene u učinku i rangu.

Poređenje rangova za scenario 2.

Za sve 3 godine, 3 države imaju isti rang za svako λ , a to su: Mađarska, Slovačka i Luksemburg čiji su rangovi redom 10, 11, 12. Iako se rang nije promijenio tokom godina, učinak je pao kod Mađarske i Slovačke. Kod obe zemlje je došlo do pada energetske intenziteta. Međutim uvoz energije je porastao, dok je procenat energije obnovljivih izvora pao, što je dovelo do pada učinka ali ne i promjene ranga.

Kod Srbije je rang pao sa 7 na 8 tokom godina. Iako se energetske intenzitet smanjio, smanjio se i procenat energije obnovljivih izvora. Došlo je do povećanja uvoza energije.

Bugarska je imala rast ranga tokom godina od 9 do 6. To proizilazi iz toga da je tokom godina poboljšala performanse za sva 3 podindikatora. Uvoz energije i energetske intenzitet su se smanjili, a udeo energije obnovljivih izvora se povećao.

Litvaniji i Poljskoj je rang opao jer se kod pojedinih podindikatora benefit smanjila ili ostala približno slična.

Latvia i Estonija su tokom godina poboljšale svoj učinak kao i rang. Vidimo da Estonija i Latvia imaju veće benefite kod indikatora obnovljive energije i uvoza energije i da je taj benefit s godinama rastao, kao što su imale i smanjenje energetske intenziteta što isto predstavlja benefit. Latvia tokom godina za

4 Kreiranje indikatora održivog razvoja energije

različito λ ima rang od 5 do 2. Za sve 3 godine za $\lambda = 0,5$ ima rang 3. Estonija je imala rang od 2 do 1. Međutim vidimo da je tokom 2017. samo za $\lambda = 0,1$ imala rang 2. Tokom 2018. rang joj je za sve λ 1.

Italija za različito λ ima rang od 1 do 5, međutim za $\lambda = 0,5$ za sve 3 godine joj je rang 2.

5 Zaključak

U radu je prikazan način konstruisanja kompozitnog indikatora jednom od najpopularnijih modela DEA metode za kreiranje kompozitnog indikatora, Benefit of the Doubt. Težine su dobijene pomenutom metodom, tako što smo tražili najbolji i najlošiji skup težina za svaku zemlju.

Konstruisan je indikator održivog razvoja energije na osnovu 3 podindikatora: intenzitet energije, zavisnost neto uvoza, i udeo obnovljivih izvora u finalnoj potrošnji energije. Konstrukcija je rađena za 12 evropskih zemalja, uključujući i Srbiju gdje se posmatralo kakav učinak imaju zemlje od 2016. - 2018. godine.

Posmatrana su 2 scenarija, bez ograničenja i sa ograničenjima. Kako u scenariju sa ograničenjima nisu svi podindikator uzeti u obzir jer su im DEA metodom dodijeljene težine nula, možemo reći da je scenario sa ograničenjima relevantniji izbor jer se posmatraju svi podindikator koji su odabrani.

Razmatran je uticaj koeficijenta prilagođavanja i njegov efekat na indikator održivog razvoja energije i rang.

Kod oba scenarija, promjena ranga je imala sličan efekat za pojedine zemlje, dok se kod modela sa ograničenjima više odrazio razvoj energije tokom godine i učinak, kao što je slučaj sa Estonijom. Najlošije rangirana zemlja kod prvog i drugog scenarija se razlikuju. Bolja vrijednost u podindikatoru koji su se posmatrali je uticala da Luksemburg ne bude najlošije rangirana po prvom scenariju već Mađarska. Lošije performanse podindikatora za Luksemburg prikazale su se u drugom scenariju.

Posmatrajući oba scenarija, Bugarska je povećala svoj učinak i rang tokom godina. Kod Estonije se po drugom scenariju može primijetiti da je poboljšala performans kod svojih podindikatora.

Srbija je po oba scenarija doživjela pad ranga tokom posmatranih godina.

Po oba scenarija, za pojedine zemlje različito λ je uticalo na promjenu ranga tokom godine. Posmatrajući 2018. godinu, po prvom scenariju sa rastom λ mijenjao se rang kod Slovenije od trećeg do šestog mjesta, zatim kod Bugarske od šestog do devetog mjesta i kod Luksemburga od sedmog do četvrtog mjesta. Kod drugog scenarija sa rastom λ mijenjao se rang za Italiju koji se kretao od drugog do petog mjesta u rangu.

Dodatak

Kod

Za računanje je korišten RStudio. Prvo je importovan fajl iz excela sa podacima indikatora. Uvedeni podaci su prikazani u DataFrame formatu. Podatke prebacujemo u formu matrice.

```
A=as.matrix(Data)

d1=replicate(12,"<=")
b=replicate(12,1)
library(lpSolve)

S1M1op1=lp("max",A[1,],A,d1,b)
S1M1op2=lp("max",A[2,],A,d1,b)
S1M1op3=lp("max",A[3,],A,d1,b)
S1M1op4=lp("max",A[4,],A,d1,b)
S1M1op5=lp("max",A[5,],A,d1,b)
S1M1op6=lp("max",A[6,],A,d1,b)
S1M1op7=lp("max",A[7,],A,d1,b)
S1M1op8=lp("max",A[8,],A,d1,b)
S1M1op9=lp("max",A[9,],A,d1,b)
S1M1op10=lp("max",A[10,],A,d1,b)
S1M1op11=lp("max",A[11,],A,d1,b)
S1M1op12=lp("max",A[12,],A,d1,b)

S1M1solution = matrix(c(S1M1op1$solution, S1M1op2$solution,
                        S1M1op3$solution, S1M1op4$solution,
                        S1M1op5$solution, S1M1op6$solution,
                        S1M1op7$solution, S1M1op8$solution,
                        S1M1op9$solution, S1M1op10$solution,
                        S1M1op11$solution, S1M1op12$solution),
                      ncol=3, byrow=TRUE)

S1M1solution

S1M1objvalue=c(S1M1op1$objval, S1M1op2$objval, S1M1op3$objval,
               S1M1op4$objval, S1M1op5$objval, S1M1op6$objval,
               S1M1op7$objval, S1M1op8$objval, S1M1op9$objval,
               S1M1op10$objval, S1M1op11$objval, S1M1op12$objval)
```

Dodatak

S1M1objvalue

S1M1min=min(S1M1objvalue)

S1M1max=max(S1M1objvalue)

S1M1n1=(S1M1objvalue[1] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n2=(S1M1objvalue[2] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n3=(S1M1objvalue[3] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n4=(S1M1objvalue[4] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n5=(S1M1objvalue[5] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n6=(S1M1objvalue[6] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n7=(S1M1objvalue[7] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n8=(S1M1objvalue[8] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n9=(S1M1objvalue[9] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n10=(S1M1objvalue[10] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n11=(S1M1objvalue[11] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1n12=(S1M1objvalue[12] - S1M1min) / (S1M1max - S1M1min)

S1M1N=c(S1M1n1, S1M1n2, S1M1n3, S1M1n4, S1M1n5, S1M1n6,
S1M1n7, S1M1n8, S1M1n9, S1M1n10, S1M1n11, S1M1n12)

d2=replicate(12,">=")

b=replicate(12,1)

S1M2op1=lp("min",A[1,],A,d2,b)

S1M2op2=lp("min",A[2,],A,d2,b)

S1M2op3=lp("min",A[3,],A,d2,b)

S1M2op4=lp("min",A[4,],A,d2,b)

S1M2op5=lp("min",A[5,],A,d2,b)

S1M2op6=lp("min",A[6,],A,d2,b)

S1M2op7=lp("min",A[7,],A,d2,b)

S1M2op8=lp("min",A[8,],A,d2,b)

S1M2op9=lp("min",A[9,],A,d2,b)

S1M2op10=lp("min",A[10,],A,d2,b)

S1M2op11=lp("min",A[11,],A,d2,b)

S1M2op12=lp("min",A[12,],A,d2,b)

Dodatak

```
S1M2solution = matrix(c(S1M2op1$solution, S1M2op2$solution,
                        S1M2op3$solution, S1M2op4$solution,
                        S1M2op5$solution, S1M2op6$solution,
                        S1M2op7$solution, S1M2op8$solution,
                        S1M2op9$solution, S1M2op10$solution,
                        S1M2op11$solution, S1M2op12$solution),
                      ncol=3, byrow=TRUE)
```

S1M2solution

```
S1M2objvalue=c(S1M2op1$objval, S1M2op2$objval, S1M2op3$objval,
               S1M2op4$objval, S1M2op5$objval, S1M2op6$objval,
               S1M2op7$objval, S1M2op8$objval, S1M2op9$objval,
               S1M2op10$objval, S1M2op11$objval, S1M2op12$objval)
```

S1M2objvalue

```
S1M2min=min(S1M2objvalue)
S1M2max=max(S1M2objvalue)
```

```
S1M2n1=(S1M2objvalue[1] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n2=(S1M2objvalue[2] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n3=(S1M2objvalue[3] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n4=(S1M2objvalue[4] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n5=(S1M2objvalue[5] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n6=(S1M2objvalue[6] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n7=(S1M2objvalue[7] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n8=(S1M2objvalue[8] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n9=(S1M2objvalue[9] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n10=(S1M2objvalue[10] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n11=(S1M2objvalue[11] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
S1M2n12=(S1M2objvalue[12] - S1M2min)/ (S1M2max - S1M2min)
```

```
S1M2N=c(S1M2n1, S1M2n2, S1M2n3, S1M2n4, S1M2n5, S1M2n6,
        S1M2n7, S1M2n8, S1M2n9, S1M2n10, S1M2n11,
        S1M2n12)
```

```
S1CI_0.1= 0.1*S1M1N + 0.9*S1M2N
S1CI_0.2= 0.2*S1M1N + 0.8*S1M2N
S1CI_0.3= 0.3*S1M1N + 0.7*S1M2N
S1CI_0.4= 0.4*S1M1N + 0.6*S1M2N
```

Dodatak

$S1CI_{0.5} = 0.5 * S1M1N + 0.5 * S1M2N$

$S1CI_{0.6} = 0.6 * S1M1N + 0.4 * S1M2N$

$S1CI_{0.7} = 0.7 * S1M1N + 0.3 * S1M2N$

$S1CI_{0.8} = 0.8 * S1M1N + 0.2 * S1M2N$

$S1CI_{0.9} = 0.9 * S1M1N + 0.1 * S1M2N$

```
S1CI=matrix(c(S1CI_0.1, S1CI_0.2, S1CI_0.3, S1CI_0.4,
              S1CI_0.5, S1CI_0.6, S1CI_0.7, S1CI_0.8,
              S1CI_0.9), ncol=9, byrow=FALSE)
```

```
dir1=replicate(18,"<=")
```

```
dir2=replicate(18,">=")
```

```
b1=c(replicate(12,1),replicate(6,0))
```

```
S2a1=A[1,]
```

```
S2D1=diag(S2a1)
```

```
S2T1=rbind(S2a1, S2a1, S2a1)
```

```
S2M1NS1=0.1*S2T1 - S2D1
```

```
S2M1KS1=S2D1 - 0.5*S2T1
```

```
S2M1C1=rbind(A, S2M1NS1, S2M1KS1)
```

```
S2M1op1=lp("max", S2M1C1[1,], S2M1C1, dir1, b1)
```

```
S2M2NS1=S2D1 - 0.1*S2T1
```

```
S2M2KS1=0.5*S2T1 - S2D1
```

```
S2M2C1=rbind(A, S2M2NS1, S2M2KS1)
```

```
S2M2op1=lp("min", S2M2C1[1,], S2M2C1, dir2, b1)
```

```
S2a2=A[2,]
```

```
S2D2=diag(S2a2)
```

```
S2T2=rbind(S2a2, S2a2, S2a2)
```

```
S2M1NS2=0.1*S2T2 - S2D2
```

```
S2M1KS2=S2D2 - 0.5*S2T2
```

```
S2M1C2=rbind(A, S2M1NS2, S2M1KS2)
```

Dodatak

$S2M1op2 = lp("max", S2M1C2[2,], S2M1C2, dir1, b1)$

$S2M2NS2 = S2D2 - 0.1 * S2T2$

$S2M2KS2 = 0.5 * S2T2 - S2D2$

$S2M2C2 = rbind(A, S2M2NS2, S2M2KS2)$

$S2M2op2 = lp("min", S2M2C2[2,], S2M2C2, dir2, b1)$

$S2a3 = A[3,]$

$S2D3 = diag(S2a3)$

$S2T3 = rbind(S2a3, S2a3, S2a3)$

$S2M1NS3 = 0.1 * S2T3 - S2D3$

$S2M1KS3 = S2D3 - 0.5 * S2T3$

$S2M1C3 = rbind(A, S2M1NS3, S2M1KS3)$

$S2M1op3 = lp("max", S2M1C3[3,], S2M1C3, dir1, b1)$

$S2M2NS3 = S2D3 - 0.1 * S2T3$

$S2M2KS3 = 0.5 * S2T3 - S2D3$

$S2M2C3 = rbind(A, S2M2NS3, S2M2KS3)$

$S2M2op3 = lp("min", S2M2C3[3,], S2M2C3, dir2, b1)$

$S2a4 = A[4,]$

$S2D4 = diag(S2a4)$

$S2T4 = rbind(S2a4, S2a4, S2a4)$

$S2M1NS4 = 0.1 * S2T4 - S2D4$

$S2M1KS4 = S2D4 - 0.5 * S2T4$

$S2M1C4 = rbind(A, S2M1NS4, S2M1KS4)$

$S2M1op4 = lp("max", S2M1C4[4,], S2M1C4, dir1, b1)$

$S2M2NS4 = S2D4 - 0.1 * S2T4$

$S2M2KS4 = 0.5 * S2T4 - S2D4$

$S2M2C4 = rbind(A, S2M2NS4, S2M2KS4)$

$S2M2op4 = lp("min", S2M2C4[4,], S2M2C4, dir2, b1)$

Dodatak

```
S2a5=A[5,]  
S2D5=diag(S2a5)  
S2T5=rbind(S2a5,S2a5,S2a5)
```

```
S2M1NS5=0.1*S2T5 - S2D5  
S2M1KS5=S2D5 - 0.5*S2T5  
S2M1C5=rbind(A,S2M1NS5,S2M1KS5)  
S2M1op5=lp("max",S2M1C5[5,],S2M1C5, dir1, b1)
```

```
S2M2NS5=S2D5 - 0.1*S2T5  
S2M2KS5=0.5*S2T5 - S2D5  
S2M2C5=rbind(A,S2M2NS5,S2M2KS5)  
S2M2op5=lp("min",S2M2C5[5,],S2M2C5, dir2, b1)
```

```
S2a6=A[6,]  
S2D6=diag(S2a6)  
S2T6=rbind(S2a6,S2a6,S2a6)
```

```
S2M1NS6=0.1*S2T6 - S2D6  
S2M1KS6=S2D6 - 0.5*S2T6  
S2M1C6=rbind(A,S2M1NS6,S2M1KS6)  
S2M1op6=lp("max",S2M1C6[6,],S2M1C6, dir1, b1)
```

```
S2M2NS6=S2D6 - 0.1*S2T6  
S2M2KS6=0.5*S2T6 - S2D6  
S2M2C6=rbind(A,S2M2NS6,S2M2KS6)  
S2M2op6=lp("min",S2M2C6[6,],S2M2C6, dir2, b1)
```

```
S2a7=A[7,]  
S2D7=diag(S2a7)  
S2T7=rbind(S2a7,S2a7,S2a7)
```

```
S2M1NS7=0.1*S2T7 - S2D7  
S2M1KS7=S2D7 - 0.5*S2T7  
S2M1C7=rbind(A,S2M1NS7,S2M1KS7)  
S2M1op7=lp("max",S2M1C7[7,],S2M1C7, dir1, b1)
```


Dodatak

```
S2M2NS7=S2D7 - 0.1*S2T7
S2M2KS7=0.5*S2T7 - S2D7
S2M2C7=rbind(A, S2M2NS7, S2M2KS7)
S2M2op7=lp("min", S2M2C7[7,], S2M2C7, dir2, b1)
```

```
S2a8=A[8,]
S2D8=diag(S2a8)
S2T8=rbind(S2a8, S2a8, S2a8)
```

```
S2M1NS8=0.1*S2T8 - S2D8
S2M1KS8=S2D8 - 0.5*S2T8
S2M1C8=rbind(A, S2M1NS8, S2M1KS8)
S2M1op8=lp("max", S2M1C8[8,], S2M1C8, dir1, b1)
```

```
S2M2NS8=S2D8 - 0.1*S2T8
S2M2KS8=0.5*S2T8 - S2D8
S2M2C8=rbind(A, S2M2NS8, S2M2KS8)
S2M2op8=lp("min", S2M2C8[8,], S2M2C8, dir2, b1)
```

```
S2a9=A[9,]
S2D9=diag(S2a9)
S2T9=rbind(S2a9, S2a9, S2a9)
```

```
S2M1NS9=0.1*S2T9 - S2D9
S2M1KS9=S2D9 - 0.5*S2T9
S2M1C9=rbind(A, S2M1NS9, S2M1KS9)
S2M1op9=lp("max", S2M1C9[9,], S2M1C9, dir1, b1)
```

```
S2M2NS9=S2D9 - 0.1*S2T9
S2M2KS9=0.5*S2T9 - S2D9
S2M2C9=rbind(A, S2M2NS9, S2M2KS9)
S2M2op9=lp("min", S2M2C9[9,], S2M2C9, dir2, b1)
```

```
S2a10=A[10,]
S2D10=diag(S2a10)
```

Dodatak

S2T10=rbind(S2a10, S2a10, S2a10)

S2M1NS10=0.1*S2T10 - S2D10

S2M1KS10=S2D10 - 0.5*S2T10

S2M1C10=rbind(A, S2M1NS10, S2M1KS10)

S2M1op10=lp("max", S2M1C10[10,], S2M1C10, dir1, b1)

S2M2NS10=S2D10 - 0.1*S2T10

S2M2KS10=0.5*S2T10 - S2D10

S2M2C10=rbind(A, S2M2NS10, S2M2KS10)

S2M2op10=lp("min", S2M2C10[10,], S2M2C10, dir2, b1)

S2a11=A[11,]

S2D11=diag(S2a11)

S2T11=rbind(S2a11, S2a11, S2a11)

S2M1NS11=0.1*S2T11 - S2D11

S2M1KS11=S2D11 - 0.5*S2T11

S2M1C11=rbind(A, S2M1NS11, S2M1KS11)

S2M1op11=lp("max", S2M1C11[11,], S2M1C11, dir1, b1)

S2M2NS11=S2D11 - 0.1*S2T11

S2M2KS11=0.5*S2T11 - S2D11

S2M2C11=rbind(A, S2M2NS11, S2M2KS11)

S2M2op11=lp("min", S2M2C11[11,], S2M2C11, dir2, b1)

S2a12=A[12,]

S2D12=diag(S2a12)

S2T12=rbind(S2a12, S2a12, S2a12)

S2M1NS12=0.1*S2T12 - S2D12

S2M1KS12=S2D12 - 0.5*S2T12

S2M1C12=rbind(A, S2M1NS12, S2M1KS12)

S2M1op12=lp("max", S2M1C12[12,], S2M1C12, dir1, b1)

S2M2NS12=S2D12 - 0.1*S2T12

S2M2KS12=0.5*S2T12 - S2D12

Dodatak

```
S2M2C12=rbind(A, S2M2NS12, S2M2KS12)
S2M2op12=lp("min", S2M2C12[12,], S2M2C12, dir2, b1)
```

```
S2M1solution = matrix(c(S2M1op1$solution, S2M1op2$solution,
                        S2M1op3$solution, S2M1op4$solution,
                        S2M1op5$solution, S2M1op6$solution,
                        S2M1op7$solution, S2M1op8$solution,
                        S2M1op9$solution, S2M1op10$solution,
                        S2M1op11$solution, S2M1op12$solution),
                      ncol=3, byrow=TRUE)
```

S2M1solution

```
S2M1objvalue=c(S2M1op1$objval, S2M1op2$objval, S2M1op3$objval,
               S2M1op4$objval, S2M1op5$objval, S2M1op6$objval,
               S2M1op7$objval, S2M1op8$objval, S2M1op9$objval,
               S2M1op10$objval, S2M1op11$objval, S2M1op12$objval)
```

S2M1objvalue

```
S2M2solution = matrix(c(S2M2op1$solution, S2M2op2$solution,
                        S2M2op3$solution, S2M2op4$solution,
                        S2M2op5$solution, S2M2op6$solution,
                        S2M2op7$solution, S2M2op8$solution,
                        S2M2op9$solution, S2M2op10$solution,
                        S2M2op11$solution, S2M2op12$solution),
                      ncol=3, byrow=TRUE)
```

S2M2solution

```
S2M2objvalue=c(S2M2op1$objval, S2M2op2$objval, S2M2op3$objval,
               S2M2op4$objval, S2M2op5$objval, S2M2op6$objval,
               S2M2op7$objval, S2M2op8$objval, S2M2op9$objval,
               S2M2op10$objval, S2M2op11$objval, S2M2op12$objval)
```

Dodatak

S2M2objvalue

S2M1min=min(S2M1objvalue)

S2M1max=max(S2M1objvalue)

S2M1n1=(S2M1objvalue[1] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n2=(S2M1objvalue[2] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n3=(S2M1objvalue[3] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n4=(S2M1objvalue[4] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n5=(S2M1objvalue[5] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n6=(S2M1objvalue[6] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n7=(S2M1objvalue[7] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n8=(S2M1objvalue[8] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n9=(S2M1objvalue[9] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n10=(S2M1objvalue[10] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n11=(S2M1objvalue[11] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1n12=(S2M1objvalue[12] - S2M1min) / (S2M1max - S2M1min)

S2M1N=c(S2M1n1, S2M1n2, S2M1n3, S2M1n4, S2M1n5, S2M1n6,
S2M1n7, S2M1n8, S2M1n9, S2M1n10, S2M1n11, S2M1n12)

S2M1N

S2M2min=min(S2M2objvalue)

S2M2max=max(S2M2objvalue)

S2M2n1=(S2M2objvalue[1] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n2=(S2M2objvalue[2] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n3=(S2M2objvalue[3] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n4=(S2M2objvalue[4] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n5=(S2M2objvalue[5] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n6=(S2M2objvalue[6] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n7=(S2M2objvalue[7] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n8=(S2M2objvalue[8] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n9=(S2M2objvalue[9] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n10=(S2M2objvalue[10] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n11=(S2M2objvalue[11] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

S2M2n12=(S2M2objvalue[12] - S2M2min) / (S2M2max - S2M2min)

Dodatak

```
S2M2N=c(S2M2n1, S2M2n2, S2M2n3, S2M2n4, S2M2n5, S2M2n6,  
        S2M2n7, S2M2n8, S2M2n9, S2M2n10, S2M2n11,  
        S2M2n12)
```

```
S2M2N
```

```
S2CI_0.1= 0.1*S2M1N + 0.9*S2M2N
```

```
S2CI_0.2= 0.2*S2M1N + 0.8*S2M2N
```

```
S2CI_0.3= 0.3*S2M1N + 0.7*S2M2N
```

```
S2CI_0.4= 0.4*S2M1N + 0.6*S2M2N
```

```
S2CI_0.5= 0.5*S2M1N + 0.5*S2M2N
```

```
S2CI_0.6= 0.6*S2M1N + 0.4*S2M2N
```

```
S2CI_0.7= 0.7*S2M1N + 0.3*S2M2N
```

```
S2CI_0.8= 0.8*S2M1N + 0.2*S2M2N
```

```
S2CI_0.9= 0.9*S2M1N + 0.1*S2M2N
```

```
S2CI=matrix(c(S2CI_0.1, S2CI_0.2, S2CI_0.3, S2CI_0.4,  
             S2CI_0.5, S2CI_0.6, S2CI_0.7, S2CI_0.8,  
             S2CI_0.9), ncol=9, byrow=FALSE)
```

Dodatak

Rezultati

2017.godina

2017	I1	I2	I3
Bugarska	0,189256356	39,362	18,701
Hrvatska	0,140545561	53,144	27,28
Estonija	0,121972762	3,921	29,127
Italija	0,066336795	76,979	18,267
Mađarska	0,147289358	62,536	13,517
Latvia	0,149265985	44,053	39,019
Litvanija	0,125386213	71,965	26,039
Luksemburg	0,073925181	95,55	6,286
Poljska	0,151932463	38,297	10,964
Slovačka	0,131327998	64,845	11,465
Slovenija	0,116313964	51,024	21,056
Srbija	0,224585474	33,815	20,287

Tabela 15: Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2017.

Dodatak

2017	I1	I2	I3
Bugarska	5,283838384	60,638	18,701
Hrvatska	7,115130435	46,856	27,28
Estonija	8,198551724	96,079	29,127
Italija	15,07459028	23,021	18,267
Mađarska	6,789356757	37,464	13,517
Latvia	6,69945	55,947	39,019
Litvanija	7,975358491	28,035	26,039
Luksemburg	13,52719048	4,45	6,286
Poljska	6,581871831	61,703	10,964
Slovačka	7,614522523	35,155	11,465
Slovenija	8,59742	48,976	21,056
Srbija	4,452647727	66,185	20,287

Tabela 16: Benefit type podaci za 2017.

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	1,0000	0,6446	0,8223
Latvia	1,0000	0,2374	0,6187
Slovenija	0,5073	0,4609	0,4841
Hrvatska	0,5627	0,1830	0,3729
Luksemburg	0,7445	0,0000	0,3722
Litvanija	0,5605	0,0000	0,2803
Poljska	0,2994	0,0000	0,1497
Srbija	0,2359	0,0000	0,1180
Bugarska	0,1059	0,0488	0,0774
Slovačka	0,0878	0,0000	0,0439
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 17: Vrijednosti modela 4.0.3 za $\lambda = 0,5$ 2017.

Dodatak

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	0,6802	0,7157	0,7512	0,7868	0,8223	0,8578	0,8934	0,9289	0,9645
Latvia	0,3137	0,3899	0,4662	0,5424	0,6187	0,6950	0,7712	0,8475	0,9237
Slovenija	0,4655	0,4702	0,4748	0,4794	0,4841	0,4887	0,4934	0,4980	0,5026
Hrvatska	0,2210	0,2590	0,2969	0,3349	0,3729	0,4108	0,4488	0,4868	0,5247
Luksemburg	0,0744	0,1489	0,2233	0,2978	0,3722	0,4467	0,5211	0,5956	0,6700
Litvanija	0,0561	0,1121	0,1682	0,2242	0,2803	0,3363	0,3924	0,4484	0,5045
Poljska	0,0299	0,0599	0,0898	0,1198	0,1497	0,1797	0,2096	0,2395	0,2695
Srbija	0,0236	0,0472	0,0708	0,0944	0,1180	0,1416	0,1652	0,1888	0,2123
Bugarska	0,0545	0,0603	0,0660	0,0717	0,0774	0,0831	0,0888	0,0945	0,1002
Slovačka	0,0088	0,0176	0,0263	0,0351	0,0439	0,0527	0,0614	0,0702	0,0790
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 18: Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2017.

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Italija	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Latvia	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Slovenija	3	3	3	4	4	4	5	5	7
Hrvatska	5	5	5	5	5	6	6	6	5
Luksemburg	6	6	6	6	6	5	4	4	4
Litvanija	7	7	7	7	7	7	7	7	6
Poljska	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Srbija	10	10	9	9	9	9	9	9	9
Bugarska	8	8	10	10	10	10	10	10	10
Slovačka	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mađarska	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 19: Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2017.

Dodatak

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	0,9298	0,9649
Italija	0,6792	1,0000	0,8396
Latvia	0,9214	0,3621	0,6418
Slovenija	0,7424	0,4717	0,6071
Hrvatska	0,7714	0,2785	0,5250
Litvanija	0,6963	0,0933	0,3948
Bugarska	0,5325	0,0454	0,2890
Srbija	0,5763	0,0000	0,2881
Poljska	0,5596	0,0000	0,2798
Mađarska	0,4468	0,0000	0,2234
Slovačka	0,4056	0,0000	0,2028
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 20: Vrijednosti Scenarija 2 za $\lambda = 0,5$ za 2017.

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	0,9368	0,9438	0,9508	0,9579	0,9649	0,9719	0,9789	0,9860	0,9930
Italija	0,9679	0,9358	0,9038	0,8717	0,8396	0,8075	0,7754	0,7434	0,7113
Latvia	0,4180	0,4740	0,5299	0,5858	0,6418	0,6977	0,7536	0,8095	0,8655
Slovenija	0,4988	0,5259	0,5529	0,5800	0,6071	0,6341	0,6612	0,6882	0,7153
Hrvatska	0,3278	0,3771	0,4264	0,4757	0,5250	0,5742	0,6235	0,6728	0,7221
Litvanija	0,1536	0,2139	0,2742	0,3345	0,3948	0,4551	0,5154	0,5757	0,6360
Bugarska	0,0941	0,1428	0,1915	0,2403	0,2890	0,3377	0,3864	0,4351	0,4838
Srbija	0,0576	0,1153	0,1729	0,2305	0,2881	0,3458	0,4034	0,4610	0,5186
Poljska	0,0560	0,1119	0,1679	0,2239	0,2798	0,3358	0,3917	0,4477	0,5037
Mađarska	0,0447	0,0894	0,1340	0,1787	0,2234	0,2681	0,3127	0,3574	0,4021
Slovačka	0,0406	0,0811	0,1217	0,1622	0,2028	0,2433	0,2839	0,3245	0,3650
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 21: Vrijednosti Scenarija 2 za sve λ za 2017.

Dodatak

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Italija	1	2	2	2	2	2	2	3	5
Latvia	4	4	4	3	3	3	3	2	2
Slovenija	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Hrvatska	5	5	5	5	5	5	5	5	3
Litvanija	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Bugarska	7	7	7	7	7	8	9	9	9
Srbija	8	8	8	8	8	7	7	7	7
Poljska	9	9	9	9	9	9	8	8	8
Mađarska	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Slovačka	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Luksemburg	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 22: Rang Scenarija 2 za sve vrijednosti λ za 2017.

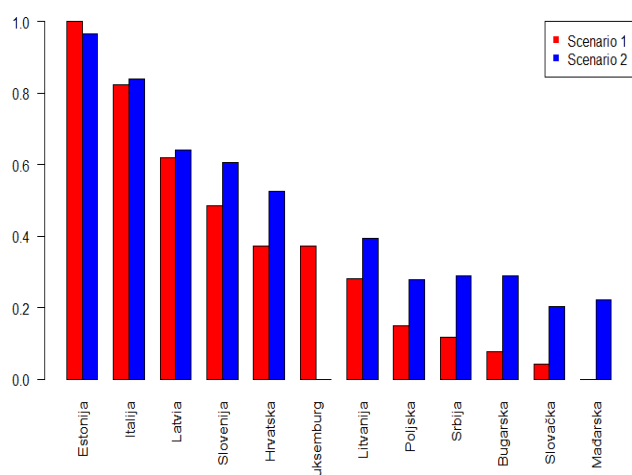
		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,5785	0,0179	0,5280	1	0,9296	0,4393	0,6931
	KI	0,5177	0,2323	0,5198	0,9296	1	0,5755	0,8629
Scenario 2	Model 1	-0,2895	0,6754	0,8671	0,4393	0,5755	1	0,8633
	KI	0,1852	0,4778	0,6839	0,6931	0,8629	0,8633	1

Tabela 23: Korelacija za 2017.

Dodatak

		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,4869	-0,0210	0,5149	1	0,9387	0,6620	0,6795
	KI	0,5594	0,0629	0,5524	0,9387	1	0,7552	0,8182
Scenario 2	Model 1	0,0839	0,4336	0,9161	0,6620	0,7552	1	0,9021
	KI	0,2517	0,3077	0,7902	0,6795	0,8182	0,9021	1

Tabela 24: Spirmanova korelacija za 2017.



Slika 5: Poredjenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima - 2017

Dodatak

2016.godina

2016	I1	I2	I3
Bugarska	0,199504324	38,472	18,76
Hrvatska	0,141583808	48,42	28,267
Estonija	0,129070325	7,977	28,684
Italija	0,068345856	77,653	17,415
Mađarska	0,154434527	55,816	14,315
Latvia	0,15155987	47,152	37,138
Litvanija	0,131127646	74,784	25,614
Luksemburg	0,072903301	96,149	5,44
Poljska	0,156134357	30,792	11,267
Slovačka	0,12833438	60,551	12,029
Slovenija	0,121387484	49,297	21,293
Srbija	0,23418566	29,726	21,147

Tabela 25: Podaci preuzeti sa sajta Eurostat za 2016.

Dodatak

2016	I1	I2	I3
Bugarska	5,01242268	61,528	18,76
Hrvatska	7,062954545	51,58	28,267
Estonija	7,747714286	92,023	28,684
Italija	14,63146506	22,347	17,415
Mađarska	6,475235955	44,184	14,315
Latvia	6,598052632	52,848	37,138
Litvanija	7,626156863	25,216	25,614
Luksemburg	13,7168	3,851	5,44
Poljska	6,40474024	69,208	11,267
Slovačka	7,792144231	39,449	12,029
Slovenija	8,238081633	50,703	21,293
Srbija	4,270116279	70,274	21,147

Tabela 26: Benefit type podaci za 2016.

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	1,0000	0,6848	0,8424
Latvia	1,0000	0,2077	0,6038
Slovenija	0,5002	0,4584	0,4793
Hrvatska	0,6607	0,2824	0,4715
Luksemburg	0,8245	0,0000	0,4123
Litvanija	0,5263	0,0000	0,2632
Poljska	0,4004	0,0000	0,2002
Srbija	0,3366	0,0000	0,1683
Slovačka	0,1415	0,0000	0,0708
Bugarska	0,0698	0,0000	0,0349
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 27: Vrijednosti modela 4.0.3 za 2016.

Dodatak

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Italija	0,7163	0,7478	0,7794	0,8109	0,8424	0,8739	0,9054	0,9370	0,9685
Latvia	0,2869	0,3662	0,4454	0,5246	0,6038	0,6831	0,7623	0,8415	0,9208
Slovenija	0,4626	0,4668	0,4710	0,4751	0,4793	0,4835	0,4877	0,4918	0,4960
Hrvatska	0,3202	0,3581	0,3959	0,4337	0,4715	0,5094	0,5472	0,5850	0,6228
Luksemburg	0,0825	0,1649	0,2474	0,3298	0,4123	0,4947	0,5772	0,6596	0,7421
Litvanija	0,0526	0,1053	0,1579	0,2105	0,2632	0,3158	0,3684	0,4211	0,4737
Poljska	0,0400	0,0801	0,1201	0,1602	0,2002	0,2402	0,2803	0,3203	0,3603
Srbija	0,0337	0,0673	0,1010	0,1346	0,1683	0,2019	0,2356	0,2692	0,3029
Slovačka	0,0142	0,0283	0,0425	0,0566	0,0708	0,0849	0,0991	0,1132	0,1274
Bugarska	0,0070	0,0140	0,0209	0,0279	0,0349	0,0419	0,0488	0,0558	0,0628
Mađarska	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 28: Vrijednosti modela 4.0.3 za sve λ za 2016.

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Italija	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Latvia	5	4	4	3	3	3	3	3	3
Slovenija	3	3	3	4	4	6	6	6	6
Hrvatska	4	5	5	5	5	4	5	5	5
Luksemburg	6	6	6	6	6	5	4	4	4
Litvanija	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Poljska	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Srbija	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Slovačka	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bugarska	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mađarska	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 29: Rangiran učinak za sve vrijednosti λ za 2016.

Dodatak

Zemlje	gnI_i	bnI_i	KI(0,5)
Estonija	1,0000	0,8215	0,9107
Italija	0,6824	1,0000	0,8412
Latvia	0,9260	0,2857	0,6059
Slovenija	0,7749	0,3854	0,5801
Hrvatska	0,8438	0,2991	0,5715
Litvanija	0,6928	0,0140	0,3534
Srbija	0,6526	0,0000	0,3263
Poljska	0,6431	0,0000	0,3215
Bugarska	0,5707	0,0000	0,2854
Mađarska	0,5190	0,0000	0,2595
Slovačka	0,4933	0,0000	0,2466
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 30: Vrijednosti Scenarija 2 za $\lambda = 0,5$ za 2016

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	0,8393	0,8572	0,8750	0,8929	0,9107	0,9286	0,9464	0,9643	0,9821
Italija	0,9682	0,9365	0,9047	0,8730	0,8412	0,8095	0,7777	0,7459	0,7142
Latvia	0,3498	0,4138	0,4778	0,5419	0,6059	0,6699	0,7339	0,7980	0,8620
Slovenija	0,4243	0,4633	0,5022	0,5412	0,5801	0,6191	0,6580	0,6970	0,7359
Hrvatska	0,3536	0,4081	0,4625	0,5170	0,5715	0,6259	0,6804	0,7349	0,7893
Litvanija	0,0819	0,1498	0,2177	0,2855	0,3534	0,4213	0,4892	0,5571	0,6250
Srbija	0,0653	0,1305	0,1958	0,2611	0,3263	0,3916	0,4569	0,5221	0,5874
Poljska	0,0643	0,1286	0,1929	0,2572	0,3215	0,3858	0,4502	0,5145	0,5788
Bugarska	0,0571	0,1141	0,1712	0,2283	0,2854	0,3424	0,3995	0,4566	0,5137
Mađarska	0,0519	0,1038	0,1557	0,2076	0,2595	0,3114	0,3633	0,4152	0,4671
Slovačka	0,0493	0,0987	0,1480	0,1973	0,2466	0,2960	0,3453	0,3946	0,4440
Luksemburg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 31: Vrijednosti scenarija 2 za sve λ za 2016.

Dodatak

λ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Estonija	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Italija	1	1	1	2	2	2	2	3	5
Latvia	5	4	4	3	3	3	3	2	2
Slovenija	3	3	3	4	4	5	5	5	4
Hrvatska	4	5	5	5	5	4	4	4	3
Litvanija	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Srbija	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Poljska	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Bugarska	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mađarska	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Slovačka	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Luksemburg	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 32: Rang Scenarija 2 za sve vrijednosti λ za 2016.

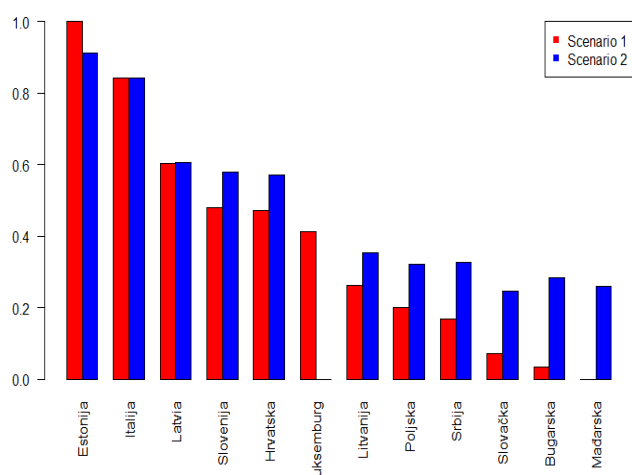
		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,5651	-0,1000	0,4282	1	0,9205	0,2976	0,6131
	KI	0,5030	0,1101	0,4559	0,9205	1	0,4712	0,8237
Scenario 2	Model 1	-0,4161	0,6698	0,8512	0,2976	0,4712	1	0,8243
	KI	0,1240	0,4113	0,6495	0,6131	0,8237	0,8243	1

Tabela 33: Korelacija za 2016.

Dodatak

		I1	I2	I3	Scenario 1		Scenario 2	
					Model 1	KI	Model 1	KI
Scenario 1	Model 1	0,5493	-0,0986	0,4507	1	0,9437	0,6197	0,6902
	KI	0,5734	0,0210	0,5315	0,9437	1	0,7413	0,8252
Scenario 2	Model 2	0,0280	0,4406	0,9161	0,6197	0,7413	1	0,9231
	KI	0,1958	0,3217	0,7692	0,6902	0,8252	0,9231	1

Tabela 34: Spirmanova korelacija za 2016.



Slika 6: Poredjenje prvog modela sa modelom sa ograničenjima - 2016

LITERATURA

Literatura

- [1] Smarter, greener, more inclusive - indicators to support the Europe 2020 strategy, Statistica book, EUROSTAT, 2019,
<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10155585/KS-04-19-559-EN-N.pdf/b8528d01-4f4f-9c1e-4cd4-86c2328559de>,
02.07.2020
- [2] Energy Indicators for Sustainable Development: guidelines and methodologies, IAEA 2005,
https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222_web.pdf,
17.06.2020
- [3] Zhou P, Ang B.W., Poh K L, A mathematical programming approach to constructing composite indicators, *Ecological Economics*, 2007, 62(2): 291-297
- [4] Handbook on Constructing Composite Indicators, methodology and user guide OECD 2008, <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>, 22.05.2020
- [5] Cooper William W., Seiford, Lawrence M., Zhu, Joe; Handbook on Data Envelopment Analysis, Springer, 2011.
- [6] Hana Moon, Daiki Min, Assessing energy efficiency and the related policy implications for energy-intensive firms in Korea: DEA approach, *Energy*, 2017, 133: 23-34.
- [7] Muhammad Mohsin, Farhad Taghizadeh-Hesary, Nisit Panthamit, Saba Anwar, Qaiser Abbas, Xuan Vinh Vo, Developing Low Carbon Finance Index: Evidence From Developed and Developing Economies, *Finance Research Letters*, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101520>
- [8] Pau Hugué Ferran, Reinout Heijungs, Joost G. Vogt Critical Analysis of Methods for Integrating Economic and Environmental Indicators, *Ecological Economics*, 2017, 146: 549-559
- [9] Yumei Hou, Wasim Iqbal, Ghulam Shaikh, Nadeem Iqbal, Yasir Ahmad Solangi, Arooj Fatima, Measuring Energy Efficiency and Environmental Performance: A Case of South Asia, *Processes*, 2019, 7(6): 325
- [10] European Commission, Jose Manuel Barroso, EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth Brussels, 2010,
<https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20>

LITERATURA

%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf,
22.09.2020

- [11] El Gibari, S., Gomez, T. & Ruiz, F., Building composite indicators using multicriteria methods: a review *J Bus Econ* 89, 1–24 (2019).
<https://doi.org/10.1007/s11573-018-0902-z>
- [12] Brundtland, G.H., *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development* World Commission on Environment and Development, 1987,
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
06.09.2020
- [13] <https://sdgs.un.org/>
- [14] Konstantinos D.Patlitzianas, Haris Doukas, Argyris G.Kagiannas, John Psarras *Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations* Elsevier, 2007, 33: 966–973
- [15] <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [16] Laurens Cherchye, Willem Moesen, Nicky Rogge, Tom Van Puyenbroeck, *An introduction to Benefit of the Doubt composite indicators* Springer, 2006, 82: 111–145
- [17] Luc, Dinh The, *Multiobjective Linear Programming* Springer, 2016.

Biografija

Jelena Vračević je rođena 03.04.1992. godine u Prnjavoru, Republika Srpska - BiH. Nakon završene Osnovne škole " Sveti Sava" u Gornjim Smrtićima, upisala je Gimnaziju "Gimnazija sa tehničkim školama", smjer opšti, u Derventi. Nakon završene srednje škole 2011. godine, upisala je osnovne akademske studije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, smjer matematika finansija, koje završava u septembru 2015. godine. Iste godine upisuje master studije na istom fakultetu i usmjerenju. Položila je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom, čime je stekla uslov za odbranu master rada.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Master rad

VR

Autor: Jelena Vračević

AU

Mentor: Prof. dr Zorana Lužanin

MN

Naslov rada: Kreiranje indikatora održivog razvoja energije DEA metodom

NR

Jezik publikacije: Srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: s / en

JI

Zemlja publikovanja: Republika Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2020

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4

MA

Fizički opis rada: 4 poglavlja, 75 stranica, 17 referenci, 34 tabele, 6 slika

FO:

Naučna oblast: Primenjena matematika

NO

Naučna disciplina: Statistička analiza

ND

Ključne reči: kompozitni indikatori, DEA metoda, BOD model, težine, održiv razvoj, energija, rang

PO

UDK

Čuva se: U biblioteci Departmana za matematiku i informatiku,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

ČU

Važna napomena:

VN

Izvod: Master rad ima za cilj kreiranje kompozitnog indikatora održivog razvoja energije DEA metodom kao i poređenje vrijednosti dobijenih rezultata radi rangiranja posmatranih zemalja i njihovog učinka. Prvo je uveden pojam kompozitnog indikatora, njegove prednosti i mane kao i koraci za kreiranje. Zatim je uveden pojam održivog razvoja i održivog razvoja energije. Analizirani su postojeći radovi za kompozitne indikatore, DEA metoda i održiv razvoj. Dalje je kreiran indikator održivog razvoja energije na osnovu posmatrana 3 podindikatora za 12 evropskih zemalja uključujući i Srbiju.

IZ

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: 09.09.2020.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: dr Andreja Tepavčević, redovni profesor

Član: dr Sanja Rapajić, redovni profesor

Mentor: dr Zorana Lužanin, redovni profesor

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph type

DT

Type of record: Printed text

TR

Contents Code: Master thesis

CC

Author: Jelena Vračević

AU

Mentor: Zorana Lužanin, PhD

MN

Title: Creating sustainable energy development indicator using DEA

XI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: s / en

LA

Country of publication: Republic of Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2020

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4

PP

Physical description: 4 chapters, 75 pages, 17 references, 34 tables, 6 pictures

PD

Scientific field: Applied Mathematics

SF

Scientific discipline: Statistical analysis

SD

Subject/Key words: composite indicators, DEA metod, BOD model, weights, sustainable development, energy, rank

SKW

UC

Holding data: The Library of the Department of Mathematics and Informatics, Faculty of Science and Mathematics, University of Novi Sad

HD

Note:

N

Abstract: The master's thesis aims to create composite indicator for sustainable energy development using DEA and also compare result values due to ranking of observed countries and their performance. First, the basic concept for composite indicator is introduced, it's pros and cons and steps for creation. Then is introduced basic concept for sustainable development and sustainable energy development. The existing articles about composite indicators, DEA and sustainable development are analyzed. Further, it is created sustainable energy development indicator based on observed 3 subindicators for 12 European countries, including Serbia.

AB

Accepted by the Scientific Board on: 09.09.2020.

ASB

Defended:

DE

Thesis defend board:

DB

President: Prof. Andreja Tepavčević, PhD

Member: Prof. Sanja Rapajić, PhD

Mentor: Prof. Zorana Lužanin, PhD