

UNIVERZITET U BEOGRADU

EKONOMSKI FAKULTET

Ana N. Krstić Srejović

**ULOGA VIŠEKRITERIJUMSKOG
ODLUČIVANJA U PRAĆENJU NAPRETKA
REALIZACIJE CILJEVA ODRŽIVOG RAZVOJA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF ECONOMICS AND BUSINESS

Ana N. Krstić Srejović

**THE ROLE OF MULTIPLE CRITERIA
DECISION AIDING IN MONITORING
PROGRESS TOWARD THE ACHIEVEMENT
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2026

Mentor:

dr Mladen Stamenković, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

Članovi komisije:

dr Dragan Azdejković, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

dr Zoran Popović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

prof. dr Đorđe Kaličanin
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

prof. dr Đorđe Mitrović
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

prof. dr Predrag Mimović
Univerzitet u Kragujevcu, Ekonomski fakultet

Datum odbrane:

Uloga višekriterijumskog odlučivanja u praćenju napretka realizacije ciljeva održivog razvoja

Rezime

Održivi razvoj predstavlja kompleksan i višedimenzionalan koncept koji integriše ekonomske, socijalne i ekološke dimenzije razvoja sa ciljem unapređenja blagostanja sadašnjih i budućih generacija. U disertaciji se analizira uloga kvantitativnih i višekriterijumskih metoda u praćenju napretka u realizaciji ciljeva održivog razvoja definisanih Agendom 2030, sa posebnim fokusom na inovativni pristup višestapnog benčmarkinga. Ovaj pristup omogućava identifikaciju realnih i dostižnih razvojnih putanja kroz postepeno unapređenje performansi, čime se prevazilaze ograničenja tradicionalnog oslanjanja isključivo na najbolju praksu.

U empirijskom delu istraživanja, metoda ELECTRE III primenjena je za rangiranje evropskih zemalja prema indikatorima obrazovanja, dok je višestapni benčmarking korišćen za definisanje optimalnih razvojnih pravaca u oblasti jednakih obrazovnih mogućnosti (Cilj 4). Paralelno, efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja analizirana je primenom DEA metodologije i DEA window analize, što omogućava dinamičko sagledavanje performansi i identifikaciju referentnih praksi u oblasti inovacija (Cilj 9).

Rezultati istraživanja ukazuju na značaj integrisanog metodološkog pristupa koji kombinuje benčmarking i kvantitativne metode u cilju objektivne evaluacije napretka, identifikacije razvojnih dispariteta i formulisanja preporuka za unapređenje javnih politika. Naučni doprinos rada ogleda se u razvoju integrisanog metodološkog okvira koji povezuje višekriterijumsko odlučivanje, benčmarking i analizu obavljanja podataka u praćenju i unapređenju ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Predloženi metodološki okvir doprinosi razvoju analize održivog razvoja kroz povezivanje teorijskih koncepata i empirijskih metoda, čime se unapređuje donošenje odluka u kontekstu savremenih globalnih izazova.

Ključne reči: održivi razvoj, ciljevi održivog razvoja, višekriterijumsko odlučivanje, višestapni benčmarking, DEA analiza, ELECTRE III, efikasnost, inovacije, obrazovanje, Agenda 2030

Naučna oblast: Ekonomija, operaciona istraživanja

Uža naučna oblast: višekriterijumsko odlučivanje, ciljevi održivog razvoja

JEL klasifikacija: C44, C61, C67, O32, Q01, O38, I21, I25, D81

UDK broj: 519.816:502.131.1(043.3)

The Role of Multiple Criteria Decision Aiding in Monitoring Progress Toward the Achievement of Sustainable Development Goals

Abstract

Sustainable development represents a complex and multidimensional concept that integrates economic, social, and environmental dimensions of development with the aim of improving the well-being of present and future generations. This dissertation analyzes the role of quantitative and multicriteria methods in monitoring progress toward the achievement of the Sustainable Development Goals defined by the 2030 Agenda, with a particular focus on the innovative approach of stepwise benchmarking. This approach enables the identification of realistic and attainable development paths through gradual performance improvement, thereby overcoming the limitations of relying solely on best practices.

In the empirical part of the research, the ELECTRE III method is applied to rank European countries according to education indicators, while stepwise benchmarking is used to define optimal development pathways in the field of equal educational opportunities (Goal 4). At the same time, the efficiency of national research and development systems is analyzed using DEA methodology and DEA window analysis, enabling dynamic performance assessment and the identification of reference practices in the field of innovation (Goal 9).

The research results highlight the importance of an integrated methodological approach that combines benchmarking and quantitative methods in order to provide an objective evaluation of progress, identify development disparities, and formulate recommendations for improving public policies. The scientific contribution of the study lies in the development of an integrated methodological framework that links multicriteria decision-making and benchmarking in the analysis of Sustainable Development Goals, thereby advancing existing approaches to performance measurement and interpretation. The proposed methodological framework contributes to the advancement of sustainable development analysis by linking theoretical concepts with empirical methods, thus enhancing decision-making in the context of contemporary global challenges.

Keywords: sustainable development, Sustainable Development Goals, multiple criteria decision aiding, stepwise benchmarking, DEA analysis, ELECTRE III, efficiency, innovation, education, 2030 Agenda

Scientific field: Economics and Operational Research

Scientific subfield: multiple criteria decision aiding, sustainable development goals

JEL classification: C44, C61, C67, O32, Q01, O38, I21, I25, D81

UDC number: 519.816:502.131.1(043.3)

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	ULOGA BENČMARKINGA U PRAĆENJU NAPRETKA CILJEVA ODRŽIVOG RAZVOJA	7
2.1	Teorijsko-metodološki aspekti održivog razvoja	8
2.2	Benčmarking: koncept i metode	12
2.3	Koncepcijski okvir za primenu benčmarkinga ciljeva održivog razvoja	19
2.4	Višekriterijumsko odlučivanje kao metodološki okvir za analizu ciljeva održivog razvoja.....	30
3	PRIMENA VIŠEETAPNOG BENČMARKINGA NA CILJEVE ODRŽIVOG RAZVOJA	39
3.1	Uvod.....	40
3.2	Metodološki okvir.....	43
3.2.1	ELECTRE III.....	43
3.2.2	Višestapni benčmarking	48
3.3	Jednake šanse u obrazovanju: teorijske osnove.....	51
3.4	Izbor kriterijuma	53
3.5	Benčmarking ciljeva održivog razvoja vezanih za obrazovanje	59
3.6	Rezultati i diskusija.....	62
4	MERENJE EFIKASNOSTI I BENČMARKING NACIONALNIH SISTEMA ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA.....	67
4.1	Uvod.....	68
4.2	Metodološki okvir.....	70
4.2.1	Analiza obavijanja podataka	70
4.2.2	Window DEA metod	78
4.2.3	Bootstrap metod.....	81

4.2.4	Malmkvistov indeks produktivnosti.....	82
4.3	Pregled literature o merenju efikasnosti sistema istraživanja i razvoja.....	83
4.4	Teorijski osvrt na indikatore inovativnosti.....	86
4.5	Evaluacija efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja.....	89
4.5.1	Rezultati analize efikasnosti – CRS DEA model.....	90
4.5.2	Rezultati analize efikasnosti – VRS model.....	99
4.5.3	Rezultati Malmkvistovog indeksa produktivnosti.....	106
4.6	Tobit regresiona analiza determinanti efikasnosti sistema istraživanja i razvoja.....	108
4.7	Implikacije za javne politike u oblasti istraživanja i razvoja	113
5	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	117
	LITERATURA	123
	Biografija autora	144
	Izjava o autorstvu.....	148
	Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	149
	Izjava o korišćenju	150

Spisak slika

Slika 2.1 Evaluacija benčmarkinga

Slika 3.1 Rangiranje kriterijuma od strane eksperta

Slika 3.2 Relaciono drvo jednakosti obrazovnih sistema

Slika 4.1 Efikasnost po prozorima 2010-2021

Slika 4.2 Efikasnost po godinama

Spisak tabela

Tabela 2.1 Klasifikacija benčmarkinga

Tabela 3.1 Originalni podaci za formiranje tabele performansi

Tabela 3.2 Matrica performansi za 37 zemalja Evrope

Tabela 3.3 Pragovi i težinski koeficijenti

Tabela 3.4 Putanje razvoja za Austriju

Tabela 4.1 Ulazne i izlazne promenljive

Tabela 4.2 Efikasnost po godinama 2010-2021 – CRS model

Tabela 4.3 Efikasnost po prozorima 2010-2021 – CRS model

Tabela 4.4 Rezultati *bootstrap* analize za CRS model

Tabela 4.5 Efikasnost po godinama 2010-2021 – VRS model

Tabela 4.6 Efikasnost po prozorima 2010-2021 – VRS model

Tabela 4.7 Rezultati *bootstrap* analize za VRS model

Tabela 4.8 Malmkvistov indeks produktivnosti

Tabela 4.9 Tobit regresiona analiza

1 UVOD

Kontekst i motivacija istraživanja

Ciljevi održivog razvoja kao deo akcionog plana za postizanje globalnog prosperiteta, obuhvaćeni su Agendom održivog razvoja 2030. Ciljevi održivog razvoja pružaju holistički pristup, za razliku od konvencionalnih razvojnih agendi (Pradhan et al., 2017). Sastoje se od 17 ciljeva i 169 podciljeva i imaju za cilj rešavanje višestrukih i složenih društvenih izazova. Shodno tome, oni su implicitno međuzavisni i sa tendencijom da konfliktne interakcije između njih dovedu do različitih rezultata. Ovi ciljevi su međusobno povezani i čine ekonomsku, socijalnu i ekološku dimenziju društvenog razvoja (Costanza et al., 2016). Ekonomska dimenzija teži ukidanju siromaštva, socijalna stvaranju opšteg blagostanja za sve pojedince, dok ekološka dimenzija teži zaštiti planete od zagađenja i neprimerenog trošenja prirodnih resursa. Iako je nastojanje Ujedinjenih nacija da se svaki cilj, koliko je to moguće, odnosi na sve tri dimenzije, to nije realno očekivati (Dalampira & Nastis, 2020). Agenda 2030 pruža osnovu za viziju razvoja kao održivog prosperiteta zasnovanog na socijalnom uključivanju i jednakosti. Jedan od temeljnih principa na kome počiva ovaj strateški okvir je da se niko ne izostavi iz razvojnih procesa i razvojnih dostignuća. Poenta održivog razvoja i ciljeva u okviru njega je da se teži opštem blagostanju.

Iz same prirode koncepta održivog razvoja i obima i sadržaja njegovog pojma, kao razvoja koji zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje sopstvene potrebe, može se zaključiti da održivi razvoj podrazumeva optimalan način zadovoljenja potreba pri raspoloživim i često ograničenim resursima. Ciljevi održivog razvoja su, dakle, višeznačni i kompleksni, jer uključuju više varijabli i njihove međusobne interakcije koje je potrebno uzeti u obzir (Bennich et al., 2020; Nilsson et al., 2018). Rešavanje problema povezanih sa realizacijom postuliranih ciljeva zahteva metodologiju najmanje istog nivoa složenosti, koja će biti u stanju da obuhvati i adekvatno strukturira sve relevantne aspekte posmatranih ciljeva, izmeri i oceni stepen njihovog ostvarenja i identifikuje kako slabosti tako i prednosti, kako bi se na optimalan način upravljalo raspoloživim nacionalnim resursima. Iz navedenog proizilazi i neophodnost da se proces merenja performansi u realizaciji nacionalnih ciljeva održivog razvoja sprovodi na sistematski i kontinuiran način, u cilju dobijanja informacija koje će pomoći da se profilišu i preduzmu odgovarajuće akcije za poboljšanje performansi. U tom smislu, važan instrument je benčmarking, kao koncept koji uključuje identifikaciju jaza u performansama, identifikaciju najboljih praksi i poboljšanje performansi na osnovu najbolje prakse. U izveštajima koje su sprovedi UNESCO i OECD se jasno može videti da je benčmarking ključni koncept za praćenje ciljeva održivog razvoja (Cohen & Shinwell, 2020; OECD, 2019a; UN, 2023). Praćenje napretka u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja važan je aspekt implementacije Agende za održivi razvoj do 2030. Postoji 242 indikatora u okviru postavljenih ciljeva na osnovu kojih se ti ciljevi prate i analizira napredak prema svakom od indikatora a na osnovu izveštaja Ujedinjenih nacija, i na taj način utvrđuje stepen ostvarenja ciljeva.

Izvorno, ideja benčmarkinga jeste procena svojih sposobnosti i poređenje sa drugima. Primenljiva je kako na pojedince, organizacije ili ekonomske politike. Kako Camp (1989) navodi, benčmarking predstavlja traganje za najboljom praksom koja vodi ostvarenju superiornijih performansi. S obzirom da je na početku svoje primene korišćen samo da bi se sagledale i uporedile akcije konkurenata, u novije vreme ima znatno širu i raznovrsniju primenu. Benčmarking se upotrebljava na internacionalnom nivou kao sredstvo za poređenje država, naročito javnih politika u različitim oblastima, tako što sagledava načine na koje su druge države implementirale određene akcije bitne za ekonomski napredak i koristi ih za poboljšanje sopstvenih politika (Arrowsmith et al., 2004; Fagerberg, 2001; Hong et al., 2012). Benčmarking je popularno sredstvo kod istraživačkih centara za javne politike kako bi se sagledao problem iz međunarodne perspektive i ojačale politike zemalja. Koriste ga i Svetska banka i Ujedinjene nacije (Dominique et al., 2013). Benčmarking ima prilično dugu istoriju u svetu menadžmenta. Međutim, pošto je prošao kroz različite faze razvoja, sada predstavlja moćno sredstvo za kreiranje javnih politika (Papaioannou et al., 2006). Sa nivoa poređenja firmi, benčmarking se koristi i za formiranje politika vlada zemalja i njihovo sprovođenje.

Benčmarking može koristiti standarde za ove politike i usluge ili ih uporediti sa politikama i uslugama drugih organizacija u javnom sektoru (Papaioannou et al., 2006). Upotreba benčmarkinga javnih politika kao novog oblika odgovornosti podrazumeva da se od javnog sektora zahteva da bude u poziciji da identifikuje nedostatke u učinku i praksi. Iz svega navedenog postaje jasno zašto se benčmarking uz razne modifikacije izdvojio kao veoma moćan alat za praćenje napretka ostvarenja ciljeva održivog razvoja.

Veliki broj metoda višekriterijumskog odlučivanja se bavi poređenjem i nekim vidom benčmarkinga, gde se na kvantitativan način dolazi do poređenja alternativa. Jedan od najznačajnijih pristupa zasnovanih na konceptu benčmarkinga i operacionih istraživanja jeste Analiza obavljanja podataka (*DEA metod*) koju su razvili Charnes, Cooper i Rhodes (Charnes et al., 1978). Bazirana na linearnom programiranju ova metoda se koristi za procenu efikasnosti sistema identifikovanjem alternativa na Pareto granici. Danas je benčmarking našao primenu i u kombinaciji sa mašinskim učenjem (Zofio et al., 2024). Benčmarking je bitan segment u teorijama odlučivanja koje su deo operacionih istraživanja naročito u delovima gde je u opticaju više kriterijuma i više alternativa. Treba istaći da je godinama fokus bio na traženju najboljeg primera za poređenje, a ne na načinima učenja i unapređenja performansi. Jer, često učenje od najboljeg ne mora predstavljati najbolje rešenje. Ali zato ako se donosilac odluke suoči sa praksom malo boljom od one koju koristi, onda je manja mogućnost za nedostizanje postavljenih ciljeva nego ako se posmatraju idealne prakse. Na jednom takvom konceptu postepenog poboljšanja se zasniva i koncept višeetapne komparativne analize (Petrović et al., 2014, 2018a). Suština ovakvog benčmarking pristupa je postepeno poboljšanje, dostići željeni cilj tako što svaka alternativa nalazi svoj pomoćni benčmark za svaku fazu razvoja i, samim tim, optimalnu putanju razvoja koja postupno vodi ka krajnje definisanom cilju.

Problem i predmet istraživanja

Donošenje odluka u kontekstu ciljeva održivog razvoja je kompleksan problem odlučivanja, jer je potrebno adekvatno strukturirati problem, postaviti model i izvršiti evaluaciju alternativa uzimajući u obzir brojne, često konfliktne kriterijume. Takođe, socijalni, ekonomski i ekološki aspekti koje treba uzeti u obzir u procesu donošenja odluka često mogu biti suprotstavljeni, a po pravilu, postoji i veliki broj stejkholdera što takođe utiče na složenost donošenja ovakvih odluka. S druge strane, ne samo različiti ciljevi, već i identični ciljevi održivog razvoja će predstavljati specifičan izazov za različite zemlje, u zavisnosti od njihovog stepena društvenog i ekonomskog razvoja, kao i drugih kontekstualnih faktora, a što će u krajnjoj instanci za posledicu imati različit stepen ostvarenosti postavljenih ciljeva. Otuda su duboka analiza, merenje i optimizacija ciljeva održivog razvoja, u odgovarajućem problemskom kontekstu, ne samo od fundamentalnog značaja u pogledu opštedruštvenih potreba jedne države, već i problem *per se*, koji zahteva studiozan i interdiscipliniran pristup u rešavanju. Za rešavanje ovakve vrste problema, potreban je pristup koji poseduje aplikativni potencijal u strukturiranju problema, identifikaciji internih i eksternih interakcija elemenata posmatranih problema, racionalnom donošenju odluka i rešavanju problema. Pregled referentne literature koja tangira navedenu problematiku, ukazuje na širok spektar konceptijski i formalno različitih metoda, koji u naučnoj i stručnoj literaturi pripadaju operacionim istraživanjima.

Međutim, uprkos značajnom broju metodoloških pristupa koji se koriste za praćenje i evaluaciju ciljeva održivog razvoja, u literaturi i praksi i dalje postoje određena ograničenja. Većina postojećih pristupa zasniva se na agregatnim indikatorima, kompozitnim indeksima ili rangiranju zemalja prema stepenu ostvarenosti pojedinih ciljeva održivog razvoja. Iako takvi pristupi omogućavaju poređenje performansi i identifikaciju lidera, oni često ne pružaju dovoljno informacija o tome na koji način zemlje sa nižim nivoom performansi mogu unaprediti svoje rezultate. Drugim rečima, postojeći modeli uglavnom identifikuju razlike u performansama i najbolje prakse, ali ne nude dovoljno realistične i operacionalizovane razvojne putanje koje bi uvažavale početne pozicije,

razvojne kapacitete i specifične okolnosti pojedinačnih zemalja. Stoga se kao istraživački problem nameće potreba za razvojem analitičkog okvira koji, pored merenja i poređenja performansi, omogućava i identifikaciju dostižnih pravaca unapređenja i efikasnijeg ostvarivanja ciljeva održivog razvoja.

Imajući u vidu navedeno, predmet doktorskog istraživanja jeste analiza mogućnosti primene metoda operacionih istraživanja, sa posebnim fokusom na višekriterijumsko odlučivanje, benčmarking i analizu obavljanja podataka, u praćenju napretka realizacije ciljeva održivog razvoja. Istraživanje je usmereno na ispitivanje njihove uloge u merenju performansi, identifikaciji razvojnih razlika među zemljama, određivanju referentnih vrednosti i definisanju realističnih razvojnih putanja koje mogu doprineti efikasnijem ostvarivanju ciljeva održivog razvoja.

Među ciljevima Agende, posebno mesto i specifičnu težinu imaju obrazovanje i inovacije, pa će fokus disertacije biti usmeren na ove ciljeve. Uticaj koji obrazovanje ima na pojedine aspekte društvenog razvoja dobro je poznat (Aghion et al., 2009; Brewer & McEwan, 2010; Hoem, 1986; Ladd, 2012; Saini et al., 2023). Mogućnost pojedinaca u nekoj zemlji da steknu kvalitetno obrazovanje jeste u stvari način razbijanja kruga siromaštva. Takođe, ulaganja u infrastrukturu i inovacije su ključni pokretači ekonomskog rasta i razvoja (Bilbao-Osorio & Rodríguez-Pose, 2004; Maradana et al., 2017; Thompson, 2018; Ulku, 2004; Verspagen, 2006). Kvalitetnim i jednakim obrazovanjem za sve, stvara se visokokvalifikovana radna snaga koja podupire tehnološki razvoj i inovacije, što dalje vodi ka inkluziji i jednakosti i stvaranju stabilnog i prosperitetnog društva.

Ciljevi istraživanja

Shodno definisanom predmetu istraživanja i obeležjima fenomena koji čine njegove glavne odrednice, osnovni cilj istraživanja je da se primenom odabranih metoda operacionih istraživanja, odnosno višekriterijumskog odlučivanja, formira analitički okvir za praćenje napretka ispunjenja ciljeva održivog razvoja.

Pored osnovnog cilja istraživanja, specificirana su i četiri izvedena cilja istraživanja:

- identifikacija optimalne mape puta cilja održivog razvoja usmerenog na jednakost šansi u obrazovanju;
- merenje efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja;
- davanje smernica donosiocima odluka na nacionalnom nivou kako da poboljšaju stepen realizacije izabranih ciljeva održivog razvoja;
- identifikacija metoda operacionih istraživanja koji predstavljaju validnu metodološku osnovu za praćenje i analizu ciljeva održivog razvoja.

Hipoteze istraživanja

U skladu sa definisanim predmetom i ciljevima, hipoteze od kojih se polazi u doktorskome istraživanju su:

H1: Primena metoda operacionih istraživanja i višekriterijumskog odlučivanja omogućava kreatorima javnih politika donošenje efikasnih odluka u upravljanju održivim razvojem;

H2: Višekriterijumsko odlučivanje i njegove metode unapređuju proces benčmarkinga i proširuju opseg njegove primene;

H3: Primena višestapnog benčmarkinga omogućuje identifikaciju nacionalne politike obrazovanja, kao jednog od ključnih faktora ostvarivanja ciljeva održivog razvoja;

H4: Primena analize obavljanja podataka bazirane na benčmarking pristupu, omogućava otkrivanje mesta za poboljšanja inovacionih sistema nacionalnih ekonomija u cilju ostvarivanja ciljeva održivog razvoja.

Metodološki okvir istraživanja

Metodološki okvir istraživanja zasnovan je na primeni metoda operacionih istraživanja i višekriterijumskog odlučivanja u analizi i praćenju ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. U istraživanju se primenjuje integrisani pristup koji obuhvata višestapni benčmarking, metodu ELECTRE III i Analizu obavljanja podataka, čime se omogućava sagledavanje performansi iz različitih perspektiva. Za potrebe analize efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja koristi se window DEA pristup, uz primenu bootstrap procedure radi statističke validacije rezultata. Dinamika promena performansi kroz vreme analizira se primenom Malmkvistovog indeksa produktivnosti, dok se faktori koji utiču na efikasnost ispituju Tobit regresionom analizom. Kombinovanjem navedenih metoda formira se integrisani analitički okvir koji omogućava merenje performansi, identifikaciju razvojnih razlika među zemljama i definisanje smernica za unapređenje ostvarivanja ciljeva održivog razvoja.

Naučni i praktični doprinosi disertacije

Teorijski doprinos ogleda se u povezivanju koncepta održivog razvoja, benčmarkinga i metoda operacionih istraživanja u jedinstven analitički okvir za praćenje i unapređenje ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Na taj način proširuju se postojeća saznanja o mogućnostima primene višekriterijumskog odlučivanja i analize efikasnosti u oblasti održivog razvoja i javnih politika.

Metodološki doprinos ogleda se u razvoju integrisanog metodološkog okvira koji povezuje višestapni benčmarking, metodu ELECTRE III i analizu obavljanja podataka u procesu merenja performansi i praćenja napretka u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Poseban doprinos predstavlja primena višestapnog benčmarking pristupa, kojim se omogućava identifikacija realističnih i dostižnih razvojnih putanja za zemlje sa različitim nivoima razvijenosti, čime se prevazilaze ograničenja pristupa zasnovanih isključivo na rangiranju ili poređenju sa najboljom praksom. Dodatni metodološki doprinos ogleda se u unapređenju originalnog modela višestapnog benčmarkinga, čime je omogućena njegova primena u uslovima različite strukture i tipova kriterijuma. Metodološki doprinos ogleda se i u integraciji DEA metodologije, window DEA pristupa, bootstrap procedure, Malmkvistovog indeksa produktivnosti i Tobit regresione analize u jedinstven okvir za analizu nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, čime je omogućena integrisana analiza efikasnosti, dinamike produktivnosti i determinanti njihovih performansi.

Empirijski doprinos ogleda se u analizi ciljeva održivog razvoja koji se odnose na obrazovanje i inovacije, identifikaciji razvojnih putanja za unapređenje jednakih obrazovnih mogućnosti, kao i proceni efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja. Na osnovu sprovedenih analiza formulisane su preporuke za unapređenje javnih politika usmerenih ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja.

Praktični doprinos istraživanja ogleda se u mogućnosti primene predloženog analitičkog okvira kao instrumenta podrške donosiocima odluka u procesu praćenja, evaluacije i unapređenja ostvarivanja ciljeva održivog razvoja, kao i u identifikaciji prioriteta i pravaca budućeg razvoja na nacionalnom nivou.

Struktura disertacije

Struktura doktorske disertacije koncipirana je tako da obuhvati teorijske, metodološke i empirijske aspekte istraživanja i omogućiti sistematično sagledavanje problema koji je predmet analize. Nakon uvodnog dela, u drugom poglavlju razmatra se teorijski okvir održivog razvoja, sa posebnim osvrtom na ciljeve održivog razvoja definisane Agendom 2030. U okviru ovog poglavlja analiziraju se osnovni koncepti održivog razvoja, ključni indikatori i metodološki izazovi u praćenju realizacije ciljeva održivog razvoja, sa ciljem uspostavljanja jasnog teorijskog i analitičkog okvira za dalje istraživanje. U nastavku je detaljno predstavljen koncept benčmarkinga, uključujući njegov istorijski razvoj, osnovne karakteristike, značaj i različite vrste benčmarkinga. Poseban akcenat stavljen je na njegovu ulogu kao instrumenta za identifikaciju razlika u performansama i unapređenje javnih politika kroz učenje od najboljih praksi. Nakon toga, razvijen je konceptijski okvir za primenu benčmarkinga u kontekstu ciljeva održivog razvoja, pri čemu je objašnjen način praćenja i interpretacije relevantnih indikatora, kao i mogućnosti njihove upotrebe u procesu donošenja odluka. Na kraju ovog poglavlja posebno je istaknut značaj višekriterijumskog odlučivanja kao adekvatnog metodološkog pristupa za analizu ciljeva održivog razvoja, imajući u vidu njihovu višedimenzionalnost i često konfliktan karakter, te su izdvojene i analizirane vodeće metode koje se primenjuju u ovoj oblasti.

U skladu sa definisanim teorijsko-metodološkim okvirom, u trećem poglavlju dokorskog istraživanja akcenat je stavljen na primenu višestapnog benčmarkinga u oblasti ciljeva održivog razvoja koji se odnose na obrazovanje, sa posebnim fokusom na pitanje jednakih šansi kao jednog od temeljnih principa socijalnog stuba održivog razvoja. Obrazovanje se posmatra kao strateška razvojna oblast koja istovremeno utiče na socijalnu uključenost, ekonomske mogućnosti i dugoročnu održivost društava, zbog čega predstavlja pogodno polje za primenu višekriterijumskih metoda odlučivanja. Metodološki okvir u ovom poglavlju zasniva se na primeni metode ELECTRE III, koja omogućava rangiranje zemalja na osnovu više kriterijuma i služi kao osnova za implementaciju višestapnog benčmarkinga, čime se omogućava definisanje realnih i dostižnih razvojnih putanja u oblasti obrazovanja.

Četvrto poglavlje dodatno proširuje i produbljuje analizu benčmarkinga kroz primenu kvantitativnih metoda merenja efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, koji predstavljaju ključni element ekonomskog i tehnološkog stuba održivog razvoja. Za razliku od prethodnog poglavlja, u kojem je naglasak na višekriterijumskom rangiranju ishoda, ovde se benčmarking sagledava kroz prizmu efikasnosti korišćenja raspoloživih resursa i sposobnosti sistema da generišu inovacione rezultate. Metodološki okvir obuhvata Analizu obavljanja podataka i window DEA pristup, čime se omogućava dinamičko praćenje efikasnosti kroz vreme i identifikovanje promena u relativnim performansama posmatranih zemalja. Ovakav pristup omogućava ne samo poređenje efikasnosti među zemljama, već i dublju analizu stabilnosti performansi, kao i sposobnosti sistema da se prilagode promenljivim uslovima okruženja. Dodatno, radi unapređenja pouzdanosti i robusnosti dobijenih rezultata, u analizu je uključen *bootstrap* metod, koji omogućava statističku validaciju procenjenih efikasnosti. Takođe, primenjen je Malmkvistov indeks produktivnosti u cilju sagledavanja promena u produktivnosti kroz vreme i razdvajanja efekata tehničke efikasnosti i tehnološkog napretka. Konačno, determinante efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja analizirane su primenom Tobit regresione analize, čime se omogućava dublje razumevanje faktora koji utiču na performanse posmatranih ekonomija.

Poslednje poglavlje odnosi se na zaključna razmatranja, u okviru kojih su sumirani najvažniji rezultati istraživanja, istaknut naučni i metodološki doprinos rada, kao i definisane ključne implikacije za unapređenje javnih politika. Posebna pažnja posvećena je formulisanju preporuka za donosiocima odluka u kontekstu primene višekriterijumskog odlučivanja u praćenju i unapređenju procesa ostvarivanja ciljeva održivog razvoja, kao i identifikaciji pravaca za buduća istraživanja u ovoj oblasti.

2 ULOGA BENČMARKINGA U PRAĆENJU NAPRETKA CILJEVA ODRŽIVOG RAZVOJA

2.1 Teorijsko-metodološki aspekti održivog razvoja

U savremenim teorijskim pristupima, održivi razvoj se definiše kao razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjih generacija, a da pri tome ne ugrožava mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe. Ovaj koncept je definisan u izveštaju *Our Common Future*, Svetske komisije za životnu sredinu i razvoj, poznatom i kao Brundtlandski izveštaj (Brundtland, 1987) i podrazumeva postojanje ograničenja koja nameću nivo tehnološkog razvoja, organizaciju društva, dostupnost prirodnih resursa i sposobnost biosfere da apsorbuje posledice ljudskih aktivnosti. Međutim, tehnološki napredak i društvene promene mogu se usmeravati i unapređivati u pravcu omogućavanja daljeg privrednog rasta na održivim osnovama. Ključni preduslov za to jeste smanjenje siromaštva, koje se više ne posmatra kao neizbežna pojava, već kao prepreka održivom razvoju. Dominantna interpretacija održivog razvoja pokazuje značajne slabosti u nekoliko ključnih oblasti. Najpre se ogleda u načinu na koji se definišu i analiziraju problemi siromaštva i degradacije životne sredine, u konceptualizaciji ciljeva razvoja, održivosti i participacije, kao i u formulisanju strategija koje se primenjuju u uslovima nepotpunog znanja i prisutne neizvesnosti. Ove slabosti ukazuju na potrebu za pažljivijim teorijskim razmatranjem i preciznijim definisanjem politika, kako bi se osigurala konzistentnost i praktična primenljivost principa održivog razvoja (Lélé, 1991). Da bi održivi razvoj zadržao status razvojne paradigme, potrebno je jasno definisati njegove teorijske osnove, ali istovremeno ostaviti prostor za fleksibilnije i raznovrsnije pristupe u kreiranju strategija koje vode ka društvu koje je usklađeno s prirodom i sopstvenim vrednostima. Neophodno je obezbediti zadovoljenje osnovnih potreba svih pojedinaca i omogućiti im jednake šanse za ostvarenje kvalitetnijeg života, jer u suprotnom nije moguće ostvariti održivi razvoj. U tom kontekstu, posebno je važno da zemlje u razvoju ostvare pravedniji pristup resursima koji su neophodni za održanje ekonomskog rasta. Obezbeđivanje pravičnosti u raspodeli resursa zahteva postojanje političkih sistema koji omogućavaju aktivno i efikasno učešće građana u procesima donošenja odluka, kao i unapređenje demokratskih mehanizama u okviru međunarodnih institucija. U protivnom, svet ostaje trajno izložen ekološkim i društveno-ekonomskim krizama koje mogu ozbiljno ugroziti dugoročnu održivost. Paradigma održivog razvoja predstavlja jedan od temeljnih pravaca savremenih globalnih razvojnih politika, koji je nastao kao odgovor na rastuće izazove degradacije životne sredine, društvenih nejednakosti i ekonomskih disbalansa. Nakon Brundtlandskog izveštaja održivi razvoj postao je dominantan oblik razmišljanja kreatorima javnih politika, a broj naučnih radova i publikacija na ovu temu eksponencijalno je rastao. Značaj Brundtlandskog izveštaja ogleda se ne samo u definisanju koncepta, već i u njegovoj sposobnosti da kompleksna naučna i etička pitanja prevede u koherentan politički okvir, čime je pokrenuta institucionalizacija održivog razvoja. Izveštaj je pripremio teren za Rio konferenciju 1992. godine i uspostavio održivi razvoj kao legitiman strateški okvir na globalnom nivou (Baker, 2006). Konferencija Ujedinjenih nacija o životnoj sredini i razvoju, poznata kao „Samit o Zemlji“ (Earth Summit), održana je u Rio de Žaneiru 1992. godine i predstavlja jedan od najznačajnijih događaja u oblasti održivog razvoja. Tom prilikom usvojena je Rio deklaracija sa 27 principa i Agenda 21, koja predstavlja operativni plan za njihovu primenu. Konferencija je postavila temelje za institucionalizaciju koncepta održivog razvoja na globalnom nivou, naglašavajući međuzavisnost ekonomskog rasta, socijalne pravde i zaštite životne sredine (UN, 1992).

Održivi razvoj se može posmatrati kao konceptualni okvir jer predstavlja način promene dominantnog pogleda na svet u holističkiji i uravnoteženiji pristup, ali i kao proces, jer podrazumeva primenu principa integracije, kako prostorno tako i vremenski, u donošenju svih odluka (United Nations, 2015). Koncept je i usmeren na identifikovanje i rešavanje konkretnih problema, poput iscrpljivanja resursa, nedostatka zdravstvene zaštite, socijalne isključenosti, siromaštva i nezaposlenosti.

Ideja održivosti je značajno evoluirala i sve više se prepoznaje kao bitno naučno polje (Kajikawa et al., 2014; Komiyama & Takeuchi, 2006; Schoolman et al., 2012). Naravno, održivost

ostaje i dalje kompleksan pojam koji karakteriše mnoštvo različitih interpretacija. Okvir koji se najviše koristi za bolje razumevanje koncepta održivosti je model tri stuba: ekonomski, socijalni i ekološki (Purvis et al., 2019). To podrazumeva potrebu za dubljim teorijskim sagledavanjem celokupnog koncepta, njegovih ključnih dimenzija i principa, kao i za analizom odnosa među ekonomskim, društvenim i ekološkim aspektima koji čine njegovo jezgro (Mensah, 2019). Koncept tri stuba održivosti prvi je jasno operacionalizovao Elkington (1994) u okviru rasprava o korporativnoj odgovornosti i izveštavanju o održivosti, uvodeći ideju tzv. *Triple Bottom Line* pristupa, naglašavajući potrebu da se performanse organizacija ne procenjuju isključivo na osnovu ekonomskih rezultata, već i kroz njihove društvene i ekološke učinke. Pristup je kasnije dalje razradio i jasno definisao tri dimenzije održivosti, ljude, zemlju i profit, kao međusobno povezane i podjednako važne stubove dugoročno održivog razvoja (Elkington, 1998). Iako je koncept inicijalno razvijen u kontekstu poslovnog sektora, on je ubrzo prihvaćen i institucionalizovan u okviru javnih politika i međunarodnih razvojnih agendi, postavši jedan od temeljnih okvira savremenog razumevanja održivog razvoja.

Dalje razumevanje ovih odnosa od suštinskog je značaja za formulisanje efektivnih i koherentnih politika koje odgovaraju složenim izazovima savremenog društva. Donosioci odluka i istraživači moraju raspolagati ne samo pouzdanim podacima, već i jasnim uvidima u međuzavisnosti i moguće kompromise između dimenzija održivosti. Samo na taj način moguće je oblikovati odgovorne, dugoročne i održive razvojne strategije koje istovremeno vode računa o potrebama sadašnjih i budućih generacija. Barbier (1987) se među prvim bavio stubovima održivog razvoja i istakao da su oni međusobno povezani i isprepletani i predstavljaju osnov funkcionisanja sistema održivog razvoja. Autor naglašava da održivi ekonomski razvoj ima za cilj postizanje optimalne ravnoteže među različitim sistemima, kroz proces adaptivnih kompromisa. Fokusiranje isključivo na ciljeve jednog stuba ne vodi održivosti, jer ukoliko je fokus samo na unapređenju efikasnosti, pravičnosti i smanjenju siromaštva u okviru ekonomskog stuba, to može proizvesti neželjene posledice za životnu sredinu i društvenu koheziju i tako se narušava ravnoteža celokupnog sistema održivosti (Holmberg & Sandbrook, 2019). Zbog toga je integracija i zajedničko posmatranje ova tri stuba veoma bitno za očuvanje koncepta održivosti. Kao odgovor na ove kritike, razvijeni su integralniji pristupi koji naglašavaju sistemske veze i međusobne uticaje između tri stuba (Giddings et al., 2002).

Ekonomski stub održivog razvoja zasniva se na pretpostavci da je dugoročno blagostanje društva neodvojivo od postizanja stabilnog i inkluzivnog ekonomskog rasta. U okviru koncepta održivog razvoja, ekonomija više ne može biti posmatrana izolovano, kao samostalni sistem čiji je cilj isključivo maksimizacija profita ili bruto domaćeg proizvoda, već mora biti usmerena ka stvaranju vrednosti koja ne ugrožava prirodni kapital i koja doprinosi socijalnoj inkluziji (Stiglitz et al., 2009). Fokus ovog stuba nije na maksimizaciji kratkoročnog profita, već na stvaranju stabilnih i inkluzivnih ekonomskih sistema koji omogućavaju povećanje produktivnosti, zapošljavanje i tehnološki napredak bez narušavanja prirodnog kapitala.

Socijalni stub održivog razvoja fokusira se na unapređenje kvaliteta života, društvenu inkluziju, jednakost i zaštitu osnovnih ljudskih prava, uključujući zdravstvenu zaštitu i pravo na obrazovanje. Socijalna održivost podrazumeva izgradnju pravednog društva koje je otporno na krize, solidarno i orijentisano ka dugoročnoj stabilnosti. Jedan od ključnih aspekata ovog stuba jeste smanjenje siromaštva i nejednakosti, kako unutar zemalja, tako i među njima. Nejednakosti u prihodima, pristupu obrazovanju, zdravstvu i zapošljavanju direktno ugrožavaju društvenu koheziju i dugoročne razvojne perspektive (Murphy, 2012; Wilkinson & Pickett, 2009).

Ekološki stub održivog razvoja odnosi se na očuvanje prirodnih resursa, biodiverziteta i ekosistemskih funkcija koje predstavljaju osnovu života i ekonomskih aktivnosti. Bez zdravog prirodnog okruženja, ni društveni ni ekonomski sistemi ne mogu biti održivi. Ovaj stub podrazumeva ne samo zaštitu životne sredine u užem smislu, već i uspostavljanje ravnoteže između ljudskih aktivnosti i kapaciteta prirodnih sistema da apsorbuju posledice tih aktivnosti. U tom kontekstu, od suštinske je važnosti da se ekološka pitanja ne posmatraju kao sporedni problemi razvoja, već kao

integralni deo planiranja i donošenja odluka u svim sektorima, uključujući energetiku, poljoprivredu, saobraćaj i industriju. Ekološki stub podrazumeva korišćenje prirodnih resursa na način koji omogućava njihovo obnavljanje i očuvanje za buduće generacije. Ovo se odnosi kako na obnovljive resurse tako i na neobnovljive (Barbier, 1987). Ekološka dimenzija održivog razvoja suočava se sa brojnim ozbiljnim izazovima, a među najizraženijim su neadekvatno upravljanje otpadom i različiti oblici zagađenja. Klimatske promene, koje prvenstveno potiču od povećanih emisija gasova sa efektom staklene bašte, predstavljaju najurgentniji problem savremenog sveta, jer dovode do rasta prosečne globalne temperature i sve češćih perioda suše. Projekcije pokazuju da bi posledice ovih procesa, uključujući nedostatak vode i hrane, mogle dovesti do međunarodnih tenzija i sukoba. Zbog toga je smanjenje emisija ovih gasova jedan od ključnih strateških ciljeva budućeg održivog razvoja i važan prioritet u obrazovanju za održivo upravljanje (Greenland et al., 2022).

Usluge koje ekosistemi pružaju, predstavljaju osnovu funkcionisanja savremenih društava i ekonomija, jer omogućavaju obavljanje privrednih aktivnosti, razvoj zajednica i zadovoljenje osnovnih životnih potreba stanovništva. Ova zavisnost obuhvata kako neposredno uočljive i egzistencijalno neophodne resurse, poput plodnog zemljišta za proizvodnju hrane i dostupnosti čiste vode za piće, tako i manje vidljive, ali podjednako značajne prirodne procese, uključujući proizvodnju kiseonika putem fotosinteze i razgradnju otpada delovanjem mikroorganizama. Narušavanje sposobnosti ekosistema da kontinuirano obezbeđuju ove usluge može dovesti do ozbiljnih i dugoročnih društvenih i ekonomskih posledica, za koje savremena društva često nisu adekvatno pripremljena. Istovremeno, dugoročna stabilnost i razvoj društava zavise od postojanja zdrave i produktivne populacije, budući da zajednice suočene sa socijalnim nemirima, siromaštvom i bolešću nemaju održivi razvojni potencijal. Socijalno i ekonomsko blagostanje su međusobno uslovljeni i mogu se ostvariti jedino u okviru zdrave i očuvane biosfere. Razumevanje složenih i dinamičnih međuzavisnosti između ekonomskog, socijalnog i ekološkog stuba održivog razvoja zahteva kontinuiran i dugoročan analitički pristup, pri čemu ograničeno trajanje političkih ciklusa i fragmentisana pažnja medija dodatno naglašavaju značaj očuvanja trajnog kolektivnog fokusa kao ključnog preduslova za uspešnu realizaciju ciljeva održivog razvoja (Strange & Bayley, 2008).

Kao što je i istaknuto, stubovi održivog razvoja su međusobno povezani i ne mogu se posmatrati odvojeno. Fokus isključivo na ekonomski rast može dovesti do rasta BDPa, ali uz istovremeno narušavanje životne sredine i ugrožavanje prava stanovništva (Baker, 2006). Održivi razvoj je moguć jedino kroz integraciju sve tri dimenzije, čime se podstiču pozitivne sinergije i obezbeđuje istinski napredak (Dhahri & Omri, 2018; Strange & Bayley, 2008).

U središtu koncepta održivog razvoja nalazi se blagostanje sadašnjih i budućih generacija, zbog čega predstavlja osnovu za procenu nivoa društvenog razvoja različitih ekonomija, kao i adekvatnosti i efikasnosti razvojnih politika i programa. Njegova primena u toj ulozi zahtevala je, i dalje zahteva, operacionalizaciju koncepta radi merenja i analize napretka u ostvarivanju održivog razvoja u realnim ekonomskim uslovima. U poslednjim godinama postignut je relativno visok stepen saglasnosti u literaturi u pogledu osnovnog razumevanja samog koncepta održivog razvoja, iako su određene teorijske rasprave i dalje prisutne, što se može tumačiti razlikama u vrednosnim i ideološkim pristupima. Međutim, ključni izazov savremenih istraživanja odnosi se na izbor odgovarajućih metoda za implementaciju koncepta održivog razvoja u praksi, definisanje relevantnih ciljeva i indikatora njihovog ostvarivanja, kao i na razvoj merljivih pokazatelja i metodoloških pristupa za uporedne vremenske i prostorne analize nivoa održivog razvoja.

Konferencija Ujedinjenih Nacija o održivom razvoju u Rio de Žaneiru 2012. godine (Rio+20) pokrenula je proces definisanja Ciljeva održivog razvoja (*Sustainable Development Goals* – SDGs) kroz dokument "Budućnost koju želimo" (United Nations, 2012). Ovaj proces karakteriše daleko veći stepen inkluzivnosti u odnosu na formulisanje Milenijumskih ciljeva razvoja (*Millennium Development Goals* – MDGs), uključujući konsultacije sa civilnim društvom, privatnim sektorom, akademskom zajednicom i građanima širom sveta (Kamau et al., 2018).

Jedan od najznačajnijih pokušaja operacionalizacije koncepta održivog razvoja, u smislu definisanja ciljeva, izbora varijabli i indikatora za praćenje napretka, sadržan je u Agendi 2030, koja je usvojena na Samitu UN u septembru 2015. godine i kojom je međunarodna zajednica usvojila 17 Ciljeva održivog razvoja, 169 podciljeva i 242 globalna indikatora (United Nations, 2015). Ovi ciljevi predstavljaju nastavak Milenijumskih ciljeva razvoja, ali su ujedno obuhvatniji i ambiciozniji, jer omogućavaju snažniju integraciju ekonomskog, socijalnog i ekološkog stuba održivog razvoja, stavljaju veći fokus na ljudska prava i rodnu ravnopravnost i naglasak je na tome da niko ne bude izostavljen (Sachs, 2012). Ciljevi su osmišljeni kao univerzalni razvojni okvir, prilagodljiv različitim nacionalnim kontekstima i primenljiv na sve zemlje, bez obzira na nivo razvoja, kao i na različite aktere iz javnog, privatnog i civilnog sektora. Definisanjem 17 ciljeva, koji su međusobno povezani, obezbeđuje se uravnotežen pristup sva tri ključna aspekta održivosti. Ciljevi održivog razvoja kao univerzalni ciljevi, primenjuju se na sve zemlje i sve društvene grupe. Nijedan od ciljeva ne može se posmatrati izolovano, jer svi zahtevaju sveobuhvatan pristup. Iako je svaki od njih usmeren na različitu tematsku oblast i polazi iz jednog od tri stuba održivog razvoja, ciljevi su zamišljeni kao međusobno integrisani, nedeljivi i komplementarni, sa zajedničkom svrhom uravnoteženja ekonomskih, socijalnih i ekoloških dimenzija razvoja. Ciljevi se odnose na eliminaciju siromaštva, borbu protiv klimatskih promena, podsticanje inkluzivnog ekonomskog rasta, unapređenje zdravstva, obrazovanja i infrastrukture, te promociju mira, pravde i institucionalne odgovornosti. Kako ističe Sachs (2012) ovi ciljevi teže postizanju ravnoteže između ekonomskog razvoja, očuvanja životne sredine i društvene inkluzije, zbog čega obuhvataju širok spektar indikatora i razvojnih prioriteta. Njihova implementacija zahteva sveobuhvatan i integrisan pristup koji uključuje koordinaciju između različitih sektora, nivoa vlasti i interesnih grupa.

Svaki stub doprinosi ostvarivanju različitih dimenzija održivosti, ali njihova prava vrednost proizlazi iz međusobne povezanosti i sinergije u okviru holističkog pristupa razvoju. Na primer, ekonomski rast (Cilj 8), industrijalizacija i inovacije (Cilj 9) moraju biti usmereni ka smanjenju nejednakosti (Cilj 10), istovremeno poštujući ograničenja životne sredine (Ciljevi 12, 13, 14, 15). Socijalna pravda i jednakost, kao temelji socijalnog stuba, direktno su integrisani u ciljeve koji se odnose na obrazovanje (Cilj 4), zdravlje (Cilj 3), rodnu ravnopravnost (Cilj 5) i smanjenje siromaštva (Cilj 1). Ekološki stub čini srž ciljeva vezanih za klimatsku akciju (Cilj 13), čistu vodu (Cilj 6), održivu energiju (Cilj 7) i očuvanje prirodnih ekosistema. Agenda 2030, dakle, operacionalizuje principe održivosti kroz konkretne ciljeve i pokazatelje, usmerenih ka ostvarivanju integrisanog, inkluzivnog i ekološki odgovornog razvoja do 2030. godine (United Nations, 2015).

Različita, a često i protivrečna tumačenja održivog razvoja i njegovih stubova rezultat su složenog istorijskog oblikovanja ovog pojma. Umesto da potiče iz jedinstvenog teorijskog izvora, koncept održivosti razvijao se spajanjem različitih i nezavisnih intelektualnih tradicija, od ekološke ekonomije i sistemske ekologije do razvojnih studija, koje su prihvatile isti termin, ali mu dale različita značenja. Takva raznolikost doprinela je formiranju složenog i neretko neujednačenog diskursa. Ipak, zajedničko jezgro ovih pristupa ogleda se u kritici dominacije ekonomskog rasta nad društvenim i ekološkim ciljevima, kao i u težnji ka preispitivanju postojećih razvojnih modela (Purvis et al., 2019).

Metodološki gledano, praćenje napretka ka ostvarenju ciljeva održivog razvoja zahteva primenu kvantitativnih i kvalitativnih instrumenata. Ključni izazovi u ovom domenu odnose se na izbor odgovarajućih indikatora, dostupnost i pouzdanost podataka, kao i na uporedivost među zemljama i regionima (OECD, 2020). Indikatori se grupišu po relevantnosti za ekonomske, socijalne i ekološke dimenzije razvoja, ali i po njihovoj upotrebljivosti za formulaciju javnih politika. Razvijeni su različiti sistemi indikatora kako bi se kvantifikovali ciljevi održivosti od onih na nacionalnom nivou do specijalizovanih indikatora za sektore poput zdravstva, obrazovanja, zaštite životne sredine (United Nations, 2015). Ovi indikatori ne samo da omogućavaju deskriptivnu analizu, već predstavljaju osnovu za komparativne studije i evaluaciju javnih politika. Savremeni pristupi održivosti takođe sve više uključuju interdisciplinarne i transdisciplinarne metode, koje povezuju

različite oblasti znanja. Na taj način se obezbeđuje dublje razumevanje kompleksnosti održivog razvoja i razvijaju alati koji omogućavaju efikasnije donošenje odluka.

Jedan od glavnih izazova se odnosi na merljivost ciljeva i indikatora. Potrebno je obezbediti jasno definisane indikatore koji odgovaraju specifičnim ciljevima, kao i pouzdane i uporedive podatke i na kraju uspostaviti metodološku doslednost između različitih zemalja i regiona. Međunarodne organizacije, Ujedinjene nacije, OECD, Eurostat, UNESCO Institute for Statistics, razvijaju standardizovane indikatorske okvire i platforme za praćenje napretka.

Praćenje ciljeva održivog razvoja kroz adekvatne indikatore predstavlja jedan od najvažnijih metodoloških izazova u operacionalizaciji održivog razvoja. Tradicionalni ekonomski indikatori poput BDP-a, pokazali su se nedovoljni za merenje blagostanja i održivosti, što je dovelo do razvoja alternativnih pristupa merenja (Stiglitz et al., 2009a).

Implementacija održivog razvoja zahteva aktivno učešće različitih grupa stejkholdera i integraciju naučnog i praktičnog znanja kroz transdisciplinarnu pristupe (Lang et al., 2012). Kompleksnost održivog razvoja, karakterisana postojanjem višeznačnih, često konfliktnih ciljeva, opravdava primenu tehnika višekriterijumskog odlučivanja (Munda, 2005). Ove tehnike omogućavaju sistematsko razmatranje različitih kriterijuma i perspektiva u procesu donošenja odluka i o njima će više biti reči u narednim poglavljima.

Upravljanje ciljevima održivog razvoja podrazumeva međusektorski pristup, horizontalnu i vertikalnu koordinaciju među akterima, kao i razvoj integrisanih indikatorskih sistema za praćenje napretka. Upravo iz tog razloga, kvantitativna merenja i metodološke inovacije igraju ključnu ulogu u uspešnom sprovođenju ovih ciljeva. Zbog toga je analiza njihovih interakcija od velikog značaja. Napredak u ostvarivanju jednog cilja može doprineti ili, naprotiv, negativno uticati na ostvarenje drugih. Tako ekonomski rast može smanjiti siromaštvo, ali istovremeno pogoršati ekološke pokazatelje. Stoga je za efikasno sprovođenje Agende 2030 neophodno holističko sagledavanje ciljeva, uz identifikaciju sinergija i mogućih kompromisa među njima (Barbier & Burgess, 2017, 2019; Sachs, 2012).

Savremeni koncept održivog razvoja, kako je operacionalizovan kroz ciljeve održivog razvoja, predstavlja sintezu decenija iskustava u razvojnoj teoriji i praksi. Međutim, implementacija ove ambiciozne agende postavlja nove izazove koji zahtevaju inovativne pristupe merenju, praćenju i evaluaciji napretka, što čini benčmarking metodologiju posebno relevantnom za postizanje ciljeva održivog razvoja.

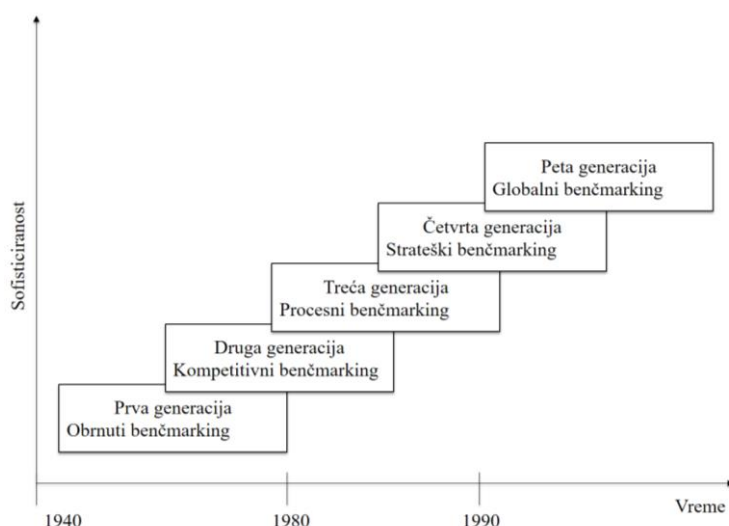
2.2 Benčmarking: koncept i metode

Benčmarking predstavlja sistematski proces poređenja performansi organizacija, institucija ili nacionalnih sistema u cilju identifikovanja najboljih praksi i mogućnosti za unapređenje. Kao menadžerski alat, benčmarking podrazumeva kontinuirano merenje i poređenje ključnih pokazatelja performansi (*KPI*) sa onima iz okruženja koje se smatraju referentnim ili „najboljim u klasi” (Camp, 1989). Zapravo se koncept prvi put šire i formalnije upotrebljava u kompaniji Xerox, koja je benčmarking koristila kao odgovor na rastuću konkurenciju japanskih proizvođača, krajem 1970-ih godina, a Robert Camp, autor knjige *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance*, koja se smatra fundamentalnim delom i polaznom tačkom za akademsku i praktičnu razradu koncepta, je upravo tamo i bio menadžer. Ovaj pristup omogućava organizacijama da prepoznaju sopstvene slabosti, postave realne ciljeve i implementiraju promene zasnovane na dokazanim praksama. Koncept počiva na ideji da nijedna organizacija ne funkcioniše izolovano, te da upoređivanje sa drugima može poslužiti kao instrument za identifikaciju sopstvenih slabosti i biti pokretač organizacionog učenja. Pored kompanije Xerox, jedan od poznatih primera uspešne primene

ove metode potiče iz kompanije *Ford Motor Company*, koja je početkom 1980-ih, u vreme krize u automobilskoj industriji, sproveda benčmarking analizu svojih procesa u odeljenju za obračun obaveza. Upoređivanjem sopstvenih praksi sa onima u kompaniji *Mazda*, Ford je identifikovao efikasnija rešenja i uspeo da smanji troškove poslovanja za 5%, čime je benčmarking potvrdio svoju vrednost kao instrument za racionalizaciju poslovanja i povećanje konkurentnosti (Elmuti & Kathawala, 1997). Koncept benčmarkinga se postepeno nadograđivao i dobio širu primenu posebno kroz razvoj metoda upravljanja kvalitetom (*Total Quality Management – TQM*) i *Lean* koncepta, a kasnije i kroz metodologiju šest sigma (*Six Sigma*) (Bogan & English, 1994). Njegova primena se od početnih industrijskih procesa proširila na javni sektor, obrazovanje, zdravstvene sisteme i, u novije vreme, na analizu javnih politika i inovacionih sistema i održivog razvoja.

Postoje različite definicije benčmarkinga. Camp (1989), definiše benčmarking kao potragu za najboljim praksama u industriji koje će dovesti do izuzetnih performansi kroz primenu tih najboljih praksi. Dalje su se nizale definicije od Vaziri (1993), preko Maire, (2002) pa sve do Kumar et al. (2006), koji benčmarking definiše kao proces identifikovanja, razumevanja i prilagođavanja najboljih praksi kako bi organizacija unapredila svoje performanse. Razvoj benčmarkinga bio je postepen i višefazni. Njegova evaluacija može se videti na Slici 1.1 (Watson, 1993).

Kako su autori Đuričin et al. (2015) objasnili benčmarking ima dve glavne karakteristike. Prvo, benčmarking se može posmatrati kao oblik akcionog istraživanja, budući da je usmeren na rešavanje konkretnih problema u praksi, za razliku od istraživačkih pristupa koji nemaju neposrednu primenljivost. Osnovu ovog pristupa čini identifikovanje, prilagođavanje i primena optimalnih rešenja u okviru jasno definisanog konteksta (Kyrö, 2004). Drugo, benčmarking predstavlja pre svega projektno, a ne isključivo edukativno usmerenu disciplinu, što omogućava njegovu primenu kao instrumenta za razvoj i operacionalizaciju postojećih naučnih saznanja. Primena najboljih praksi omogućava sticanje vrednih iskustava kroz sistematsku analizu različitih teorijskih koncepata koji se bave srodnim problemima. Ovaj proces doprinosi produbljivanju naučnog razumevanja i istovremeno aktivira proces učenja. Na taj način, iako primarna svrha benčmarkinga nije obrazovna, on funkcioniše i kao instrument učenja, a kritički pristup evaluaciji ponuđenih rešenja dodatno mu pruža naučni karakter.



Slika 2.1 Evaluacija benčmarkinga

Izvor: Watson (1993).

Efikasnost benčmarkinga se može teorijski objasniti pomoću organizacionih principa i određenih logičkih pretpostavki. Na tim osnovama razvijene su nove definicije koje nastoje da

objedine različite pristupe i tipologije benčmarkinga, istovremeno pružajući odgovor na kritike koje su mu ranije upućivane. Ovakav konceptualni okvir ističe i povezanost benčmarkinga sa modelima poslovne izvrsnosti, među kojima se posebno izdvajaju Malcolm Baldrige nagrada za nacionalni kvalitet i standard ISO 9000 (Moriarty, 2011).

Proces benčmarkinga obuhvata više etapa koje omogućavaju sistematičan pristup unapređenju. Prema Stevenson (1996), ključni koraci uključuju: (1) identifikaciju kritičnog procesa koji zahteva poboljšanje, (2) izbor organizacije koja ostvaruje najbolje rezultate u posmatranom procesu, (3) uspostavljanje kontakta i proučavanje izabrane prakse, (4) analizu prikupljenih podataka i (5) implementaciju unapređenja u sopstvenom poslovanju. Dosledna primena navedenih faza omogućava uspešnu primenu benčmarkinga na različite aspekte poslovanja, čime on postaje snažan instrument organizacionog učenja i inoviranja.

Značaj benčmarkinga ogleda se i u njegovoj sposobnosti da podstakne saradnju i razmenu znanja među organizacijama. Jedan od njegovih primarnih ciljeva je upravo korišćenje i deljenje iskustava kako bi se generisale nove ideje i inovativna rešenja. Na taj način benčmarketing prevazilazi tradicionalne granice konkurencije i usmerava se ka stvaranju kolektivne vrednosti kroz saradnju među liderima u industriji (Lankford, 2002).

U poslovnom okruženju benčmarketing se sve češće primenjuje kao efikasan alat za unapređenje organizacionih performansi. Prema Boxwell (1994) postoje tri osnovna razloga za njegovu rastuću popularnost. Prvo, benčmarketing predstavlja delotvorniji pristup sprovođenju unapređenja, budući da umanjuje oslanjanje na metodu „pokušaja i greške“ i omogućava menadžerima da identifikuju i prilagode proverene prakse drugih organizacija sopstvenim poslovnim uslovima. Drugo, benčmarketing značajno povećava sposobnost organizacije da brzo reaguje kroz uvođenje promena i unapređenja, što je naročito važno u okruženju izražene tržišne konkurencije i ograničenog vremena za donošenje odluka. Konačno, njegova primena doprinosi unapređenju ukupnih korporativnih performansi, jer zajedničko stremljenje organizacija ka izvrsnosti u oblasti proizvodnje i upravljanja kvalitetom vodi ka postepenom približavanju poslovnih standarda najvišim svetskim nivoima. Važno je istaći da suština benčmarkinga ne leži u sprovođenju promena radi samih promena, već u stvaranju dodatne vrednosti. Stoga se izmene u proizvodima, procesima ili organizacionim strukturama opravdavaju isključivo ukoliko rezultiraju konkretnim koristima i unapređenjem poslovnih performansi.

Kako bi benčmarketing praksa dala pune rezultate potrebno je da ovakav princip razmišljanja postane deo organizacione kulture, da menadžment i zaposleni prihvate otvorenost prema učenju od drugih. Organizacije moraju postati proaktivne i okrenute ka analizi ne samo svog poslovanja, već i poslovanja konkurenata i funkcionisanju njihovih procesa. Kada se sprovodi na adekvatan način, ovaj proces omogućava preduzeću da identifikuje sopstvenu konkurentsku prednost, ali i da unapredi ostale procese do nivoa koji dostižu vodeće organizacije u sektoru. Na taj način benčmarketing doprinosi podizanju ukupnih standarda konkurencije u industriji i eliminiše one aktore koji ne mogu da održe ili razviju konkurentsku prednost.

Bhutta & Huq (1999) su adaptirali Kampov „točak benčmarkinga“, koji obuhvata pet ključnih faza. Prva faza podrazumeva planiranje studije, odnosno definisanje oblasti, procesa ili aktivnosti koji će biti predmet poređenja, pri čemu izbor mora biti usklađen sa strateškim prioritetima organizacije. Druga faza se odnosi na formiranje benčmarketing tima koji se obučava za sprovođenje procesa i definiše zadatke, rokove i pokazatelje uspeha. Ključ uspeha u ovoj fazi jeste jasno razumevanje procesa koji se analizira. U trećoj fazi vrši se identifikacija partnera, odnosno organizacija, koje se smatraju liderima u posmatranom procesu. Saradnja se najčešće ostvaruje sa organizacijama koje nisu direktni konkurenti, a osnovu čini obostrana korist i razmena informacija. Četvrta faza obuhvata prikupljanje i analizu podataka, gde cilj nije samo upoređivanje rezultata, već razumevanje faktora koji omogućavaju postizanje dobrih performansi. Na kraju, peta faza podrazumeva prilagođavanje i primenu najboljih praksi, pri čemu se rešenja iz drugih organizacija ne kopiraju, već se modifikuju u

skladu sa specifičnostima sopstvenog okruženja. Ova faza obuhvata i planiranje kratkoročnih i dugoročnih poboljšanja, u zavisnosti od raspoloživih resursa i složenosti procesa.

Koncept benčmarkinga i način njegove primene mora se prilagoditi oblasti u kojoj se primenjuje, ciljevima i svrsi istraživanja. Ipak, svaka uspešna benčmarketing aktivnost zasniva se na određenim fundamentalnim principima koje je neophodno uzeti u obzir kako bi rezultati analize bili relevantni, pouzdani i korisni za donošenje odluka (Papaioannou et al., 2006). Prvi je *princip fokusa*, koji podrazumeva precizno definisanje osnovne oblasti, procesa ili aktivnosti koja se analizira. Što je predmet benčmarkinga jasnije i uže određen, to su rezultati učenja relevantniji i primenljiviji. Drugi je *princip merenja*, koji naglašava značaj objektivnog merenja performansi, budući da kvalitet procesa učenja direktno zavisi od pouzdanosti i objektivnosti korišćenih mera. Međutim, izbor indikatora često predstavlja politički i institucionalni proces u kojem se prednost daje pokazateljima koji su lakše merljivi, a ne nužno onima koji su najrelevantniji za procenu uspešnosti. Česta metodološka greška ogleda se u poistovećivanju indikatora i ciljeva: indikatori služe za merenje performansi, dok su ciljevi povezani sa vrednostima i strateškim opredeljenjima organizacije. Zatim, sledi *princip diferencijacije* koji zahteva jasno razlikovanje između performansi i organizacionih praksi. Na primer, poređenje nivoa kvaliteta između dve organizacije ukazuje na razliku u ostvarenom rezultatu, ali ne objašnjava kako su ti rezultati postignuti. Zbog toga je neophodna detaljna analiza internih praksi, kako bi se utvrdilo da li organizacije primenjuju iste postupke, da li određene prakse izostaju i u kojoj meri se sprovode efikasno. Iako se i performanse i prakse mogu meriti i upoređivati, kvalitet, dostupnost i pouzdanost podataka ostaju jedan od ključnih izazova. *Princip učenja* predstavlja suštinu benčmarkinga. Benčmarketing se prvenstveno koristi kao alat za organizaciono učenje, kojim se omogućava usvajanje novih znanja, ideja i poboljšanje postojećih praksi. Iako može poslužiti za identifikaciju najboljih praksi, njegova osnovna svrha nije evaluacija ili nagrađivanje, već kontinuirani razvoj. *Princip uporedivosti* predstavlja jedan od ključnih uslova uspešnog benčmarkinga. Ova metoda je najefikasnija kada razlike u performansama i resursima između upoređivanih organizacija nisu prevelike. *Princip integracije* podrazumeva da se benčmarketing ne posmatra kao izolovan alat, već kao sastavni deo šireg sistema upravljanja kvalitetom i organizacionog unapređenja. Na kraju, *princip primenljivosti* ukazuje da se benčmarketing može koristiti u različitim sektorima, kao i u međunarodnom kontekstu, ali uz pažljivo osmišljen pristup kako bi se obezbedila validnost poređenja i uvažavanje kontekstualnih razlika.

Upoređivanje performansi mora dovesti do identifikovanja i usvajanja praksi koje stoje iza boljih rezultata drugih organizacija, uz njihovo prilagođavanje sopstvenom kontekstu. Ova akciona komponenta čini suštinu benčmarketing procesa jer sama spoznaja da je neka organizacija manje uspešna nema vrednost ukoliko se ne razume zbog čega druga ostvaruje bolje performanse. Tokom vremena, fokus benčmarketing prakse pomerio se sa samih pokazatelja na primenu naučenih lekcija i prilagođavanje najboljih praksi, čime je implementacija najbolje prakse postala centralni deo benčmarketing pristupa.

Kao što je već naglašeno, benčmarketing se mora prilagoditi nameni, predmetu i cilju analize. Pa se na osnovu toga u literaturi može identifikovati više tipova benčmarkinga (Bogan & English, 1994):

1. *Interni benčmarketing* – predstavlja poređenje unutar iste organizacije ili sistema. Podrazumeva poređenje unutar samih poslovnih jedinica, odnosno upoređivanje performansi različitih odeljenja, sektora ili timova u okviru jedne organizacije. Reč je o jednom od najjednostavnijih oblika benčmarkinga, budući da većina kompanija poseduje slične funkcije unutar svojih poslovnih struktura. Glavni cilj internog benčmarkinga jeste utvrđivanje internih standarda performansi organizacije, čime se omogućava razmena širokog spektra informacija i znanja među jedinicama. Prednost ovog pristupa ogleda se u brzo ostvarivim koristima, jer omogućava identifikaciju najboljih internih praksi i njihovu primenu u drugim delovima preduzeća, čime se povećava ukupna efikasnost i homogenizuje nivo kvaliteta rada. Prednost internog benčmarkinga ogleda se u

jednostavnosti njegove primene i brzom ostvarivanju rezultata, jer organizacija raspolaže potrebnim informacijama. Međutim, jedan od nedostataka internog benčmarkinga jeste mogućnost zadržavanja ograničene, introspektivne perspektive, jer se poređenje odvija isključivo unutar organizacije. Ukoliko se rezultati internog benčmarkinga ne iskoriste kao polazna osnova za eksterni benčmarking, postoji rizik da kompanija ostane zatvorena prema inovacijama i naprednim praksama izvan sopstvenog okruženja. Stoga se interni benčmarking često koristi kao početna faza koja se nadograđuje eksternim poređenjem (Boxwell, 1994).

2. *Konkurentski benčmarking* – spada u eksterni benčmarking i podrazumeva poređenje sa direktnim konkurentima (npr. zemlje sa sličnim ekonomskim profilom). Njegov osnovni cilj jeste da se analiziraju performanse organizacija koje posluju na istom tržištu i nude slične proizvode, usluge ili procese rada. Na taj način moguće je utvrditi relativni položaj preduzeća u odnosu na konkurenciju i identifikovati oblasti u kojima je potrebno unapređenje (Elmuti & Kathawala, 1997). Tipičan primer konkurentskog benčmarkinga mogao bi biti poređenje između kompanija *McDonald's* i *Burger King*, koje deluju u istoj industriji i obraćaju se sličnim potrošačkim segmentima. Ovaj pristup omogućava organizacijama da sagledaju svoje performanse u odnosu na tržišne lidere i da prepoznaju faktore koji doprinose njihovom uspehu. Ipak, pristup relevantnim informacijama može biti ograničen, jer konkurentske kompanije često nastoje da zaštite svoje poslovne tajne i ne dozvole uvid u ključne podatke. Najčešće su dostupni samo oni izvori koji se nalaze u javnom domenu, dok su detaljnije informacije o internim procesima teško dostupne ili potpuno zatvorene za spoljne aktere (Fuller et al., 2011). Cilj ovog pristupa jeste da se identifikuju razlike u performansama i da se analiziraju faktori koji doprinose uspehu konkurencije. Na taj način, organizacija stiče uvid u sopstveni položaj u industriji i može usmeriti napore ka postizanju konkurentске prednosti. Pristup relevantnim informacijama u okviru kompetitivnog benčmarkinga može biti otežan, jer organizacije često štite poslovne tajne i ograničavaju dostupnost podataka. Zbog ograničene dostupnosti informacija, primena konkurentskog benčmarkinga zahteva značajne istraživačke napore i fokusiranje prvenstveno na direktne konkurente (Boxwell, 1994).
3. *Funkcionalni benčmarking* – poređenje funkcija ili procesa sa različitim organizacijama koje obavljaju slične zadatke. Funkcionalni benčmarking se sprovodi u poređenju sa liderima u određenoj industriji ili sa kompanijama koje ostvaruju izuzetne rezultate u određenim poslovnim funkcijama. U fokusu ovog pristupa nisu nužno direktni konkurenti, već organizacije koje dele slične tehnološke ili tržišne karakteristike, odnosno funkcionalne sličnosti u okviru procesa, tehnologije ili upravljanja. Prednost funkcionalnog benčmarkinga ogleda se u tome što partneri za poređenje pokazuju veću spremnost za saradnju i razmenu informacija, budući da među njima ne postoji direktna konkurentska napetost. Ovakav pristup omogućava organizacijama da prepoznaju i preuzmu najbolje funkcionalne prakse iz drugih industrijskih okvira, čime se podstiče inovativnost i razvoj unutar sopstvenog poslovnog sistema. Ipak, određena ograničenja funkcionalnog benčmarkinga odnose se na visoke troškove i vremensku zahtevnost procesa, jer su kompanije koje predstavljaju uzor često preopterećene sopstvenim obavezama i rasporedom, što može otežati pristup potrebnim informacijama i usporiti realizaciju poređenja (Elmuti & Kathawala, 1997; Zairi & Leonard, 1996).
4. *Generički benčmarking* – poređenje opštih poslovnih ili upravljačkih praksi, nezavisno od sektora. Generički benčmarking usmeren je na analizu i unapređenje najboljih radnih procesa, bez obzira na to u kojoj se organizaciji oni primenjuju. Za razliku od drugih tipova benčmarkinga koji su fokusirani na određene poslovne funkcije, proizvode ili industrije, procesni benčmarking akcenat stavlja na sličnost procedura i tokova aktivnosti između organizacija, čak i kada one deluju u potpuno različitim sektorima. Time se

omogućava prenos inovativnih praksi iz različitih industrijskih oblasti i podstiče organizaciono učenje kroz razmenu iskustava (Camp, 1989). Ovakav pristup omogućava preduzećima da identifikuju i primene najefikasnije metode rada razvijene u drugim kontekstima, čime se podstiče inovativno razmišljanje i stvaranje konkurentne prednosti kroz prenos dobrih praksi izvan granica sopstvene industrije. Iako se procesni benčmarking smatra izuzetno efikasnim instrumentom unapređenja poslovanja, njegova primena može biti složena i zahtevna. Uspešno sprovođenje ovog pristupa podrazumeva široko konceptualno razumevanje celokupnog procesa, kao i detaljnu analizu i interpretaciju postojećih procedura u organizacijama koje se porede (Bhutta & Huq, 1999).

Konkurentski, funkcionalni i generički benčmarking spadaju u eksterne vrste benčmarkinga. Dok funkcionalni i generički predstavljaju nekognitivne tipove eksternog benčmarking procesa.

Predstavljena podela je najčešće korišćena, ali postoji mnogo različitih klasifikacija benčmarkinga. Fong i saradnici (1998) su uspostavili jednu od njih i ona je prikazana u Tabeli 2.1.

Tabela 2.1 Klasifikacija benčmarkinga

Klasifikacija	Tip	Značenje
Subjekat poređenja	Interni	Poređenje unutar jedne organizacije u vezi sa performansama sličnih poslovnih jedinica ili procesa
	Konkurentski	Poređenje sa direktnim konkurentima radi dostizanja ili nadmašivanja njihovih ukupnih performansi
	Industrijski	Poređenje sa organizacijama u istoj industriji, uključujući i nekonkurente
	Generički	Poređenje sa organizacijama koje prevazilaze granice određene industrije
	Globalni	Poređenje sa organizacijama čija geografska lokacija prevazilazi nacionalne granice
Predmet poređenja	Procesni	Odnosi se na diskretne radne procese i operativne sisteme
	Funkcionalni	Primena procesnog benčmarkinga koja upoređuje određene poslovne funkcije u dve ili više organizacija
	Benčmarking performansi	Usmeren na karakteristike ishoda, koje se mogu kvantifikovati u smislu cene, brzine, pouzdanosti itd.
	Strateški	Podrazumeva procenu strateških, a ne operativnih pitanja
Svrha poređenja	Kompetitivni	Poređenje radi sticanja superiornosti u odnosu na druge
	Kolaborativni	Poređenje radi razvoja okruženja za učenje i razmenu znanja

Izvor: Fong et al. (1998)

Fong et al. (1998) ukazuju da izbor odgovarajuće vrste benčmarkinga ne može biti univerzalan, već treba da se zasniva na kontekstualnom pristupu koji uzima u obzir specifične uslove u kojima se benčmarking sprovodi. Pri tome se kao ključni faktori navode stepen međuzavisnosti između partnera u poređenju, broj uključenih učesnika, nivo međusobnog poverenja, kao i strateški značaj aktivnosti koje su predmet analize. U zavisnosti od kombinacije ovih faktora, benčmarking može imati izraženo konkurentski ili kolaborativni karakter. Takođe, inicijative koje pokreće pojedinačna organizacija češće su usmerene ka konkurentskom benčmarkingu, dok procesi koje vodi neutralna i ugledna treća strana češće rezultiraju kolaborativnim oblicima saradnje. Pregled različitih klasifikacionih pristupa pokazuje da se, nezavisno od kriterijuma koji se koristi za klasifikaciju, u literaturi navodi veliki broj tipova benčmarkinga, među kojima su interni, konkurentski, funkcionalni, benčmarking najbolje prakse odnosno generički benčmarking, eksterni benčmarking, strateški benčmarking, operativni benčmarking, benčmarking upravljanja poslovanjem, benčmarking zasnovan na konsultantskim studijama, benčmarking proizvoda, benčmarking procesa, relacioni benčmarking, benčmarking performansi (Partovi, 1994; Spendolini, 1992).

Istovremeno, pregled postojećih klasifikacija pokazuje da se u literaturi pojavljuje veliki broj tipova benčmarkinga, nezavisno od kriterijuma koji se koristi za njihovo razvrstavanje. Ovakva raznolikost često dovodi do preklapanja pojmova i terminološke neujednačenosti, zbog čega korisnicima može biti otežano jasno razumevanje i izbor najadekvatnije vrste benčmarkinga u konkretnom istraživačkom ili praktičnom kontekstu (Anand & Kodali, 2008).

Na strateškom nivou, naročito u kontekstu oblikovanja javnih politika, benčmarketing se proširuje u pravcu tzv. „pozajmljivanja politika” (*policy borrowing*) (Alderman & Murray, 2025). Ovaj koncept predstavlja nadogradnju benčmarkinga, jer se poređenje prenosi na domen javnih politika, gde je predmet analize sama politika, a ne proizvod ili proces. U tom okviru, razmena znanja podrazumeva identifikovanje uspešnih modela implementacije politika, dok se prenos znanja ostvaruje kroz njihovu prilagođenu primenu u različitim institucionalnim i društvenim kontekstima (Alderman & Murray, 2025). Benčmarketing u oblasti javnih politika predstavlja strukturiran proces poređenja politika, usluga i praksi javnog sektora sa ciljem identifikovanja najboljih praksi, unapređenja performansi i povećanja transparentnosti. Ova metodologija omogućava evaluaciju kako samih politika, tako i procesa njihovog razvoja, pružajući građanima informacije i opravdanje za odluke donete u javnom sektoru. Primena benčmarkinga zahteva jasno definisanje predmeta poređenja, jer javne politike mogu obuhvatati procese delovanja ili nedelovanja vlada, političkih stranaka i državnih institucija, kao i pojedinačne političke odluke. Korišćenjem standarda ili poređenjem sa praksama drugih javnih organizacija, benčmarketing omogućava identifikaciju praznina u performansama i praksama, čime se jača odgovornost i legitimitet politika (Papaioannou et al., 2006).

Kako se konkurentsko tržište proširilo na globalni nivo, primena benčmarkinga se pomerila van granica pojedinačnih organizacija. Danas nije neuobičajeno primenjivati benčmarketing na nivou industrije, pa čak i na nivou država. Makro nivo poređenja privlači posebnu pažnju istraživača, posebno u kontekstu intenzivne konkurencije na globalnom tržištu, gde nacionalni brendovi imaju značajnu ulogu. Njegova primena se proširila sa poređenja troškova, produktivnosti i operativne efikasnosti pojedinačnih organizacija na sistematsko upoređivanje učinka država i regiona u oblastima održivog razvoja, inovacija, socijalne uključenosti, zaštite životne sredine i institucionalnog kvaliteta. U savremenom kontekstu, benčmarketing ne služi isključivo za rangiranje ili identifikaciju najboljih praksi, već predstavlja analitički okvir za učenje, identifikovanje strukturnih slabosti i definisanje realnih i merljivih ciljeva unapređenja, oslanjajući se na standardizovane indikatore i međunarodno uporedive podatke.

Kako pojedinci, organizacije, umrežene institucije pa čak i države teže poboljšanju performansi radi opstanka, rasta i održivosti, benčmarketing postaje prirodno važan alat. Pravilno dizajnirane mere olakšavaju organizacijama da uporede svoje performanse sa ciljnim nivoom performansi. Bez adekvatnog merenja ne postoji način za postizanje unapređenja. Na nivou preduzeća, performanse se mogu meriti finansijskim indeksima, dok je na nivou timova ili javnog sektora neophodno definisati relevantne i adekvatne indikatore performansi. Određivanje relevantnih performansi je ključni uslov da bi benčmarketing bio ostvariv i koristan (Hong et al., 2012).

U savremenoj istraživačkoj praksi benčmarketing je zastupljen i u oblasti mašinskog učenja gde se koristi ne samo kao alat za evaluaciju performansi, već i kao okvir koji omogućava uporedivost, transparentnost i koordinaciju istraživačkih aktivnosti. Standardizovani zadaci, metrike i rangiranja olakšavaju poređenje različitih pristupa i doprinose formiranju zajedničkih referentnih tačaka u uslovima metodološke raznolikosti. Istovremeno, benčmarketing podstiče inkrementalna unapređenja i kontinuitet istraživanja, omogućavajući praćenje napretka u odnosu na postojeće standarde i usmeravanje daljeg razvoja oblasti (Campolo, 2025). Noviji pristupi razvijaju preskriptivni benčmarketing, koji, pored identifikacije jaza u performansama, nudi konkretne preporuke za unapređenje procesa kroz ciljne izmene aktivnosti u poređenju sa referentnim praksama. Na taj način, benčmarketing se sve više transformiše u alat podrške odlučivanju, zasnovan na empirijskim dokazima, a ne samo na rangiranju i poređenju (Abb et al., 2025).

Alsharari & Aljohani (2023) ističu važnost benčmarkinga kao strateškog alata za unapređenje organizacionih performansi čija efikasnost zavisi od njegove integracije u širi institucionalni i kulturni kontekst. Fokus savremenog benčmarkinga usmeren je na usklađivanje performansi sa ciljevima održivosti, jačanje kulture saradnje i eksternog učenja, kao i na korišćenje rezultata benčmarkinga u kontinuiranom unapređenju konkurentnosti i efikasnosti organizacija. Poseban značaj se pridaje ulozi benčmarkinga u podsticanju održivih praksi, organizacionog učenja i razmene znanja, što direktno doprinosi konkurentnosti organizacija. Identifikaciju najboljih praksi u različitim industrijskim sektorima sa ciljem unapređenja ukupne održivosti i dugoročne industrijske konkurentnosti, analizirali su i Mandal et al. (2024).

Jedan od novijih pravaca razvoja benčmarkinga je i njegova primena u omiks (*omics*) tehnologijama, koje omogućavaju sveobuhvatnu i visokoprotočnu analizu bioloških sistema na molekularnom nivou (Brooks et al., 2024). Koristi se kao ključni mehanizam za objektivno poređenje i evaluaciju analitičkih i računarskih metoda u obradi bioloških podataka velikih razmera. U ovoj oblasti, benčmarking je sazeo u standardizovanu praksu, sa jasno definisanim principima i velikim brojem empirijskih studija, ali i dalje ostaje metodološki zahtevan usled složenosti podataka i analitičkih postupaka.

Razvoj benčmarkinga tokom poslednje decenije karakteriše pomak ka dinamičkom pristupu, pri čemu se naglasak stavlja na razumevanje uzroka razlika u performansama, a ne samo na identifikaciju najboljih performansi. Benčmarking se danas sve češće integriše u strateško planiranje, sisteme upravljačke kontrole i procese donošenja odluka, čime prevazilazi svoju tradicionalnu operativnu funkciju. U tom smislu, on predstavlja mehanizam koji povezuje merenje performansi sa razvojem politika, organizacionim učenjem i dugoročnim unapređenjem konkurentnosti. Savremeni benčmarking teži da istovremeno obezbedi uporedivost i fleksibilnost, da podrži učenje umesto pukog nadmetanja i da služi kao osnova za donošenje informisanih odluka u složenim i višedimenzionalnim okruženjima. Za razliku od ranijih pristupa koji su benčmarking svodili na jednokratno rangiranje, savremeni koncept naglašava njegovu ulogu kao kontinuiranog procesa učenja, usmerenog ka identifikaciji uzroka razlika u performansama i unapređenju odlučivanja.

Kritike koncepta često se odnose na rizik od mehaničkog prenošenja tuđih praksi bez razumevanja specifičnih institucionalnih, kulturnih i strukturnih faktora. Stoga, umesto pukog kopiranja, benčmarking zahteva kritičko promišljanje i prilagođavanje identifikovanih praksi tako da one postanu deo šire strategije unapređenja organizacionih procesa i rezultata (Bogan & English, 1994).

U oblasti ciljeva održivog razvoja, najčešće se primenjuju funkcionalni i generički modeli, jer ciljevi razvoja prevazilaze granice sektora i odnose se na šire društvene sisteme.

2.3 Konceptijski okvir za primenu benčmarkinga ciljeva održivog razvoja

Benčmarking predstavlja ključan koncept u praćenju ostvarivanja ciljeva održivog razvoja jer omogućava sistematsko upoređivanje performansi pojedinih zemalja ili regiona sa najboljim praksama i međunarodnim standardima. Primena benčmarkinga pomaže da se identifikuju oblasti u kojima nacionalna politika ili implementacija ciljeva zaostaje, da se postave merljivi ciljevi i prioriteti, kao i da se razviju strategije za unapređenje održivog razvoja. Kroz procene zasnovane na indikatorima i upotrebu kompozitnih indeksa, benčmarking olakšava sagledavanje složenih međuzavisnosti između različitih ciljeva, omogućava evidenciju napretka u odnosu na globalne ili regionalne norme i pruža osnovu za donošenje informisanih politika. Osim toga, benčmarking doprinosi transparentnosti i odgovornosti, jer omogućava praćenje rezultata kroz kvantitativne i kvalitativne pokazatelje, čime se stvara jasan okvir za evaluaciju politika i podstiče socijalno, ekonomsko i ekološko učenje. U tom smislu, benčmarking nije samo tehnički alat, već i mehanizam

koji povezuje globalne ambicije ciljeva održivog razvoja sa nacionalnim i lokalnim strategijama, olakšavajući praktičnu primenu ciljeva.

Spektar primene benčmarkinga značajno se proširio na nivo nacionalnih ekonomija i javnih politika, čime je benčmarking evoluirao od pretežno mikroekonomskog pristupa, ka instrumentu analize i unapređenja makroekonomskih i društvenih sistema. U tom kontekstu, u okviru Ciljeva održivog razvoja, svrha benčmarkinga prevazilazi tradicionalno fokusiranje na poslovne performanse i obuhvata složene socioekonomske i ekološke izazove. Na taj način, benčmarking omogućava identifikaciju efikasnih javnih politika, institucionalnih rešenja i mehanizama implementacije koji doprinose dugoročnoj održivosti i uravnoteženom razvoju. Konceptijski okvir za primenu benčmarkinga u praćenju i evaluaciji Ciljeva održivog razvoja omogućava strukturisan i sistematičan pristup, u okviru kojeg se istovremeno razmatraju multidimenzionalnost razvojnih ciljeva, relevantni indikatori performansi, institucionalni kapaciteti, međusektorska povezanost, kao i širi globalni kontekst. Ovako definisan okvir pruža čvrstu osnovu za donošenje odluka zasnovanih na dokazima, kao i za identifikaciju konkretnih oblasti unapređenja politika i praksi održivog razvoja. Osnovu konceptijskog okvira čini identifikacija relevantnih dimenzija održivog razvoja, koje obuhvataju ekonomske, socijalne i ekološke aspekte, kao i institucionalne i tehnološke faktore. U skladu sa Agendom 2030, ciljevi održivog razvoja definišu normativni okvir, dok se benčmarking koristi kao analitički instrument za procenu relativnog napretka i identifikaciju razlika u performansama između posmatranih jedinica (United Nations, 2015). Izbor odgovarajućih indikatora predstavlja centralnu komponentu konceptijskog okvira za primenu benčmarkinga, pri čemu je neophodno da oni budu smisleni u odnosu na posmatrane ciljeve, kvantitativno izraženi, međusobno uporedivi i zasnovani na pouzdanim podacima. Pomoću takvih indikatora moguće je sagledati stepen ostvarenja definisanih ciljeva, ali i uočiti oblasti u kojima su prisutna odstupanja u odnosu na željene ili očekivane rezultate. U tom kontekstu, benčmarking omogućava upoređivanje postignutih performansi sa različitim referentnim tačkama, kao što su primeri najboljih rezultata, unapred postavljeni ciljevi ili prosečne vrednosti zemalja sa sličnim razvojnim karakteristikama. Benčmarking se može sprovoditi na nacionalnom, regionalnom, sektorskom ili institucionalnom nivou, pri čemu je važno obezbediti konzistentnost metodološkog pristupa kako bi rezultati bili uporedivi. Međunarodni benčmarking ima poseban značaj, jer omogućava sagledavanje relativnog položaja zemlje u globalnom kontekstu i identifikaciju razvojnih obrazaca koji mogu poslužiti kao osnova za unapređenje politika.

Sistematsko praćenje relevantnih indikatora omogućava ne samo uvid u kretanja unutar pojedinačnih zemalja tokom vremena, već i uporednu analizu između zemalja, čime se stvara osnova za vremenski i prostorni benčmarking. Upravo zbog toga, koncept benčmarkinga predstavlja suštinski element procesa praćenja i evaluacije napretka u ostvarivanju Ciljeva održivog razvoja, omogućavajući identifikaciju zaostajanja, primera dobre prakse i potencijalnih pravaca unapređenja politika održivog razvoja.

Ciljevi održivog razvoja pokrivaju ekonomsku, socijalnu i ekološku dimenziju koje su, međusobno povezane i zavisne. Efikasno poređenje i učenje od najboljih praksi zahteva holistički pristup, gde se razmatraju sve tri dimenzije u okviru zajedničkog okvira performansi i indikatora. Benčmarking ciljeva održivog razvoja treba posmatrati u okviru šireg sistema upravljanja i strateškog planiranja, kako bi se rezultati mogli efektivno implementirati i pratiti. Integracija u postojeće sisteme upravljanja kvalitetom i evaluacija politika povećava verovatnoću dugoročne održivosti postignutih poboljšanja.

Imajući u vidu sve navedeno, kao i analizu benčmarking koncepta, može se zaključiti da je benčmarking suštinski ugrađen u celokupnu ideju ciljeva održivog razvoja, kao i u mehanizme njihovog praćenja i evaluacije. Koncept benčmarkinga i pripadajući analitički alati omogućavaju kreatorima javnih politika da identifikuju vodeće primere dobre prakse u oblasti održivog razvoja, kvantifikuju razlike u performansama među zemljama i definišu realne i merljive ciljeve unapređenja. Na taj način, benčmarking prevazilazi ulogu pukog evaluativnog instrumenta i postaje važan mehanizam strateškog upravljanja razvojem. U kontekstu ciljeva održivog razvoja, to podrazumeva

da zemlje ne samo da bi trebalo da prate sopstvenu poziciju u odnosu na postavljene ciljeve, već i da aktivno koriste dobijene nalaze za unapređenje razvojnih politika i efikasniju alokaciju raspoloživih resursa.

Od 2016. godine Izveštaj o održivom razvoju obezbeđuje ažurne i sveobuhvatne podatke za praćenje i rangiranje napretka država članica Ujedinjenih nacija u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Pored toga, u savremenom kontekstu funkcionisanja međunarodnog sistema, Izveštaj uvodi unapređene pokazatelje koji omogućavaju detaljniju procenu doprinosa zemalja multilateralnoj saradnji u okviru Ujedinjenih nacija. Na osnovu obimne baze podataka, koja obuhvata više od 200.000 pojedinačnih opservacija, izrađuju se nacionalni i regionalni profili održivog razvoja.

U dokumentu Evropskog parlamenta iz 2021. godine (European Parliament, 2021) objašnjeno je deset kompozitnih indeksa koji obuhvataju različite oblasti javnih politika. Kompozitni indeksi predstavljaju agregirane pokazatelje koji nastaju kombinovanjem više pojedinačnih indikatora u jedinstvenu numeričku meru, sa ciljem da se na pregledan i uporediv način prikažu složeni, višedimenzionalni fenomeni koje nije moguće adekvatno obuhvatiti jednom promenljivom (Nardo et al., 2005). Oni integrišu različite aspekte posmatranog koncepta, na primer ekonomske, socijalne, ekološke ili institucionalne dimenzije kroz postupke standardizacije, ponderisanja i agregacije. Ovi indeksi koncipirani su tako da reflektuju ključne prioritete Evropske unije i da obuhvate većinu Ciljeva održivog razvoja definisanih Agendom 2030. Posmatrani indeksi obuhvataju različite, ali međusobno povezane dimenzije održivog razvoja, uključujući ekonomske, socijalne, ekološke i institucionalne aspekte. Njihovo zajedničko razmatranje omogućava holistički pristup benčmarkingu, u okviru kojeg se istovremeno sagledavaju ishodi razvoja, strukturne determinante performansi i širi globalni kontekst ostvarivanja Ciljeva održivog razvoja. U tom smislu, ovi indeksi ne predstavljaju izolovane pokazatelje, već sastavne elemente konceptijskog okvira koji povezuje ciljeve održivog razvoja sa empirijskom analizom i predstavlja analitičku osnovu za dalja metodološka razmatranja i primenu kvantitativnih metoda u nastavku istraživanja. Njihov izbor zasniva se na činjenici da predstavljaju standardizovane i međunarodno priznate alate benčmarkinga, razvijene od strane relevantnih međunarodnih organizacija i istraživačkih institucija, te da se sistematski primenjuju u uporednim analizama nacionalnih i regionalnih performansi u oblasti održivog razvoja.

Podaci koje pružaju imaju značajnu ulogu u procesu kreiranja i evaluacije javnih politika, naročito u kontekstu analize budućih trendova, definisanja strateških prioriteta, ublažavanja potencijalnih negativnih efekata i identifikovanja optimalnih kompromisa između konkurentnih ciljeva. Kompozitni indeksi ne služe isključivo za kvantifikovanje i praćenje učinka zemalja, već predstavljaju i važan instrument benčmarkinga, budući da omogućavaju standardizovanu osnovu za upoređivanje napretka i identifikovanje primera dobre prakse u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Na taj način, oni doprinose unapređenju procesa donošenja odluka i olakšavaju oblikovanje efektivnih i ciljno usmerenih politika. U savremenim međunarodnim analizama, kompozitni indeksi se sve češće koriste za poređenje učinka država u različitim oblastima, poput konkurentnosti, stepena globalizacije ili inovativnosti. Za razliku od pristupa koji se oslanja na skup pojedinačnih, fragmentisanih pokazatelja, kompozitni indeksi omogućavaju objedinjenu analizu međusobno povezanih dimenzija performansi ili javnih politika. Njihova primena je posebno izražena u benčmarking analizama, u okviru kojih zemlje upoređuju sopstvene rezultate sa rezultatima drugih država kako bi identifikovale oblasti u kojima nacionalni učinak zaostaje za referentnim vrednostima ili očekivanim nivoima razvoja. U tom smislu, benčmarking zasnovan na kompozitnim indeksima koristi se za sagledavanje opštih razvojnih trendova, definisanje ciljanih vrednosti performansi i utvrđivanje prioriteta prava delovanja javnih politika (Freudenberg, 2003).

Kompozitni indeksi omogućavaju sveobuhvatan pregled situacije, olakšavaju identifikaciju njenih ključnih elemenata i omogućavaju poređenja između zemalja ili regiona na standardizovanoj osnovi. Njihovo redovno ažuriranje pruža uvid u dinamiku promena tokom vremena, čime se stvara analitička osnova za oblikovanje politika usmerenih ka prevenciji ili ublažavanju rizika, kao i ka podsticanju pozitivnih razvojnih procesa (European Parliament, 2021). Odabrani indeksi ispunjavaju

tri ključna kriterijuma: konceptualnu usklađenost sa Ciljevima održivog razvoja, metodološku uporedivost i međunarodnu relevantnost, kao i sposobnost da kompleksne i višedimenzionalne aspekte održivog razvoja prevedu u merljive i uporedive pokazatelje. Na taj način, benčmarking se operacionalizuje kao analitički instrument koji omogućava procenu relativnog napretka zemalja u odnosu na definisane ciljeve, referentne vrednosti i primere najbolje prakse. Polazeći od ovakve uloge kompozitnih indeksa u analizi i benčmarkingu održivog razvoja, u nastavku rada biće predstavljen i detaljnije razmotren svaki od deset indeksa identifikovanih u dokumentu Evropskog parlamenta:

1. Indeks performansi u oblasti klimatskih promena (*Climate Change Performance Index – CCPI*) predstavlja instrument za merenje i upoređivanje relativnog učinka zemalja u oblasti zaštite klime, pri čemu se analiza zasniva kako na sprovedenim klimatskim politikama, tako i na ostvarenim rezultatima u smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte. Ovaj indeks omogućava sveobuhvatnu procenu pozicije pojedinačnih zemalja u odnosu na međunarodne ciljeve klimatske akcije. CCPI formira ukupni rang performansi svake zemlje u oblasti klimatske zaštite na osnovu četiri tematske kategorije i ukupno četrnaest pojedinačnih indikatora. U okviru svake kategorije, učinak zemlje se kvalitativno ocenjuje kroz pet nivoa – vrlo visok, visok, srednji, nizak i vrlo nizak – u zavisnosti od apsolutne vrednosti indikatora ili dinamike njegovog kretanja tokom prethodnog petogodišnjeg perioda. Svaki indikator poseduje sopstvenu skalu za procenu performansi, koja se potom standardizuje i prevodi u numerički rang od 0 do 100, čime se obezbeđuje uporedivost i formiranje agregatnog rezultata. Sa aspekta Ciljeva održivog razvoja, ovaj indeks je prvenstveno povezan sa SDG 7, koji se odnosi na obezbeđivanje pristupa održivoj i čistoj energiji, kao i sa SDG 13, koji se fokusira na preduzimanje hitnih mera u borbi protiv klimatskih promena i njihovih posledica. Kada je reč o praćenju napretka u odnosu na definisane ciljeve Evropske unije za 2030. godinu u oblasti energetike, CCPI se oslanja na objedinjeni, agregirani cilj Evropske unije, umesto na diferencirane nacionalne doprinose država članica. Ovakav metodološki pristup može imati različite implikacije na poziciju pojedinačnih zemalja u rangiranju, u zavisnosti od njihove specifične strukture energetskog sektora i nacionalnih politika.
2. Indeks posvećenosti razvoju (*Commitment to Development Index – CDI*) predstavlja analitički okvir za procenu u kojoj meri politike pojedinih zemalja doprinose ili mogu nepovoljno uticati na razvoj zemalja u razvoju. Polazeći od pretpostavke da nacionalne politike imaju prekogranične efekte, CDI omogućava sagledavanje šireg uticaja razvijenih ekonomija na globalni razvojni proces. Indeks meri relativnu efikasnost četrdeset zemalja u unapređenju sopstvenog „razvojnog otiska” na ekonomije u razvoju, pri čemu obuhvata dimenzije koje su u direktnoj vezi sa Ciljevima održivog razvoja, posebno SDG 8, koji se odnosi na dostojanstven rad i ekonomski rast, SDG 10, usmeren na smanjenje nejednakosti unutar i između zemalja, kao i SDG 17, koji naglašava značaj globalnih partnerstava za ostvarivanje razvojnih ciljeva. Svaka posmatrana zemlja ocenjuje se na osnovu sedam tematskih komponenti indeksa, pri čemu se ukupni rezultat formira kroz standardizovanu i ponderisanu agregaciju, u skladu sa relativnim doprinosom svake komponente ukupnom razvoju. Ovakav metodološki pristup omogućava uporedivost rezultata i uravnoteženo sagledavanje različitih kanala kroz koje nacionalne politike utiču na razvoj trećih zemalja. Kada je reč o ograničenjima indeksa u kontekstu Evropske unije, važno je istaći da devet država članica nije obuhvaćeno ovim indeksom, dok su za zemlje članice OECD-a podaci uglavnom dostupni i pouzdani. U cilju ublažavanja nedostataka u dostupnosti podataka, CDI primenjuje korektivne postupke, koji podrazumevaju dodeljivanje najniže ocene zemljama koje ne izveštavaju o relevantnim indikatorima, odnosno imputaciju prosečnih vrednosti zasnovanih na bruto nacionalnom dohotku po glavi stanovnika. Zemlje Evropske unije koje su uključene u indeks ne suočavaju se sa problemima nedostatka podataka, što dodatno doprinosi pouzdanosti njihovih rezultata u okviru ovog indeksa.

3. Indeks lakoće poslovanja (*Ease of Doing Business Index*) predstavlja kompozitni pokazatelj koji procenjuje na koji način regulatorni i institucionalni okvir jedne zemlje utiče na uslove za obavljanje preduzetničkih aktivnosti. Osnovna svrha indeksa jeste da omogući upoređivanje zemalja u pogledu jednostavnosti i efikasnosti poslovnog okruženja, pri čemu se rangiranje vrši od prve pozicije, koja označava najpovoljnije uslove poslovanja, do 190. mesta, koje ukazuje na najniži nivo lakoće poslovanja. Ukupan rezultat svake zemlje zasniva se na agregaciji različitih kvantitativnih i kvalitativnih podataka, kroz koje se procenjuje uticaj zakonskih propisa, administrativnih procedura, finansijskih troškova i vremenskih zahteva sa kojima se preduzetnici suočavaju tokom čitavog životnog ciklusa poslovanja. U tom smislu, indeks obuhvata aspekte poslovanja od osnivanja preduzeća do njegovog svakodnevnog funkcionisanja i zatvaranja. Sa stanovišta ciljeva održivog razvoja, Indeks lakoće poslovanja najdirektnije je povezan sa SDG 8, koji se odnosi na podsticanje dostojanstvenog rada i održivog ekonomskog rasta, kao i sa SDG 9, koji obuhvata industrijski razvoj, inovacije i izgradnju otporne infrastrukture. Metodološki okvir indeksa zasniva se na upotrebi 41 indikatora, koji mere regulatorni uticaj na ključne faze poslovnog ciklusa i koji su organizovani u deset tematskih oblasti. Sve tematske oblasti imaju jednaku težinu u formiranju ukupnog rezultata, dok su unutar svake oblasti pojedinačni indikatori ravnopravno ponderisani. Za većinu indikatora, rezultati se izražavaju na standardizovanoj skali od 0 do 100, pri čemu vrednost 0 predstavlja najnepovoljniji, a vrednost 100 najpovoljniji mogući učinak. Ove referentne granice se periodično redefinišu, u pravilu na svakih pet godina, kako bi se obezbedila relevantnost i uporedivost rezultata u vremenskoj dimenziji. Konačno rangiranje zemalja formira se na osnovu agregiranog učinka ostvarenog kroz sve posmatrane oblasti. Uprkos širokoj primeni, indeks ima i određena metodološka ograničenja. Naime, zasniva se na pretpostavci postojanja hipotetičkog preduzeća koje posluje u standardizovanim uslovima, što implicira da se stvarne firme mogu suočavati sa drugačijim regulatornim i tržišnim okolnostima. Pored toga, za pojedine administrativne procedure indeks polazi od pretpostavke da su kraći, brži i jeftiniji procesi uvek poželjniji, što u određenim slučajevima može dovesti do zanemarivanja dugoročnih ekoloških ili društvenih implikacija. Indeks je takođe predmet kritika zbog ograničenog uvažavanja šireg društvenog konteksta, uključujući pitanja zaštite ljudskih prava i socijalnih standarda.
4. Ekološki otisak (*Ecological Footprint – EF*) meri obim korišćenja ekoloških resursa i kapacitet prirodnih sistema da te resurse obezbede. Prema definiciji autora ovog indeksa, ekološki otisak se odnosi na količinu biološki produktivne kopnene i vodene površine koja je potrebna pojedincu, populaciji ili određenoj aktivnosti kako bi se proizveli svi resursi koji se troše i apsorbovao otpad koji se pritom generiše, uz primenu postojećih tehnologija i praksi upravljanja prirodnim resursima. U operativnom smislu, ekološki otisak prati kolika je površina biološki produktivnih ekosistema neophodna za zadovoljavanje potreba stanovništva, uključujući proizvodnju hrane, vlakana i drvnih proizvoda, apsorpciju ugljen-dioksida nastalog sagorevanjem fosilnih goriva, kao i obezbeđivanje prostora potrebnog za infrastrukturu. Metodologija indeksa obuhvata i efekte međunarodne trgovine, uzimajući u obzir tokove uvoza i izvoza, čime se omogućava realističnije sagledavanje potrošnje resursa na nacionalnom nivou. Sa aspekta Ciljeva održivog razvoja, ekološki otisak je prvenstveno povezan sa SDG 7, koji se odnosi na održivu energiju, i SDG 13, usmerenim na klimatsku akciju. Metodološki, indeks se zasniva na upoređivanju vrednosti nacionalnog ekološkog otiska i raspoloživog kapaciteta bioloških resursa, pri čemu se obe veličine izražavaju u globalnim hektarima, što omogućava njihovu međusobnu uporedivost. Kao jedno od ključnih ograničenja ovog indeksa navodi se činjenica da ekološki otisak predstavlja parcijalnu meru održivosti, budući da ne obuhvata sve aspekte kvaliteta životne sredine. Oslanjanje isključivo na dostupne statističke podatke Ujedinjenih nacija implicira da pojedine kategorije potrošačkih proizvoda nisu u

potpunosti obuhvaćene proračunom, što može uticati na sveobuhvatnost dobijenih rezultata.

5. Indeks regionalne konkurentnosti Evropske unije (*EU Regional Competitiveness Index – RCI*) koristi se za merenje ključnih determinanti konkurentnosti na regionalnom nivou unutar Evropske unije. Indeks obuhvata ukupno 74 indikatora, pomoću kojih se prate različite dimenzije regionalnog razvoja, uključujući kvalitet upravljanja, stanje infrastrukture, zdravstveni sistem, ljudski kapital, funkcionisanje tržišta rada i nivo inovativnosti. Metodološki, regionalna verzija indeksa zasniva se na konceptualnom okviru globalnog indeksa konkurentnosti, koji se primenjuje za praćenje konkurentnosti na nacionalnom nivou u 141 zemlji, uključujući sve države članice Evropske unije. Ovakav pristup omogućava doslednost u merenju konkurentnosti, uz prilagođavanje indikatora specifičnostima regionalnog nivoa analize. Sa stanovišta Ciljeva održivog razvoja, RCI je neposredno povezan sa SDG 8, koji se odnosi na dostojanstven rad i održiv ekonomski rast, SDG 9, usmeren na razvoj industrije, inovacija i infrastrukture, kao i sa SDG 11, koji obuhvata održive gradove i zajednice.
6. Indeks socijalnog napretka Evropske unije (*EU Social Progress Index – SPI*) koristi se za procenu nivoa društvenog napretka na regionalnom nivou unutar Evropske unije. Indeks se zasniva na skupu od 55 indikatora koji obuhvataju ključne aspekte kvaliteta života, uključujući zdravstveno stanje, obrazovni sistem, bezbednost, kvalitet životne sredine i ostvarivanje ličnih prava, pri čemu se analiza sprovodi na osnovu NUTS2 klasifikacije regiona. Sa stanovišta ciljeva održivog razvoja, SPI je neposredno povezan sa SDG 3, koji se odnosi na zdravlje i blagostanje, SDG 4, usmerenim na obezbeđivanje kvalitetnog obrazovanja, kao i sa SDG 10, koji se bavi smanjenjem nejednakosti. Konceptualno, društveni napredak se u okviru ovog indeksa sagledava kroz tri međusobno povezane dimenzije: osnovne ljudske potrebe, osnove blagostanja i jednake mogućnosti. Pri tome, komponente koje čine osnovne ljudske potrebe predstavljaju neophodan, ali ne i dovoljan preduslov društvenog razvoja, dok preostale dve dimenzije omogućavaju uvid u naprednije aspekte socijalnog napretka. Metodologija indeksa namerno isključuje upotrebu ekonomskih indikatora, kako bi se analitički fokus zadržao na neposrednim merama društvenog napretka i kvaliteta života, nezavisno od nivoa ekonomskog razvoja regiona. Na taj način, indeks omogućava identifikaciju razlika u društvenim ishodima koje nisu nužno u direktnoj korelaciji sa ekonomskim performansama. Kao i kod drugih regionalnih kompozitnih indeksa, postoje određena metodološka ograničenja. Povremene izmene granica NUTS regiona mogu otežati dosledno praćenje društvenog napretka tokom vremena, dok u pojedinim slučajevima NUTS regioni predstavljaju veštački konstruisane statističke jedinice koje ne moraju u potpunosti odgovarati administrativnim teritorijalnim podelama.
7. Indeks ljudskog razvoja (*Human Development Index – HDI*) koncipiran je kao mera razvoja zemalja koja prevazilazi usko shvatanje ekonomskog rasta i stavlja akcenat na unapređenje ukupnog blagostanja stanovništva. Polazeći od ideje da razvoj podrazumeva širenje mogućnosti ljudi, HDI obuhvata tri temeljne dimenzije: dug i zdrav život, nivo znanja i pristojan životni standard. Ukupna vrednost indeksa izračunava se kao geometrijska sredina ove tri dimenzije, čime se obezbeđuje uravnotežen pristup njihovom zajedničkom doprinosu ljudskom razvoju. U kontekstu Ciljeva održivog razvoja, HDI je posebno relevantan za SDG 1, koji se odnosi na iskorenjivanje siromaštva, SDG 3, usmeren na zdravlje i blagostanje, kao i SDG 4, koji obuhvata obezbeđivanje kvalitetnog obrazovanja. Na osnovu ostvarenih vrednosti HDI-ja, zemlje se klasifikuju u četiri grupe: zemlje sa vrlo visokim nivoom ljudskog razvoja ($HDI \geq 0,800$), visokim nivoom ljudskog razvoja (0,700–0,799), srednjim nivoom ljudskog razvoja (0,550–0,699) i niskim nivoom ljudskog razvoja ($HDI < 0,550$). Ovakva kategorizacija omogućava jasnu i preglednu

komparaciju zemalja, kao i identifikovanje oblasti u kojima su potrebne dodatne intervencije radi unapređenja životnog standarda, obrazovanja i zdravstvenog stanja stanovništva. Indeks ljudskog razvoja razvio je Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP) kao odgovor na ograničenja tradicionalnih pokazatelja ekonomskog razvoja koji se zasnivaju isključivo na bruto domaćem proizvodu. Integriranjem indikatora očekivanog životnog veka, obrazovnog nivoa stanovništva i ekonomskog standarda, HDI omogućava šire i sveobuhvatnije sagledavanje razvojnih dostignuća pojedinih zemalja. Ipak, kao i većina kompozitnih indikatora, HDI je u literaturi bio predmet različitih kritika, koje se odnose kako na metodološke aspekte njegove konstrukcije, tako i na određena konceptualna ograničenja u pogledu obuhvata i ponderisanja pojedinih dimenzija razvoja (Freudenberg, 2003).

8. Indeks medijskog pluralizma (*Media Pluralism Monitor – MPM*) predstavlja analitički i istraživački alat namenjen sistematskom sagledavanju stanja medijskih ekosistema, sa posebnim fokusom na identifikovanje rizika po medijski pluralizam i slobodu medija. Njegova svrha je da pruži sveobuhvatan uvid u strukturalne i institucionalne uslove u kojima mediji funkcionišu, kao i u potencijalne pretnje koje mogu ugroziti raznovrsnost i nezavisnost medijskog prostora. Indeks omogućava procenu različitih aspekata medijskog okruženja, od regulatornih i pravnih okvira do ekonomskih i društvenih faktora koji utiču na funkcionisanje medija. Sa stanovišta Ciljeva održivog razvoja, MPM je povezan sa SDG 9, koji se odnosi na razvoj industrije, inovacija i infrastrukture, SDG 10, usmerenim na smanjenje nejednakosti, kao i sa SDG 16, koji naglašava značaj mira, pravde i snažnih institucija. Određeni indikatori u okviru indeksa podrazumevaju kvalitativne procene ili se suočavaju sa ograničenom dostupnošću pouzdanih podataka, što otežava njihovo kvantitativno merenje. Ova metodološka ograničenja ublažavaju se primenom ekspertskih procena, pri čemu se odsustvo podataka ili njihova nedovoljna pouzdanost u relevantnim slučajevima tretiraju kao indikator povećanog rizika po medijski pluralizam. Na taj način, MPM omogućava identifikovanje ključnih slabosti u medijskom okruženju i pruža osnovu za definisanje politika i intervencija usmerenih ka očuvanju pluralizma, nezavisnosti i inkluzivnosti medija, što predstavlja važan preduslov za jačanje demokratskih i društvenih struktura.
9. Normandijski indeks (*Normandy Index – NI*) namenjen je proceni pretnji po mir i bezbednost, koje je Evropska unija identifikovala u okviru svoje Globalne strategije, sa ciljem njihove prevencije, ublažavanja ili kontrole. Indeks obuhvata 137 zemalja, pri čemu se EU-27 posmatra kao jedinstvena celina, i zasniva se na analizi međusobne povezanosti različitih bezbednosnih pretnji. Kroz merenje intenziteta i povezanosti identifikovanih pretnji, NI pruža analitičku osnovu za procenu verovatnoće i potencijalne ozbiljnosti sukoba u pojedinim zemljama, čime predstavlja koristan alat za donosiocima javnih politika. Sa aspekta Ciljeva održivog razvoja, indeks je povezan sa SDG 10, koji se odnosi na smanjenje nejednakosti, i SDG 16, usmerenim na mir, pravdu i snažne institucije. Normandijski indeks obuhvata pretnje definisane u okviru EUGS-a, uključujući, između ostalog, terorizam, ekonomske krize, klimatske promene, energetska nesigurnost, nasilne sukobe, sajber bezbednost, dezinformacije, prekogranični kriminal i širenje oružja za masovno uništenje, kao i procenu kvaliteta demokratskog procesa.
10. Indeks ciljeva održivog razvoja (*Sustainable Development Goals Index – SDG Index*) prati napredak država članica Ujedinjenih nacija u ostvarivanju 17 Ciljeva održivog razvoja do 2030. godine. Indeks se zasniva na skupu od 126 indikatora, od kojih 102 predstavljaju globalne indikatore, dok je dodatnih 24 indikatora uključeno radi detaljnijeg praćenja performansi zemalja OECD-a putem kontrolnih panela (Sachs et al., 2025). Izbor indikatora vrši tim nezavisnih stručnjaka, pri čemu se vodi računa o njihovoj relevantnosti, pouzdanosti, pravovremenosti i kvalitetu dostupnih podataka. Metodološki, svakom cilju

održivog razvoja dodeljena je jednaka težina, dok se ukupna vrednost indeksa za pojedinačnu zemlju izračunava kao aritmetička sredina rezultata ostvarenih u svih 17 ciljeva. Najviši mogući rezultat iznosi 100 poena, što omogućava jasnu i standardizovanu komparaciju napretka između zemalja. Jedno od osnovnih ograničenja SDG indeksa odnosi se na dostupnost podataka, zbog čega zemlje za koje je raspoloživo manje od 80% indikatora nisu uključene u rangiranje, dok se za pojedinačne nedostajuće podatke koristi regionalni prosek. Radi olakšavanja interpretacije rezultata, SDG indeks omogućava vizuelno praćenje napretka kroz SDG kontrolne table, koje pomažu donosiocima odluka da identifikuju oblasti u kojima zemlje zaostaju, kao i da definišu prioritetne pravce delovanja za unapređenje nacionalnih performansi i ukupnog globalnog napretka ka ostvarivanju SDG ciljeva. Pored globalnog izveštaja, tim zadužen za izradu SDG indeksa redovno objavljuje i regionalne i tematske izveštaje, poput onih koji se odnose na Evropu, urbane sredine ili specifične izazove, kao što je rasna nejednakost u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja u Sjedinjenim Američkim Državama. Ograničen broj indikatora u okviru indeksa koristi se sa ciljem smanjenja statističkih pristrasnosti koje mogu nastati usled nedostatka konzistentnih vremenskih serija u međunarodnim poređenjima. Izbor indikatora zasniva se na tri osnovna kriterijuma: njihovoj tematskoj relevantnosti, pri čemu se najvećim delom radi o zvaničnim SDG indikatorima ili njihovim bliskim aproksimacijama koje proizvode nadležne agencije Ujedinjenih nacija; statističkim svojstvima, odnosno sposobnosti pojedinačnih indikatora i zbirnog SDG indeksa da u velikoj meri reprodukuju rezultate po pojedinačnim ciljevima i ukupni skor indeksa; kao i dostupnosti podataka, kako u pogledu obuhvata zemalja, tako i u vremenskoj dimenziji. Rezultati SDG indeksa ukazuju na izražene razlike u nivou ostvarenja ciljeva održivog razvoja među državama. Evropske zemlje u celini ostvaruju visoke vrednosti indeksa, pri čemu se posebno izdvajaju nordijske države. Na vrhu rang liste za 2025. godinu nalaze se Finska, Švedska i Danska, koje kontinuirano beleže najviše nivoe napretka u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Nasuprot tome, najniže pozicije zauzimaju zemlje pogođene dugotrajnim konfliktima i strukturnim razvojnim izazovima, poput Jemena, Somalije, Čada, Centralnoafričke Republike i Južnog Sudana. Srbija se u ovom okviru pozicionira na 33. mestu od ukupno 167 rangiranih zemalja, sa ostvarenim indeksom od 78,2 poena, što ukazuje na relativno povoljan nivo ostvarenja ciljeva održivog razvoja u poređenju sa globalnim prosekom (Sachs et al., 2025). Pored osnovnog SDG indeksa, razvijen je i tzv. „glavni” SDG indeks (SDGi), koji se zasniva na skupu od 17 ključnih indikatora povezanih sa Ciljevima održivog razvoja. Njegova svrha je da omogući procenu napretka zemalja i regiona u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, uz istovremeno smanjenje statističkih pristrasnosti koje mogu nastati usled ograničene dostupnosti i neujednačenosti vremenskih serija podataka.

Prikazani kompozitni indeksi ne služe samo kao deskriptivni pokazatelji, već kao operativni elementi konceptijskog okvira benčmarkinga ciljeva održivog razvoja, koji omogućavaju identifikaciju referentnih tačaka, relativnih odstupanja i potencijala za unapređenje nacionalnih politika u skladu sa principima Agende 2030. Pored navedenih indeksa, koristi se i Indeks „*Ne ostaviti nikoga po strani*” (*Leave No One Behind* – LNOB) usmeren je na merenje nejednakosti unutar zemalja i zasniva se na skupu od 34 indikatora koji se takođe koriste u okviru SDG indeksa. Ovi indikatori grupisani su u četiri osnovne dimenzije: siromaštvo i materijalna deprivacija; nejednakost u prihodima i poštovanje radnih prava; rodna nejednakost; kao i pristup i kvalitet ključnih javnih usluga, poput obrazovanja i zdravstvene zaštite. Vrednosti indeksa izražavaju se na skali od 0 do 100, pri čemu viši rezultati ukazuju na niži stepen nejednakosti i povoljnije performanse u pogledu inkluzivnog razvoja. Prema podacima za 2025. godinu, najvišu vrednost LNOB indeksa ostvaruje Norveška (86,4), dok je najniža vrednost zabeležena u Turskoj (45,8) (Lafortune & Fuller, 2025). Analiza dinamike ostvarenja Ciljeva održivog razvoja u periodu od 2015. do 2023. godine ukazuje na postojanje izvesne konvergencije među zemljama, iako je njen intenzitet relativno spor. Zemlje

koje su u početnoj godini imale niže vrednosti SDG indeksa u proseku su beležile brži napredak u odnosu na zemlje sa višim početnim nivoima ostvarenja ciljeva. Međutim, procene zasnovane na jednostavnoj linearnoj ekstrapolaciji sugerisu da će pojedinim evropskim regionima biti potrebno znatno vreme da dostignu prosečan nivo performansi Severne Evrope u oblasti održivog razvoja. Tako se procenjuje da će regionima Južne, Centralne i Istočne Evrope, Baltičkim državama i zemljama kandidatima za članstvo u Evropskoj uniji biti potrebno približno 19, 23, 27, odnosno čak 66 godina da dostignu referentni nivo severnoevropskih zemalja.

Napredak u ostvarivanju Ciljeva održivog razvoja može se sagledati i kroz Indeks preliivanja (*Spillover Index*), koji je sastavni deo Izveštaja o održivom razvoju. Ovaj indeks pokazuje u kojoj meri aktivnosti jedne zemlje u oblastima životne sredine, društva, ekonomije i bezbednosti utiču na sposobnost drugih zemalja da ostvaruju ciljeve održivog razvoja. Posebno se naglašava da zemlje sa visokim nivoom dohotka često ostvaruju slabije rezultate kada je reč o ovom indeksu, dok viša vrednost ukazuje na pozitivnije spoljne efekte i manji intenzitet negativnih posledica po druge države. Više vrednosti indeksa ukazuje na to da zemlja generiše više pozitivnih i manje negativnih preliivanja, čime aktivno doprinosi globalnom napretku ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. U globalnom kontekstu, zemlje Evropske unije, kao i članice OECD-a, beleže relativno izražene negativne spoljne efekte u poređenju sa drugim regionima sveta. Ovi efekti su u velikoj meri povezani sa neodrživim globalnim lancima snabdevanja, koji doprinose deforestaciji, degradaciji životne sredine i drugim negativnim ekološkim i društvenim posledicama, a koje proizlaze iz zadovoljavanja potrošačkih potreba razvijenih ekonomija. Indeks obuhvata kako negativne, tako i pozitivne uticaje, koji se ispoljavaju kroz više kanala: ekološke i društvene posledice povezane sa međunarodnom trgovinom, ekonomske i finansijske tokove, aktivnosti u oblasti mira i bezbednosti, kao i direktne prekogranične tokove vazduha i vode. Ekološki i društveni efekti ugrađeni u trgovinske tokove odnose se na zagađenje, eksploataciju prirodnih resursa i društvene posledice potrošnje, a naročito su povezani sa SDG ciljevima 8, 12–15 i 17. Ekonomski i finansijski tokovi, uključujući poreske politike, međunarodnu razvojnu pomoć i finansijske prakse, imaju značajan uticaj na ostvarivanje SDG ciljeva 16 i 17. Aktivnosti u oblasti mira i bezbednosti, poput prevencije konflikata i učešća u mirovnim misijama, takođe doprinose ovim ciljevima, ali i indirektno utiču na šire socioekonomske dimenzije, kao što su smanjenje siromaštva, gladi i unapređenje zdravstvenih ishoda. Ovaj indeks pruža analitički okvir za sagledavanje načina na koji evropske zemlje mogu smanjiti negativne spoljne efekte sopstvenih politika i istovremeno ojačati pozitivne doprinose globalnom ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, povezujući nacionalne razvojne strategije sa međunarodnim naporima u okviru Agende 2030 (Lafortune & Fuller, 2025). U tom kontekstu, vrednost indeksa preliivanja za Srbiju iznosi 86,12, što ukazuje na relativno povoljan nivo neto preliivanja u odnosu na druge zemlje. Evidentno je da ovako definisan indeks predstavlja značajan alat za benčmarking, jer omogućava poređenje zemalja ne samo na osnovu njihovog unutrašnjeg napretka, već i prema njihovom doprinosu ili potencijalnoj šteti koju njihove politike nanose drugim državama u procesu ostvarivanja SDG ciljeva.

Indeks održivog blagostanja (*Sustainable Wellbeing Index – SWI*) predstavlja kompozitni pokazatelj razvijen sa ciljem merenja održivog blagostanja, koje prevazilazi isključivo ekonomske dimenzije razvoja. U okviru ovog indeksa, održivo blagostanje se konceptualizuje kao nelinearna kombinacija neto ekonomskog doprinosa, doprinosa prirodnog kapitala i ekosistemskih usluga, kao i doprinosa socijalnog kapitala i kvaliteta zajednice. Ovakav pristup omogućava integrisano sagledavanje međuzavisnosti ekonomskih, ekoloških i društvenih komponenti blagostanja. Indeks su razvili Costanza et al. (2016) kao odgovor na ograničenja tradicionalnih pokazatelja razvoja koji se oslanjaju pretežno na ekonomske agregate.

Godišnji Evropski izveštaji o održivom razvoju daju informacije o napretku u ostvarenju ciljeva održivog razvoja. Od 2019. godine prikazuje se SDG indeks i kontrolni paneli za Evropu i pruža se godišnji pregled napretka EU u ostvarenju ciljeva. Pri tome se oslanja na metodologiju globalnog SDG indeksa, koja je 2019. godine statistički proverena od strane Zajedničkog

istraživačkog centra Evropske komisije (*Joint Research Centre – JRC*) (Lafortune & Fuller, 2025). Izveštaj i baza podataka SDG indeksa ističu oblasti u kojima je postignut napredak, ali i identifikuju potencijale za dalja poboljšanja, koristeći podatke za upoređivanje napretka različitih evropskih podregija. Podaci i zaključci zasnivaju se na nekoliko krugova konsultacija sprovedenih od 2019. godine sa naučnicima, stručnjacima i praktičarima iz cele Evrope.

Analiza godišnjih izveštaja ukazuje na to da napredak u ostvarivanju Ciljeva održivog razvoja nije ravnomerno raspoređen među evropskim zemljama. Brojne dimenzije održivog razvoja beleže ograničen ili zanemarljiv napredak još od 2015. godine, pri čemu je stagnacija naročito izražena nakon 2020. godine. Dodatno, ostvarivanje SDG ciljeva u Evropi karakteriše visok stepen neizvesnosti u pogledu budućih trendova, uslovljen složenim demografskim, ekonomskim, tehnološkim i geopolitičkim izazovima.

Evropska mreža za posmatranje teritorijalnog razvoja i kohezije (*ESPON – The European Observation Network for Territorial Development and Cohesion*) je program koji finansira Evropska unija i koji povezuje istraživanja sa javnim politikama, kako bi, između ostalog pomogao javnim vlastima da izvrše benčmarking svog regiona ili grada, identifikuju nove izazove i potencijale i oblikuju uspešne razvojne politike za budućnost. Tako je kao rezultat ESPON 2020 projekta nastao alat za benčmarking ciljeva održivog razvoja koji ima za cilj da pruži podršku vladama na svim nivoima u lokalizaciji i ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Reč je o jednostavnoj, intuitivnoj i korisnički prilagođenoj veb aplikaciji koja pomaže kreatorima politika da veliki obim indikatora pretvore u korisne informacije i daju odgovor na pitanja da li određeni regioni ostvaruju napredak ili zaostaju za drugim sličnim regionima i iz kojih regiona u Evropi mogu crpeti inspiraciju za napredak. Veb alat korisnicima pruža mogućnost izbora različitih indikatora koji obuhvataju svih 17 ciljeva održivog razvoja, pri čemu su za analizu dostupni podaci na nivou NUTS 2, što omogućava uporednu analizu i benčmarking regiona. Alat omogućava uvid u odstupanja od definisanih ciljanih vrednosti po pojedinačnim indikatorima, kao i praćenje dinamike njihovog kretanja tokom više vremenskih perioda. Analiza se može sprovoditi za sve regione, ali i uz poseban fokus na teritorije koje su po određenim obeležjima uporedive sa posmatranim regionom. Pored toga, alat sadrži biblioteku primera dobre prakse, u okviru koje su predstavljene relevantne regionalne inicijative i prateće studije, koje mogu poslužiti kao izvor inspiracije za unapređenje politika održivog razvoja.

Primena indikatora Ciljeva održivog razvoja omogućava uspostavljanje sistematskog benčmarkinga napretka u njihovom ostvarivanju, naročito u kontekstu procene efekata pandemije COVID-19. Korišćenjem podataka o Ciljevima održivog razvoja, uz primenu lokalizovanih indikatorskih okvira, omogućava se upoređivanje performansi različitih teritorijalnih jedinica i identifikovanje oblasti sa izraženim razvojnim zaostacima. Ovakav analitički pristup doprinosi kreiranju ciljanih politika u fazi oporavka, posebno u oblastima koje se odnose na ljudski razvoj i socijalnu uključenost. Istovremeno, on pruža pouzdanu osnovu za praćenje udaljenosti od definisanih ciljeva, kao i za poređenje ostvarenih rezultata sa referentnim vrednostima i primerima najbolje prakse. Efikasan benčmarking Ciljeva održivog razvoja zahteva i visok stepen koherentnosti javnih politika između nacionalnog, regionalnog i lokalnog nivoa upravljanja. U tom kontekstu, harmonizovani indikatori i standardizovani mehanizmi izveštavanja obezbeđuju uporedivost rezultata, smanjuju rizik od fragmentisanih politika i omogućavaju da benčmarking preraste iz pretežno deskriptivnog alata u efikasan instrument za unapređenje javnih politika i donošenje odluka zasnovanih na dokazima (OECD, 2024a).

Globalni indikatori klasifikovani su u tri nivoa na osnovu metodološkog razvoja i dostupnosti podataka (OECD, 2019b):

- Indikatori nivoa I su konceptualno jasno definisani, zasnovani na uspostavljenoj metodologiji i standardima, i redovno ih proizvodi najmanje 50% zemalja koje čine najmanje 50% populacije svake regije;

- Indikatori nivoa II su konceptualno jasno definisani, zasnovani na uspostavljenoj metodologiji i standardima, ali ih zemlje ne proizvode redovno;
- Indikatori nivoa III su oni za koje još uvek ne postoji uspostavljena metodologija ili standardi.

Iako je 17 Ciljeva održivog razvoja razrađeno kroz ukupno 169 podciljeva, značajan deo njih ostaje nedovoljno precizno definisan i pretežno kvalitativnog karaktera, što ostavlja širok prostor za različita tumačenja i često otežava doslednu implementaciju. Iz tog razloga, od ključne je važnosti dodatno operacionalizovati ciljeve kroz jasno definisane i merljive indikatore, uz istovremeno jačanje formalnih i institucionalnih obaveza nacionalnih vlada u njihovom sprovođenju. Efikasnost upravljanja zasnovanog na ciljevima u velikoj meri zavisi od postojanja jasnih kriterijuma uspeha, kvantifikovanih ciljeva i preuzetih obaveza, budući da njihovo neispunjavanje može imati negativne implikacije po kredibilitet javnih politika. U tom kontekstu, kontinuirani naponi usmereni su ka unapređenju indikatorskih okvira koji treba da podrže ambiciozne ciljeve definisane Agendom 2030. Značajni institucionalni pomaci ostvareni su uspostavljanjem Međuresorne ekspertske grupe Ujedinjenih nacija za indikatore Ciljeva održivog razvoja, čiji je zadatak razvoj, unapređenje i primena globalnog indikatorskog okvira. Očekuje se da proces praćenja napretka u budućnosti prevaziđe tradicionalne okvire nacionalnog izveštavanja i uključi dodatne, složenije mehanizme evaluacije (Biermann et al., 2017).

Globalni izazovi održivog razvoja i bezbednosti zahtevaju snažnu međunarodnu saradnju i upotrebu uporedivih pokazatelja koji omogućavaju praćenje i poređenje napretka zemalja. U tom kontekstu, kompozitni indeksi poput SDG indeksa predstavljaju važne alate za međunarodni benčmarking, jer omogućavaju procenu relativnih performansi država u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja i učešću u globalnom upravljanju. Benčmarking zasnovan na kompozitnim indeksima ne služi samo za rangiranje zemalja, već i za identifikaciju strukturnih slabosti, postavljanje realističnih ciljeva i usmeravanje javnih politika ka efikasnijem ostvarivanju ciljeva održivog razvoja (Sachs et al., 2024).

Ciljevi održivog razvoja zahtevaju jasno definisan sveobuhvatan cilj, sa preciznim merilima napretka koja integrišu pojedinačne podciljeve. Bitno je naglasiti da održivost nije direktno merljiva i njena procena može se izvršiti tek retrospektivno, pa svaka mera održivosti u suštini predstavlja procenu o tome koje karakteristike posmatranog sistema imaju potencijal da budu održive na duži rok. U tom kontekstu, ciljevi održivog razvoja imaju značajnu ulogu u oblikovanju globalnog konsenzusa o viziji poželjnog razvoja, pružajući zajednički referentni okvir za usmeravanje politika i društvenih aktivnosti. Održiva dimenzija razvoja, shvaćena kao dugoročna stabilnost i otpornost sistema, predstavlja ključni normativni cilj, iako se njeno ostvarenje ne može neposredno kvantifikovati, već se može sagledavati kroz indikatore koji omogućavaju anticipaciju budućih razvojnih ishoda (Costanza et al., 2016).

U savremenoj stručnoj literaturi o ciljevima održivog razvoja, procene zasnovane na indikatorima koje obuhvataju analizu početnih vrednosti, praćenje trendova i benčmarking ostvarenja u odnosu na relevantne numeričke standarde i ciljeve sve više se prepoznaju kao ključni instrumenti za implementaciju ciljeva zasnovanu na empirijskim dokazima. Ove indikatorske procene predstavljaju temeljnu fazu u ciklusu kreiranja politika, omogućavajući precizno određivanje prioriteta, postavljanje realističnih ciljeva i prilagođavanje globalnih SDG okvira specifičnim nacionalnim i lokalnim kontekstima (Allen et al., 2018).

2.4 Višekriterijumsko odlučivanje kao metodološki okvir za analizu ciljeva održivog razvoja

Uprkos sve većem globalnom konsenzusu o značaju održivog razvoja, njegovo unapređenje je dugo bilo ograničeno nedostatkom metodoloških okvira koji omogućavaju sveobuhvatan, višedimenzionalan i dinamičan pristup, kao i alata za kvantifikaciju međusobnih odnosa, sinergija i kompromisa između ekonomskih, društvenih i ekoloških dimenzija razvoja. Iako stručna zajednica naglašava potrebu za pristupima zasnovanim na naučnim dokazima u implementaciji ciljeva održivog razvoja, donosioci odluka se suočavaju sa izazovom njihove koherentne i integrisane primene, uz rizik zadržavanja parcijalnih i linearnih pristupa. Zbog toga se sve više ističe potreba za primenom savremenih naučnih metoda, uključujući sistemsko razmišljanje i kvantitativno modeliranje, kao i za razvojem jasnih metrika, analizom međusobnih veza između ciljeva i korišćenjem integrisanih analitičkih alata u oblikovanju i evaluaciji javnih politika (Allen et al., 2018). Put ka kvantifikaciji i praćenju ciljeva održivog razvoja izuzetno je složen i zahtevan. On podrazumeva dubinsko razumevanje koncepta, institucionalnu posvećenost i sposobnost operacionalizacije i implementacije višedimenzionalnih ciljeva, kao i pristup različitim izvorima podataka i stručnost neophodnu za njihovu analizu i interpretaciju. Samim tim što održivi razvoj čine tri komponente koje su već objašnjene, socijalna, ekonomska i ekološka, on predstavlja višedimenzionalan koncept i zahteva adekvatnu metodologiju za praćenje. Imajući u vidu da su ciljevi ovih komponenti često međusobno suprotstavljeni, odnosno da predstavljaju konfliktne kriterijume, metode višekriterijumskog odlučivanja nameću se kao odgovarajući metodološki okvir za njihovo merenje. Sa porastom složenosti organizacija, postaje sve teže raspodeliti raspoložive resurse među različitim aktivnostima na način koji je najefikasniji za organizaciju u celini. Upravo ovakvi problemi, kao i potreba za pronalaženjem efikasnijih načina njihovog rešavanja, stvorili su okruženje za nastanak višekriterijumskog odlučivanja. Višekriterijumsko odlučivanje je deo operacionih istraživanja, koja predstavljaju interdisciplinarnu oblast usmerenu na primenu matematičkih, statističkih i računarskih metoda u cilju donošenja optimalnih odluka u složenim i višedimenzionalnim sistemima (Hillier & Lieberman, 2021).

Problemi kojima se ovakve discipline bave su vrlo složeni i često posledica velikog broja mogućih alternativa i odluka, prisutne neizvesnosti karakteristične za realne uslove, ograničenog kvaliteta dostupnih podataka koji su često neprecizni ili nepotpuni, kao i činjenice da proces odlučivanja neretko uključuje više aktera sa različitim interesima i ciljevima (Zopounidis & Pardalos, 2010). Posebno obeležje savremenog odlučivanja jeste njegov višedimenzionalni karakter, koji zahteva istovremeno razmatranje ekonomskih, socijalnih i ekoloških kriterijuma. Ovi kriterijumi su često međusobno konfliktni, što nameće potrebu za analizom kompromisa i uvažavanjem preferencija donosilaca odluka u procesu modeliranja. U takvim uslovima, ne postoji jedinstveno objektivno rešenje, već skup prihvatljivih alternativa koje odražavaju složenost donošenja odluka u realnom kontekstu (Zopounidis & Pardalos, 2010).

Savremeni procesi odlučivanja odvijaju se u izuzetno složenom okruženju, koje karakterišu brojni međusobno povezani faktori i izražena neizvesnost. Razvoj ekonomske teorije, promene u poslovnom okruženju i sve veći naglasak na održivosti odluka doprineli su brzom razvoju novih tehnika operacionih istraživanja, od kojih su mnoge našle primenu u rešavanju ekonomskih problema. Međutim, u praksi se modeliranje ekonomskih problema zasniva na drugačijoj logici u odnosu na klasične optimizacione pristupe, pri čemu se u obzir uzimaju elementi karakteristični za višekriterijumsku paradigmu odlučivanja (Roy, 1990). Ova paradigma polazi od činjenice da u procesu odlučivanja istovremeno postoji više kriterijuma, koji su često međusobno suprotstavljeni, a postupak evaluacije alternativa je složen, subjektivan i često slabo strukturisan, dok donosioci odluka imaju aktivnu i ključnu ulogu u oblikovanju konačnih procena. U takvim uslovima, ekonomski, socijalni i ekološki aspekti odluka moraju se posmatrati paralelno, uz uvažavanje kompromisa i preferencija donosilaca odluka. Ovakav višedimenzionalni karakter problema čini neadekvatnim

klasične optimizacione pristupe zasnovane na jednom cilju, te nameće potrebu za primenom višekriterijumskih metoda odlučivanja.

Višekriterijumsko odlučivanje (*Multiple Criteria Decision Aiding/Making* – MCDA/MCDM) smatra se savremenim konceptom ali njegovi teorijski koreni sežu u kraj 18. veka, kroz radove Borde i Kondorsea o izbornim sistemima. Kasniji doprinosi, poput Pareto koncepta dominacije, koji su dalje razvijani postavili su temelj savremene višekriterijumske teorije. Sredinom 20. veka, razvoj teorije korisnosti i normativnog odlučivanja omogućio je nastanak višekriterijumskih modela zasnovanih na preferencijama donosilaca odluka, dok je uvođenje ciljnog programiranja proširilo klasične optimizacione pristupe. Krajem šezdesetih godina, višekriterijumska analiza postaje predmet intenzivnog interesovanja i u evropskim okvirima operacionih istraživanja. Dodatnoj afirmaciji višekriterijumske analize kao značajne oblasti operacionih istraživanja i nauke o menadžmentu, doprinela je rastuća složenost ekonomskog, tehnološkog i poslovnog okruženja (Lai et al., 2011). Osnovna motivacija za razvoj višekriterijumskog odlučivanja bila je da se ponude adekvatni odgovori na konkretne probleme iz prakse, za koje tadašnje klasične metode operacionih istraživanja nisu pružale zadovoljavajuća rešenja (Greco et al., 2016). Višekriterijumsko odlučivanje se može posmatrati kao nelinearan i iterativan proces koji se sastoji od četiri međusobno povezana koraka. Najpre se vrši strukturiranje problema odlučivanja, zatim sledi identifikacija i modeliranje preferencija donosioca odluke. U narednoj fazi dolazi do agregacije evaluacija alternativa, odnosno integrisanja preferencija po više kriterijuma, dok se u završnom koraku formulišu preporuke koje služe kao podrška donošenju odluka (Guitouni & Martel, 1998). Glavna karakteristika ovakve vrste problema je da se pri definisanju istih, polazi od pretpostavke da postoji veći broj, najčešće suprotstavljenih kriterijuma, kao i da ne postoji jedinstveno rešenje već ono zavisi od preferencija donosioca odluka. Višekriterijumsko odlučivanje predstavlja naprednu oblast operacionih istraživanja i donosiocima odluka i analitičarima nudi širok spektar metodologija prilagođenih složenosti ekonomskih problema (Figueira et al., 2010; Hwang & Yoon, 1981; Zopounidis & Pardalos, 2010). U višekriterijumskom pristupu donosilac odluke nastoji da formuliše više kriterijuma polazeći od različitih aspekata posmatranja problema. Bouyssou (1990) kriterijum definiše kao instrument koji omogućava poređenje alternativa sa stanovišta određenog aspekta. Prilikom konstruisanja kriterijuma, analitičar mora voditi računa o tome da svi učesnici u procesu odlučivanja mogu prihvatiti poređenja koja proizilaze iz usvojenog modela. Kriterijumi, koji su relativno precizni ali najčešće međusobno konfliktni, predstavljaju mere, pravila i standarde koji vode odlučivanje, pri čemu istovremeno uključuju i model preferencija između elemenata skupa realnih ili hipotetičkih alternativa.

Proces višekriterijumskog odlučivanja sastoji se od niza međusobno povezanih koraka. Najpre se definiše osnovni cilj problema, a zatim se identifikuje skup ciljeva, odnosno kriterijuma na osnovu kojih će se alternative vrednovati. U sledećoj fazi generišu se izvodljive alternative koje mogu doprineti ostvarenju postavljenih ciljeva. Nakon toga se procenjuje značaj pojedinačnih kriterijuma u procesu odlučivanja, pri čemu donosilac odluke izražava svoje preferencije kroz određivanje relativne važnosti kriterijuma, najčešće uvođenjem težina. Iako težine nemaju neposredno ekonomsko značenje, one omogućavaju adekvatno modelovanje strukture preferencija donosioca odluke. Dalji postupak podrazumeva evaluaciju performansi alternativa po svakom kriterijumu, njihovo rangiranje u skladu sa stepenom zadovoljenja kriterijuma, kao i agregaciju evaluacija u jedinstvenu procenu. Na osnovu toga bira se najpoželjnija alternativa. Ukoliko dobijeno rešenje nije prihvaćeno, moguće je prikupiti dodatne informacije i ponoviti postupak, dok se u završnoj fazi formulišu preporuke koje služe kao podrška donošenju konačne odluke (Roy, 1990).

Postoje različite klasifikacije metoda višekriterijumskog odlučivanja. Hwang & Yoon (1981) klasifikovali su ih u zavisnosti od vrste i dostupnosti informacija. Kako navodi Vincke (1992), pedesetih godina prošlog veka razvijen je veliki broj metoda višekriterijumskog odlučivanja, koji se međusobno razlikuju u pogledu količine i kvaliteta dodatnih informacija koje zahtevaju, primenjenih metodoloških pristupa, stepena jednostavnosti za korisnike, raspoloživih alata za analizu osetljivosti, kao i matematičkih svojstava na kojima su zasnovane. Celokupnu oblast višekriterijumskog

odlučivanja, Vincke razlaže na tri komponente: višeatributivnu teoriju korisnosti, metode višeg ranga (*outranking*) i interaktivne metode. Ali, generalno, metodi višekriterijumskog odlučivanja se mogu podeliti u dve glavne kategorije: višeciljne metode odlučivanja (*Multiple Objective Decision Making* – MODM) i višeatributivne metode odlučivanja (*Multiple Attribute Decision Making* – MADM) (Figueira et al., 2005).

Tokom sedamdesetih godina prošlog veka, istraživanja su bila prvenstveno usmerena na teoriju višeciljnog matematičkog programiranja, kao i na razvoj procedura i algoritama za rešavanje takvih problema. Mnoge ideje proistekle su iz oblasti matematičkog programiranja (Wiecek et al., 2016). Višeciljno programiranje obuhvata grupu metoda u okviru kojih se donosilac odluke suočava sa konačnim ili kontinuiranim skupom mogućih alternativa, među kojima je potrebno identifikovati ono rešenje koje se smatra optimalnim u odnosu na više ciljeva. Jedna od ključnih karakteristika jeste da jedinstveno rešenje ne postoji i da sve metode karakteriše skup nedominiranih (Pareto-optimalnih) rešenja odnosno, za svaku vrednost parametara, sva dobijena rešenja moraju biti nedominirana, a za svaki nedominirani vektor kriterijuma mora postojati bar jedna vrednost parametara koja generiše upravo taj vektor kriterijuma kao rešenje (Zopounidis & Pardalos, 2010). Neke od ovih metoda su ciljno programiranje, leksikografski metod, metod težinskih koeficijenata i o njima se više može pročitati u Backović & Popović (2012).

Kod višeatributivnog odlučivanja donosilac odluke bira između konačnog broja raspoloživih alternativa, koje su opisane skupom često međusobno konfliktnih kriterijuma. MADM se najčešće primenjuje u problemima izbora, gde postoji ograničen i unapred definisan skup alternativa, pa je prostor odlučivanja diskretan. U ovom pristupu, konačan broj mogućih alternativa ocenjuje se u odnosu na više atributa kojima su dodeljeni odgovarajući ponderi, u skladu sa njihovim značajem. Rezultat primene ovih metoda je rangiranje alternativa, koje pokazuje u kojoj meri svaka alternativa zadovoljava postavljeni cilj u odnosu na posmatrane attribute. Metode koje spadaju u ovu grupu su: ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, TOPSIS AHP, MAUT, MACHBET.

U okviru višeatributivnog odlučivanja mogu se identifikovati dva dominantna teorijska pristupa koja polaze od različitih koncepata modeliranja preferencija: evropska (Francuska) i američka škola mišljenja. Francuska škola je prvenstveno usmerena na međusobno poređenje alternativa i kreiranje odnosa između njih, kako bi se agregirala relacija rangiranja (*outranking relation*). Glavni predstavnik ove škole su familije ELECTRE metoda. Nasuprot tome, američka škola se zasniva na primeni višeatributivne funkcije vrednosti i višeatributivne teorije korisnosti (*Multi-Attribute Utility Theory* - MAUT), pri čemu se preferencije donosioca odluke formalizuju kroz numeričke funkcije korisnosti (Keeney & Raiffa, 1976). Metode koje su predstavnici ove škole su: MAUT, MAVT, MACHBET, AHP, UTA metod. Fokus doktorskog istraživanja je na višeatributivnim metodama, pa će neke od glavnih metoda biti u nastavku detaljnije objašnjene:

Analitički hijerarhijski proces (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) metodologija koju je razvio Thomas Saaty 1980. godine i sastoji se od tri glavne operacije: konstrukcije hijerarhije, analize prioriteta i verifikacije konzistentnosti. AHP predstavlja okvir za rešavanje problema kao i sistemsku proceduru za prikazivanje elemenata nekog problema. Ovaj metod omogućava donosiocu odluke da strukturira složene probleme u obliku hijerarhije ili u obliku skupa integrisanih nivoa. Tipična hijerarhijska struktura ima sledeće nivoe: cilj, kriterijume, podkriterijume i alternative, gde su alternative ocenjene u odnosu na svaki kriterijum i podkriterijum. Analitički hijerarhijski proces daje kvalitativne mere jačine preference jednog mišljenja u odnosu na drugo, umesto da traži od pojedinaca da daju procene određenih vrednosti ishoda za svako mišljenje. Čitav pristup je baziran na konceptu poređenja po parovima, kako bi se definisala važnost datog broja faktora, za neku specifičnu situaciju, pri čemu se koristi relativna skala za poređenje para elemenata modela. AHP se zasniva na četiri aksioma: (1) recipročnosti sudova, (2) homogenosti elemenata, (3) hijerarhijskoj strukturi ili strukturi sa povratnom spregom zavisnosti i (4) očekivanjima u pogledu rangiranja. Sinteza u okviru AHP metode objedinjuje višedimenzionalne skale merenja u jedinstvenu skalu prioriteta. Odluke se donose na osnovu jednog numeričkog pokazatelja koji označava najbolje rešenje

ili na osnovu vektora prioriteta koji daje proporcionalno rangiranje različitih mogućih ishoda, na osnovu kojeg se resursi mogu optimalno alocirati, uz uvažavanje kako opipljivih tako i neopipljivih ograničenja (Saaty, 2005). Prioriteti kriterijuma ili atributa određuju se polazeći od potreba koje treba zadovoljiti ili od karakteristika raspoloživih alternativa. Kada je u odlučivanju uključeno više kriterijuma, njihovo rangiranje postaje neophodno kako bi se mogla identifikovati alternativa koja najadekvatnije ispunjava sve zahteve. Poređenje predstavlja numerički izraz odnosa između dva elementa koji se ocenjuju u odnosu na isti nadređeni kriterijum. Sva pojedinačna poređenja mogu se objediniti u kvadratnu matricu u kojoj se elementi međusobno upoređuju. Svaki unos u matrici pokazuje koliko je jedan elemenat važniji od drugog, pri čemu se procena zasniva na skali od 1 do 9. Ako je jedan elemenat manje značajan, u matricu se unosi recipročna vrednost, tako da se manje važan elemenat uzima kao referentna jedinica, dok se značajniji izražava kao višestruko veća vrednost u odnosu na nju. Na osnovu ovih poređenja izračunavaju se relativni prioriteti elemenata, koji predstavljaju konačni rezultat analize. Recipročno svojstvo omogućava da se sudovi više osoba kombinuju u grupnu procenu na konzistentan način, pri čemu se koristi geometrijska sredina. Ako učesnici kombinuju samo konačne rezultate hijerarhije, primenjuje se geometrijska sredina tih rezultata. Kada pojedinci imaju različitu važnost, njihovi rezultati se prethodno ponderišu prema stepenu važnosti pre izračunavanja geometrijske sredine.

Analitički mrežni proces (*Analytic Network Process – ANP*) je opšta teorija relativnog merenja koja omogućava formiranje kompozitnih skala prioriteta tako što kombinuje pojedinačne skale odnosa koje pokazuju relativni uticaj elemenata međusobno i u odnosu na kontrolne kriterijume. Ova metoda uzima u obzir zavisnosti i povratne sprege kako unutar, tako i između klastera elemenata (Greco et al., 2016). ANP predstavlja sveobuhvatan okvir za analizu odluka u društvenim, državnim i korporativnim kontekstima, omogućavajući uključivanje svih relevantnih faktora i kriterijuma, kako opipljivih, tako i neopipljivih. Metoda omogućava sagledavanje međusobne zavisnosti i povratne sprege unutar i između klastera elemenata, što je naročito značajno u složenim sistemima sa rizikom i neizvesnošću. ANP model se sastoji iz tri dela: prvo, strateški kriterijumi koji omogućavaju ocenu odluka prema merilima koristi, prilika, troškova i rizika; drugo, kontrolni kriterijumi sa pripadajućim mrežama uticaja koje određuju prioritete alternativa za svaki kriterijum; i treće, sinteza prioriteta merila i kontrolnih kriterijuma za formiranje konačnog rangiranja alternativa. Ključni alat u analizi je supermatrica koja omogućava precizno izvođenje i prikaz funkcionisanja ANP metode (Saaty, 2006). ANP metod se sprovodi kroz četiri osnovne faze (Saaty, 2006). U prvoj fazi formira se model odlučivanja u vidu mrežne strukture, čime se identifikuju elementi i njihove međusobne zavisnosti. Druga faza obuhvata sprovođenje parcijalnih (parnih) poređenja elemenata unutar svakog klastera u odnosu na njihov relativni značaj, pri čemu se i kriterijumi unutar istog klastera međusobno upoređuju. U trećoj fazi konstruiše se supermatrica koja, na osnovu definisane mreže, prikazuje međusobne odnose i uticaje između klastera u sistemu. Konačno, u četvrtoj fazi vrši se sinteza prioriteta alternativa, koja se dobija iz normalizovane supermatrice. Široka primena ANP metode u rešavanju praktičnih problema detaljno je prikazana u radu Saaty & Vargas (2013).

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS*) predstavlja rangiranje alternativa prema udaljenosti od idealnog rešenja. Osnovna ideja TOPSIS metode jeste da najbolja alternativa treba da ima najkraće rastojanje od pozitivnog idealnog rešenja (koje ima najbolje vrednosti svih kriterijuma) i najveće rastojanje od negativnog idealnog rešenja (koje ima najlošije vrednosti svih kriterijuma). Metod se sastoji od sledećih koraka: normalizacije matrice odlučivanja, ponderisanja kriterijuma, određivanja pozitivnog i negativnog idealnog rešenja, izračunavanja udaljenosti svake alternative od oba idealna rešenja, i konačno određivanja relativne bliskosti alternativa idealnom rešenju. Na osnovu te relativne bliskosti vrši se rangiranje alternativa, pri čemu se alternativa sa najvećom vrednošću smatra najboljim izborom. Hwang & Yoon (1981) su definisali šest osnovnih koraka za primenu TOPSIS metode. Najpre se formira početna matrica odlučivanja, koja se zatim normalizuje kako bi kriterijumi postali uporedivi. U drugom koraku konstruiše se ponderisana normalizovana matrica odlučivanja, pri čemu se uvažava relativni značaj svakog kriterijuma. Nakon toga određuju se pozitivno i negativno idealno rešenje, koja predstavljaju

referentne tačke za poređenje alternativa. U četvrtom koraku izračunavaju se mere udaljenosti svake alternative od oba idealna rešenja. Na osnovu tih udaljenosti, u petom koraku se određuje stepen relativne bliskosti svake alternative idealnom rešenju. Na kraju, alternative se rangiraju od najbolje do najlošije u skladu sa izračunatom relativnom bliskošću idealnom rešenju. TOPSIS metod se zasniva na konceptu idealnog rešenja i omogućava rangiranje alternativa prema njihovoj relativnoj bliskosti optimalnom ishodu. Optimalna alternativa je ona koja ima najmanju udaljenost od pozitivnog idealnog rešenja i najveću udaljenost od negativnog idealnog rešenja. TOPSIS metod uključuje normalizaciju podataka, ponderisanje kriterijuma, određivanje idealnih rešenja, izračunavanje udaljenosti alternativa i konačno rangiranje na osnovu koeficijenta relativne bliskosti. Metod je posebno pogodan za probleme sa kvantitativnim kriterijumima i nezavisnim atributima.

VIKOR (*VIšekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Rešenje*) predstavlja metodu višekriterijumskog odlučivanja koja je razvijena sa ciljem identifikovanja kompromisnog rešenja u situacijama kada su kriterijumi međusobno konflikti, a donosioci odluka teže postizanju ravnoteže između ukupne korisnosti i individualnog nezadovoljstva. Osnovna ideja VIKOR metode zasniva se na izboru alternative koja je najbliža idealnom rešenju, uz istovremeno uvažavanje interesa većine i minimiziranje maksimalnog gubitka. Za razliku od metoda koje se isključivo oslanjaju na agregaciju ponderisanih vrednosti kriterijuma, VIKOR eksplicitno razmatra dva aspekta odlučivanja: ukupnu korist i individualni gubitak. Time se omogućava identifikacija rešenja koje predstavlja kompromis između suprotstavljenih ciljeva i preferencija. Primena VIKOR metode započinje određivanjem najboljih i najlošijih vrednosti kriterijuma za svaku posmatranu dimenziju, čime se definišu pozitivno i negativno idealno rešenje. Na osnovu ovih referentnih tačaka izračunavaju se dve mere za svaku alternativu: mera ukupne udaljenosti od idealnog rešenja, koja odražava kolektivnu korisnost, i mera maksimalnog odstupanja po pojedinačnom kriterijumu, koja predstavlja individualni gubitak. Kombinovanjem ove dve mere formira se indeks kompromisnog rešenja, pri čemu se uvodi parametar koji omogućava balansiranje između značaja ukupne koristi i individualnog gubitka. Na osnovu vrednosti ovog indeksa alternative se rangiraju, a kao najbolje se identifikuje ono rešenje koje ostvaruje najpovoljniji kompromis između posmatranih kriterijuma. VIKOR metod je posebno pogodan za probleme u kojima ne postoji jasno dominantna alternativa i gde je neophodno pronaći rešenje prihvatljivo za većinu zainteresovanih strana. Metoda omogućava transparentno razmatranje konflikata između kriterijuma i pruža dodatne informacije u poređenju sa metodama koje se zasnivaju isključivo na agregaciji ponderisanih vrednosti. Zbog ovih karakteristika, VIKOR se često primenjuje u evaluaciji javnih politika, strateškom planiranju i analizi složenih sistema, gde je donošenje odluka zasnovano na kompromisu između različitih ciljeva i ograničenja. Detaljna razrada metodološkog postupka VIKOR metode data je u radu našeg autora Opricovic & Tzeng (2004).

ELECTRE (*ELimination and Choice Expressing Reality*) predstavlja jednu od najznačajnijih *outranking* metoda u okviru višekriterijumskog odlučivanja. Metod je razvio Bernard Roy krajem šezdesetih godina (Roy, 1968) sa ciljem rešavanja problema izbora, rangiranja i klasifikacije alternativa u situacijama kada kriterijumi mogu biti međusobno konflikti i kada potpuna kompenzacija između kriterijuma nije poželjna. Od svog uvođenja, ELECTRE metod je proširen i razvijen u više varijanti, koje se koriste za rešavanje različitih tipova problema višekriterijumskog odlučivanja. U literaturi se najčešće navode sledeće verzije: ELECTRE I, IS, IV, II, III, IV, III-H i ELECTRE TRI. Iako sve ove metode počivaju na istom osnovnom principu višeg ranga, one se međusobno razlikuju po fazama postupka i tipu problema za koji su namenjene, kao što su izbor, rangiranje ili klasifikacija alternativa. Svaka metoda iz ELECTRE porodice ima jasno definisanu ulogu i primenu u zavisnosti od karakteristika konkretnog problema odlučivanja (Figueira et al., 2013). Više pažnje ovim metodama biće posvećeno u narednom delu disertacije.

PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) je metod rangiranja alternativa na osnovu preferencija. Predstavlja jednu od najznačajnijih *outranking* metoda u okviru višekriterijumskog odlučivanja, razvijenu od strane Bransa i Vinckea sredinom osamdesetih godina (Brans et al., 1986; Brans & Vincke, 1985). Metod je namenjen rangiranju

alternativa na osnovu preferencija donosioca odluka, pri čemu se ne zahteva potpuna kompenzacija između kriterijuma. Osnovna ideja PROMETHEE metode zasniva se na utvrđivanju stepena preferencije jedne alternative u odnosu na drugu za svaki kriterijum posebno. Za razliku od metoda koje koriste jedinstvenu agregacionu funkciju, PROMETHEE uvodi funkcije preferencije, koje omogućavaju fleksibilno modelovanje odnosa između alternativa u zavisnosti od intenziteta razlika u vrednostima kriterijuma. Primena PROMETHEE metode započinje definisanjem skupa alternativa i kriterijuma, kao i dodeljivanjem pondera kriterijumima u skladu sa njihovim relativnim značajem. Za svaki kriterijum bira se odgovarajuća funkcija preferencije, koja transformiše razliku u performansama između dve alternative u stepen preferencije. Na osnovu ovih funkcija izračunava se indeks nadređivanja, koji predstavlja agregirani stepen preferencije jedne alternative u odnosu na ostale. U literaturi se najčešće koriste sledeće varijante PROMETHEE metode:

- PROMETHEE I – omogućava parcijalno rangiranje alternativa;
- PROMETHEE II – omogućava potpuno rangiranje alternativa;
- PROMETHEE III i IV – uvode intervalne i stohastičke informacije;
- PROMETHEE V – integriše dodatna ograničenja;
- PROMETHEE GAIA – grafički alat za vizuelizaciju rezultata i analizu konflikata među kriterijumima.

Glavna prednost PROMETHEE metode ogleda se u njenoj fleksibilnosti i transparentnosti, jer omogućava precizno modelovanje preferencija donosioca odluka. Metod je posebno pogodan za probleme u kojima su kriterijumi različite prirode i gde je potrebno jasno sagledati odnose nadređivanja između alternative (Behzadian et al., 2010). S druge strane, izbor funkcija preferencije i odgovarajućih parametara zahteva dodatnu pažnju i stručnost, što može povećati složenost primene metode u praksi.

Analiza objavljenih radova potvrđuje da višeatributivno odlučivanje predstavlja dominantan pristup u savremenom poslovnom odlučivanju, naročito u uslovima neizvesnosti, dok višeciljno programiranje zadržava značajnu, ali metodološki zahtevniju ulogu u optimizacionim problemima (Zavadskas et al., 2019).

Pristupi zasnovani na praćenju samo jednog indikatora nisu adekvatni za ocenu napretka održivosti zbog kompleksnosti ciljeva održivog razvoja. U tom kontekstu, višekriterijumsko odlučivanje se nameće kao primeren analitički okvir, jer omogućava istovremeno razmatranje više kriterijuma i perspektiva. Višekriterijumsko odlučivanje je posebno značajno u konstrukciji i evaluaciji indeksa održivosti, gde se javlja problem agregacije heterogenih indikatora i određivanja težina. Višekriterijumska analiza u kontekstu ciljeva održivog razvoja utiče i na značaj kvaliteta društvenog procesa odlučivanja, uključujući participaciju relevantnih aktera, transparentnost pretpostavki i uvažavanje različitih vrednosnih sistema. Višekriterijumsko odlučivanje se stoga ne posmatra samo kao matematički alat, već kao instrument podrške demokratskom i odgovornom donošenju odluka u oblasti održivog razvoja (Munda, 2005).

Zbog višedimenzionalne prirode ciljeva održivosti, kao i složenosti socio-ekonomskih, ekoloških i upravljačkih sistema, MCDM metode postaju sve značajnije i sve češće primenjivane u ekonomskom odlučivanju (Arandarenko et al., 2020; Gopisetty & Sama, 2025; Siskos & Burgherr, 2022; Zavadskas & Turskis, 2011).

Metode višekriterijumskog odlučivanja kao i Analiza obavljanja podataka (*Data Envelopment Analysis* – DEA) omogućavaju sistematsku procenu efikasnosti, identifikaciju optimalnih razvojnih pravaca i analiza alternativnih scenarija, kao i komparativnu evaluaciju i benčmarking performansi zemalja, regiona ili sektora. Njihova primena u kontekstu ciljeva održivog razvoja doprinosi preciznijem merenju napretka, dubljem razumevanju međusobnih zavisnosti između pojedinačnih ciljeva i donošenju odluka zasnovanih na empirijskim pokazateljima. Time se unapređuje efektivnost

javnih politika i podstiče ostvarivanje održivih ishoda na lokalnom, nacionalnom i globalnom nivou. Imajući u vidu višekriterijumsku prirodu problema održivog razvoja, postojanje konflikata između ekonomskih, društvenih i ekoloških prioriteta, kao i izražene prostorne i vremenske heterogenosti između zemalja, metode operacionih istraživanja predstavljaju naročito pogodan analitički okvir za proučavanje ciljeva. Poseban metodološki izazov u praćenju njihove realizacije odnosi se na merenje i agregaciju velikog broja indikatora, pri čemu operaciona istraživanja obezbeđuju formalizovane pristupe za konstrukciju kompozitnih pokazatelja i procenu relativnih performansi posmatranih jedinica (Jayaraman et al., 2015).

Procena napretka Ciljeva održivog razvoja zahteva kvantifikaciju održivosti u ekonomskim, socijalnim i ekološkim dimenzijama istovremeno, što predstavlja složen problem odlučivanja. U tom kontekstu, DEA se pokazala kao efikasan alat za merenje i upoređivanje performansi različitih sistema. DEA omogućava simultano razmatranje više indikatora performansi, razvijanje kompozitnih indeksa koji obuhvataju sve tri dimenzije održivosti i identifikovanje neefikasnosti, što pomaže donosiocima odluka u optimizaciji resursa i definisanju prioriteta intervencija. Metodologija DEA, primenjena na različite sektore, uključujući upravljanje resursima, energijom, otpadom i transportom, omogućava kreiranje indeksa koji reflektuju kompleksnu interakciju ekonomskih, socijalnih i ekoloških faktora i olakšava formulaciju politika usmerenih ka održivom razvoju. Iako postojeći istraživački radovi često analiziraju pojedinačne dimenzije Ciljeva održivog razvoja, razvoj DEA kompozitnih indeksa pruža integrisan okvir koji pomaže u preciznom rangiranju i benčmarkingu, identifikujući najefikasnije putanje za postizanje ciljeva. Na ovaj način, DEA postaje ključni alat za strateško planiranje i unapređenje operativne efikasnosti u ostvarivanju održivog razvoja, uz pružanje preporuka zasnovanih na podacima i podršku u donošenju odluka na svim nivoima – od vlada do organizacija civilnog društva i privatnog sektora (Charles & Emrouznejad, 2024; Cristóbal et al., 2021; D. Koçak et al., 2019).

Cristóbal et al. (2021) predložu primenu DEA metoda u proceni efikasnosti nacionalne javne potrošnje, pri čemu se rashodi države posmatraju kao ulazi, a napredak u indikatorima svih 17 Ciljeva kao izlazi. Rezultati su analizirani po dohodovnim grupama zemalja za svaki pojedinačni cilj, čime su identifikovane neefikasne strategije javne potrošnje i potencijalne slabosti koje je potrebno prevazići kako bi zemlje dostigle nivo napretka najuspešnijih država. Istovremeno, pokazano je da zemlje sa niskim i visokim dohotkom ostvaruju veću prosečnu efikasnost javne potrošnje i češće se nalaze na DEA efikasnoj granici, dok zemlje sa nižim i višim srednjim dohotkom imaju najveći prostor za unapređenje efikasnosti javnih izdataka.

Keskin et al. (2025) primenjuju troetapni aditivni mrežni DEA model radi merenja performansi 29 zemalja OECD-a u periodu od 2015–2018. Rezultati ukazuju da su performanse u oblasti ekološke dimenzije značajno slabije u poređenju sa društvenom i socio-ekonomskom dimenzijom. Iako nijedna zemlja nije u potpunosti efikasna, pojedine zemlje (Letonija, Norveška, Irska, Slovenija, Finska i SAD) ostvaruju efikasnost u jednoj ili dve dimenzije. Nalazi potvrđuju da ekonomska snaga sama po sebi ne garantuje uspešno ostvarivanje ciljeva održivog razvoja, te da je neophodno snažnije fokusiranje na ekološka pitanja.

Mateusz et al. (2018) koriste metode TOPSIS i VIKOR u proučavanju održivog razvoja, koristeći odabrane indikatore koji su izvedeni iz ciljeva održivog razvoja. U istraživanju TOPSIS i VIKOR metode koriste u svrhu višekriterijumske komparativne analize u proučavanju nivoa održivog razvoja zemalja Evropske unije.

Sistematizacijom literature Govindan (2025) pokazuje da se metode operacionih istraživanja široko koriste u merenju, analizi i optimizaciji ekonomskih, ekoloških i socijalnih aspekata održivosti. Poseban značaj imaju višekriterijumske metode odlučivanja (ELECTRE, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, AHP) teorija igara, stohastička i robusna optimizacija, kao i fuzzy logika, koje omogućavaju evaluaciju performansi dobavljača, dizajn lanaca snabdevanja i usklađivanje interesa različitih aktera. Ističe se važnost modela koji integrišu regulatorne mehanizme, podsticajne politike

i ponašanje potrošača, čime se ciljevi održivog razvoja direktno ugrađuju u strateško i operativno odlučivanje.

Metode poput AHP i TOPSIS često se primenjuju za evaluaciju alternativnih energetske projekata, strategija upravljanja otpadom i ekoloških politika, pri čemu se istovremeno uzimaju u obzir ekonomski, socijalni i ekološki faktori. Ovi pristupi omogućavaju donosiocima odluka da identifikuju projekte koji minimalizuju ekološki otisak, a istovremeno podržavaju održivi razvoj. Upotreba MCDM modela zasnovanih na fuzzy logici dodatno povećava pouzdanost analiza, jer omogućava bolje upravljanje neizvesnostima u podacima, poput nepouzdatih predviđanja ekoloških efekata. Sa rastućim izazovima u oblasti životne sredine, integracija MCDM sa savremenim tehnologijama, kao što su *blockchain* i *IoT (Internet of Things)*, doprinosi efikasnijem i transparentnijem upravljanju resursima i podršci politikama za ublažavanje klimatskih promena (Kumar, 2025).

Primena jedne metode višekriterijumskog odlučivanja može nekada dovesti do ograničavanja mogućnosti poređenja rezultata. Brodny & Tutak (2023), su u svom istraživanju primenili pristup zasnovan na višekriterijumskoj analizi za procenu nivoa održivosti u Cilju 9. Koristili su kombinaciju više metoda za određivanje indeksa održivosti TOPSIS, WASPAS i EDAS, dok su težinski koeficijenti indikatora određeni korišćenjem metoda Entropy, CRITIC i standardne devijacije, kako bi dobili pouzdanije i robustnije rezultate.

Ciljevi održivog razvoja nude integrisani okvir indikatora i ciljeva koji podržavaju nacionalno planiranje i izveštavanje. Efikasna implementacija zahteva čvrstu bazu dokaza, jer napredak ka jednom cilju često utiče na druge kroz složene povratne veze, što stavlja posebne zahteve pred nauku i istraživanja. Primena različitih analitičkih alata i pristupa predstavlja izazov, naročito kada je potrebno koherentno kombinovati ih u procesu donošenja odluka. Allen et al. (2019) primenjuju integrisane pristupe procene za prioritizaciju ciljeva u 22 zemlje arapskog regiona. Koristi se višekriterijumski okvir odlučivanja koji ciljeve rangira po stepenu hitnosti, sistemskom uticaju i prazninama u politikama. Rezultati pokazuju kako se ovi različiti pristupi mogu efektivno kombinovati i primeniti, ističući njihove prednosti i ograničenja.

Dos Santos et al. (2019) ističu da je AHP najviše korišćena metoda višekriterijumske analize u oblasti održivog razvoja. Ova studija sprovodi sistematski pregled literature o primeni AHP-a u podršci donošenju odluka za održivi razvoj, omogućavajući identifikaciju praznina i pravaca budućih istraživanja. Sistematski pregledi literature pokazuju da AHP omogućava strukturiranu evaluaciju ciljeva održivog razvoja, identifikaciju prioriteta i razmatranje različitih kriterijuma, što olakšava planiranje i implementaciju politika održivog razvoja. Mnoge studije koriste AHP kako samostalno, tako i u kombinaciji sa drugim tehnikama, poput fuzzy teorije, TOPSIS metode, i drugih. Više o primeni metoda višekriterijumskog odlučivanja može se videti (Kandakoglu et al., 2019; Resce & Schiltz, 2021).

Analitički hijerarhijski proces se koristi i za procenu doprinosa univerziteta i visokoškolskih institucija ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Ovaj pristup identifikuje i ponderiše 34 ključna indikatora relevantna za procenu doprinosa univerziteta ostvarenju Ciljeva održivog razvoja. Predloženi indikator su izvučeni iz skupa svih indikatora koji su određeni Agendom 2030 i dodeljeni su im različiti ponderi. Uključivanjem mišljenja eksperata i primenom sistematskih okvira za donošenje odluka, AHP metoda pruža strukturiran pristup sagledavanju složenosti procene održivosti u visokoškolskim institucijama, kao i proceni relativne važnosti svakog indikatora u ocenjivanju doprinosa univerziteta ostvarivanju ciljeva održivog razvoja (Kaloutsa et al., 2025).

Normalno je da Vlade pojedinih država prilagođavaju globalni okvir ciljeva održivog razvoja nacionalnom kontekstu. To je učinila i Vlada Indije ali velike razlike u socio-ekonomskim i ekološkim uslovima između saveznih država i teritorija stvaraju nejednakosti u napretku. Nagargoje & Patil (2024), predložili su studiju koja analizira ostvarenje ciljeva održivog razvoja u indijskim državama korišćenjem četiri različite metode višekriterijumskog odlučivanja: Metodu ponderisanog

prosečnog koeficijenta (*Weighted Average Coefficient Method*), Hibridnu matricu entropije – GE (*Hybrid Entropy – GE Matrix*), Analizu glavnih komponenti (*Principal Component Analysis – PCA*) i Fuzzy VIKOR. Svaka od ovih metoda pruža jedinstvene nalaze. Ponderisani prosek pojednostavljuje rangiranje kroz agregirane rezultate, ali ne uzima u obzir interakcije između indikatora. Hibridna entropijska GE matrica identifikuje praznine u koordinaciji i unutrašnje nejednakosti, iako je računarski zahtevna. PCA smanjuje dimenzionalnost da bi otkrila latentne obrasce, ali tumačenje može biti otežano. Fuzzy VIKOR odlično balansira grupnu korist i individualni gubitak, ali zahteva preciznu kalibraciju parametara. Studija kombinuje rangiranja iz različitih metoda kako bi pružila sveobuhvatan prikaz performansi i predložila preporuke za smanjenje regionalnih nejednakosti. Analiza potvrđuje korisnost MCDM tehnika u evaluaciji Ciljeva održivog razvoja i pruža okvir za podršku kreiranju politika usmerenih na unapređenje održivog razvoja.

Izloženi teorijski i konceptualni okvir ukazuje da održivi razvoj, operacionalizovan kroz Ciljeve održivog razvoja, predstavlja složen i višedimenzionalan proces čije praćenje i evaluacija zahtevaju primenu adekvatnih analitičkih i metodoloških instrumenata. Analiza savremenih pristupa benčmarkingu pokazuje da on prevazilazi ulogu deskriptivnog alata za poređenje performansi i postaje ključni mehanizam za razumevanje relativnih pozicija zemalja, identifikaciju razvojnih obrazaca i usmeravanje javnih politika ka ostvarivanju definisanih ciljeva. U tom smislu, teorijska razmatranja održivog razvoja, indikatorskih okvira i kompozitnih indeksa predstavljaju neophodnu osnovu za prelazak na adekvatnu primenu metoda višekriterijumskog odlučivanja u evaluaciji Ciljeva održivog razvoja.

3 PRIMENA VIŠEETAPNOG BENČMARKINGA NA CILJEVE ODRŽIVOGR RAZVOJA

3.1 Uvod

Ciljevi održivog razvoja, objedinjeni u okviru Agende 2030, predstavljaju sveobuhvatan globalni okvir usmeren ka uravnoteženom ekonomskom, socijalnom i ekološkom razvoju. Iako su međusobno snažno povezani, pojedini ciljevi imaju posebno istaknutu ulogu u oblikovanju inkluzivnih društava i smanjenju strukturnih nejednakosti. Među njima, obrazovanje zauzima centralno mesto kao ključni mehanizam za ostvarivanje jednakih razvojnih mogućnosti.

Cilj 4 održivog razvoja, usmeren na obezbeđivanje inkluzivnog, pravičnog i kvalitetnog obrazovanja, predstavlja jedan od ključnih ciljeva Agende 2030 i osnovni preduslov održivog društveno-ekonomskog razvoja. Obrazovanje se pritom ne posmatra isključivo kao oblast javnih politika, već kao strateški resurs koji oblikuje ljudski kapital, podstiče inovacije i jača institucionalne kapacitete društava da odgovore na složene savremene izazove. Značaj Cilja 4 posebno se ogleda u njegovoj snažnoj povezanosti sa ostalim ciljevima održivog razvoja. Kvalitetno obrazovanje doprinosi smanjenju siromaštva i društvenih nejednakosti, unapređenju zdravstvenih ishoda i postizanju rodne ravnopravnosti (Mihai et al., 2015). U ekonomijama zasnovanim na znanju, obrazovanje predstavlja ključni faktor konkurentnosti i dugoročnog privrednog rasta. Stoga je neophodno obezbediti ne samo širok pristup obrazovanju, već i njegov kvalitet, relevantnost i usklađenost sa potrebama tržišta rada i tehnološkog razvoja. U tom smislu, Cilj 4 prevazilazi tradicionalno shvatanje obrazovanja kao socijalne politike i postaje centralni element savremenih razvojnih strategija. Pored ekonomske, Cilj 4 ima i izraženu socijalnu i etičku dimenziju, zasnovanu na principu „nikoga ne ostaviti po strani“. Inkluzivno obrazovanje omogućava marginalizovanim grupama, uključujući žene, osobe sa invaliditetom i stanovništvo nerazvijenih regiona, da ostvare svoj puni potencijal, čime se obrazovanje afirmiše kao instrument međugeneracijske pravde i smanjenja strukturnih nejednakosti.

Napredak u ostvarivanju kvalitetnog obrazovanja bio je ograničen i pre pandemije COVID-19, dok su se njeni efekti dodatno negativno odrazili na obrazovne sisteme i ishode učenja. Iako su od 2015. godine zabeležena izvesna poboljšanja u stopama upisa i završetka školovanja, dinamika napretka usporava, a nivoi znanja ostaju nezadovoljavajući, naročito u zemljama sa nižim prihodima. U tom kontekstu, u 2023. godini oko 272 miliona dece i mladih i dalje je bilo van obrazovnog sistema, što predstavlja pogoršanje u odnosu na 2015. godinu (United Nations, 2025).

Cilj 4 se ne odnosi isključivo na povećanje obuhvata obrazovanjem, već je usmeren na obezbeđivanje jednakog pristupa svim nivoima obrazovanja, uključujući stručno i visoko obrazovanje, uz istovremeno smanjenje rodni i socioekonomskih nejednakosti. U periodu od 2015. do 2024. godine ostvaren je umeren rast stopa završetka osnovnog i srednjeg obrazovanja na globalnom nivou, ali su regionalne i strukturne razlike i dalje izražene, što ukazuje na neravnomernu raspodelu obrazovnih mogućnosti. Pored ograničenog pristupa obrazovanju, jedan od najozbiljnijih izazova predstavljaju niski i pogoršavajući ishodi učenja. Prema podacima Ujedinjenih nacija, na globalnom nivou, tokom 2019. godine minimalni nivo postignuća dostiglo je svega 58% učenika u čitanju i 44% u matematici. Negativni trendovi uočeni su i u razvijenijim ekonomijama, u 81 zemlji sa srednje-višim i visokim prihodima zabeležen je pad postignuća učenika na kraju nižeg srednjeg obrazovanja između 2018. i 2022. godine, i to za 15 procentnih poena u matematici i 10 procentnih poena u čitalačkoj pismenosti. Ovi problemi su dodatno izraženi kod učenika sa invaliditetom, devojčica i stanovništva u marginalizovanim područjima, gde često nisu obezbeđeni ni osnovni uslovi za kvalitetno učenje.

Obrazovanje istovremeno predstavlja jedan od ključnih mehanizama uzlazne socio-ekonomske mobilnosti i izlaska iz siromaštva. Međutim, duboke nejednakosti u obrazovanju i dalje su prisutne. Rodne nejednakosti u obrazovanju i dalje su izražene i predstavljaju ozbiljan izazov za ostvarivanje principa jednakih mogućnosti. Prema podacima za 2024. godinu, oko 40% zemalja sa dostupnim statistikama još uvek nije dostiglo rodni paritet u stopama završetka osnovnog

obrazovanja. Situacija je nepovoljnija na višim nivoima školovanja, više od polovine zemalja ne ostvaruje rodnu ravnotežu na nivou nižeg srednjeg obrazovanja, dok se na nivou višeg srednjeg obrazovanja taj udeo penje na čak pet od šest zemalja. Dodatno zabrinjava činjenica da se obrazovne nejednakosti produbljuju kada se u analizu uključe faktori poput geografskog položaja i imovinskog statusa, što ukazuje na snažnu povezanost obrazovnih ishoda sa širim socio-ekonomskim okolnostima. Oko 60% zemalja beleži razlike između urbanih i ruralnih sredina u stopama završetka nižeg srednjeg obrazovanja, dok više od 90% zemalja pokazuje značajne razlike između dece iz bogatijih i siromašnijih domaćinstava. Preplitanje rodni, prostorni i ekonomskih faktora stvara višeslojne barijere koje zahtevaju ciljne i integrisane politike usmerene istovremeno na unapređenje pristupa obrazovanju, kvaliteta učenja i pravičnosti obrazovnih sistema (United Nations, 2025).

U uslovima ubrzane digitalizacije društava, dodatni izazov predstavlja potreba za snažnijom integracijom tehnologije u obrazovanje, kako bi se mladim i budućim generacijama obezbedio pristup relevantnim i kvalitetnim obrazovnim sadržajima usklađenim sa zahtevima savremenog tržišta rada. Ubrzavanje napretka ka ostvarivanju Cilja 4 mora biti prioritet, s obzirom na njegov podsticajni efekat na realizaciju Agende 2030 u celini. U tom kontekstu, Ujedinjene nacije, oslanjajući se na inicijative pokrenute kroz Samit o transformaciji obrazovanja, podstiču globalno delovanje usmereno ka obezbeđivanju inkluzivnog, pravičnog i kvalitetnog obrazovanja za sve, uz istovremenu podršku unapređenju ishoda učenja i smanjenju nejednakosti.

Devojčice i dečaci treba da imaju jednake mogućnosti pristupa kvalitetnom obrazovanju, jednake šanse za obrazovna postignuća i ravnopravne koristi od obrazovanja. Posebnu pažnju potrebno je usmeriti ka adolescentkinjama i mladim ženama koje su izložene rodno zasnovanom nasilju, dečijim brakovima, ranim trudnoćama i nejednakoј raspodeli kućnih obaveza, kao i onima koje žive u siromašnim i udaljenim ruralnim područjima. Istovremeno, u sredinama u kojima su dečaci u nepovoljnijem položaju, neophodno je primeniti ciljne i kontekstualno prilagođene mere podrške. Iskustva pokazuju da politike usmerene na smanjenje rodni nejednakosti ostvaruju veći efekat kada su integrisane u širi razvojni okvir koji istovremeno unapređuje zdravstvenu zaštitu, pravosudni sistem, kvalitet upravljanja i eliminiše dečji rad (UNESCO, 2017). Implementacija Cilja 4 na nacionalnom nivou podrazumeva proces usklađivanja i prilagođavanja nacionalni obrazovni politika i planskih dokumenata globalnim ciljevima i prioritetima sadržanim u Agendi 2030. Step en usklađenosti nacionalni politika sa Ciljem 4 zavisi od specifičnih razvojni prioriteta svake zemlje, nivoa političke posvećenosti, faze planskog ciklusa, institucionalni aranžmana, kao i raspoloživih ljudskih, tehničkih i finansijskih kapaciteta.

Inkluzija i pravičnost predstavljaju temelj sveobuhvatne i razvojno usmerene obrazovne agende, zbog čega je neophodno sistematsko uklanjanje svih oblika isključenosti i nejednakosti u pristupu obrazovanju, učešću u obrazovni procesima i ostvarenim ishodima učenja. Nijedan obrazovni cilj ne može se smatrati ispunjenim ukoliko nije ostvaren za sve, bez izuzetka. To podrazumeva kontinuirano prilagođavanje obrazovni politika, mera i praksi, uz poseban fokus na najugroženije društvene grupe, a naročito na osobe sa invaliditetom, kako bi se obezbedile jednake mogućnosti i puna participacija u obrazovni sistemu.

Ostvarivanje Cilja 4 zahteva da obrazovanje postane strateški prioritet javni politika, kroz stabilno finansiranje, unapređenje infrastrukture, jačanje nastavničkih kapaciteta i primenu digitalni rešenja. Poseban fokus mora biti usmeren na ranjive grupe kako bi se obezbedio pravičan i inkluzivan obrazovni sistem. Ostvarenje cilja održivog razvoja usmerenog na obezbeđenje inkluzivnog, pravednog i kvalitetnog obrazovanja, kao i na promovisanje jednakih mogućnosti za celoživotno učenje za sve, ima centralnu ulogu u izgradnji stabilnog i održivog društva. Kvalitetno obrazovanje treba da omogući mladima adekvatnu pripremu za zaposlenost u visoko kvalifikovanim zanimanjima u uslovima tekuće četvrt e industrijske revolucije. Istovremeno, obrazovanje predstavlja temelj za izgradnju mirnodopskih društava i efikasni institucionalni okvira.

U poslednje vreme jedno od glavnih pitanja je od koga učiti i kako se usavršavati. Odgovor leži u višestapnom benčmarkingu. Stvoren je novi koncept benčmarkinga koji ima za cilj postepeno

poboljšanje alternativa (Dominique et al., 2013; Petrović et al., 2014). Ideja višestapnog benčmarkinga je da se olakša proces učenja i napretka postavljenjem srednjih referentnih vrednosti, koje treba tražiti među jedinicama sa malo boljim, a ne najboljim učinkom, što predstavlja korak napred ka idealnom cilju. Suština metode je naći optimalnu putanju razvoja, kroz pomoćne benčmarke (*intermediate benchmark*) i postepeno doći do željenog cilja (Petrović et al., 2018b). Između dva pomoćna benčmarka ne bi trebalo da postoji veliki raskorak u napretku. Idealna putanja razvoja jeste ona u kojoj se pri svakom sledećem benčmarku ostvaruje kontinuirani napredak. Ipak, kako su alternative zasnovane na postojećim primerima iz prakse, ujednačeno poboljšanje neće uvek biti ostvarivo. Optimalna putanja razvoja biće ona koja je najbliža idealnoj. Sa druge strane, postoji i najnepovoljnija putanja razvoja, ona u kojoj se razvoj po svakom kriterijumu, od početne alternative do krajnjeg cilja, mora ostvariti u okviru jedne promene nivoa, odnosno kroz neposredno oslanjanje na najbolju praksu, iako je malo verovatno da se takvo unapređenje performansi može realizovati odjednom.

Višestapni benčmarking je usko povezan i sa Analizom obavljanja podataka koja traga za najboljom praksom kako efikasno koristiti dostupne ulaze i transformisati ih u izlaze (Lozano & Calzada-Infante, 2018; Lozano & Villa, 2010). Višestapni benčmarking nalazi primenu i u višekriterijumskoj analizi i odlučivanju (Hubinont & De Smet, 2021; Petrović et al., 2014, 2018b). Osnovna ideja ranije pomenutog pristupa je da generiše putanje razvoja kombinacijom alternativa različitih preferencija i različitih nivoa hijerarhije koje su konstruisane pomoću metoda višeg ranga (Kadziński et al., 2022).

Koncept ciljeva održivog razvoja i višestapni benčmarking počivaju na zajedničkoj logici postepenog napredovanja ka unapred definisanim ciljnim vrednostima. U tom smislu, svaki pomoćni benčmark može predstavljati kvantitativno definisan međukorak koji omogućava praćenje napretka i usmeravanje razvojnih politika ka ostvarivanju dugoročnih ciljeva održivog razvoja. Ostvarivanje dugoročnih ciljeva zahteva definisanje jasno strukturiranih međufaznih, odnosno nacionalnih referentnih vrednosti, koje omogućavaju postupno praćenje napretka. Takvi međuciljevi predstavljaju kvantitativne orijentire na osnovu kojih je moguće evaluirati ostvarene rezultate u odnosu na postavljene dugoročne razvojne aspiracije. Uvođenje međufaznih benčmarka na nacionalnom nivou posebno je značajno u kontekstu jačanja odgovornosti i transparentnosti, budući da dugoročno definisani ciljevi često nose rizik od smanjene institucionalne odgovornosti i otežane procene napretka u kraćim vremenskim horizontima.

Cilj istraživanja jeste da prikaže potencijal višestapnog benčmarkinga u praćenju napretka u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, kao i da formuliše validne predloge za njihovo unapređenje u budućnosti. Poseban fokus stavljen je na cilj održivog razvoja koji se odnosi na obrazovanje, odnosno na dimenziju jednakih mogućnosti u obrazovanju u evropskim zemljama. Istraživanje jednakosti u obrazovanju suočava se sa brojnim izazovima. Posebna pažnja posvećena je podcilju 4.5, čiji je osnovni zadatak eliminisanje rodni dispariteta i obezbeđivanje pravičnog pristupa svim nivoima obrazovanja i stručnog osposobljavanja, naročito za ranjive grupe stanovništva. Iako je značaj ovog cilja nesporan, još uvek ne postoji u potpunosti razvijena metodologija za sistematsko praćenje napretka, a dodatna ograničenja proizlaze iz nedovoljne dostupnosti i uporedivosti podataka u mnogim zemljama. U tom kontekstu, razvoj i primena analitičkih instrumenata zasnovanih na višekriterijumskom odlučivanju dobijaju na značaju kao podrška praćenju ostvarenja Cilja 4. Osnovna namera istraživanja jeste da se pokaže kako primena višestapnog benčmarkinga omogućava precizno utvrđivanje trenutne pozicije posmatranih zemalja, kao i identifikovanje potencijalnih pravaca razvoja u cilju izgradnje inkluzivnog, pravednog i kvalitetnog obrazovnog sistema. Obezbeđivanje jednakih mogućnosti u obrazovanju predstavlja ključni preduslov za unapređenje rodne i socijalne ravnopravnosti, te šire društvene kohezije. Analiza je, stoga, usmerena na Cilj 4 održivog razvoja, sa posebnim akcentom na odabrane evropske zemlje i na dimenziju jednakosti obrazovnih mogućnosti, uz težnju da se na osnovu dobijenih rezultata formulišu preporuke i smernice za dalje oblikovanje i unapređenje obrazovnih politika.

Da bi se stvorili uslovi za primenu višestapnog benčmarkinga, prvo se moraju rangirati zemlje Evrope. Kao što je već pomenuto u prethodnom poglavlju, višekriterijumsko odlučivanje obuhvata veliki broj metoda koji rešavaju probleme u kojima ima više, najčešće suprotstavljenih kriterijuma. Takve metode su se pokazale kao veoma korisne kad je reč o njihovoj primeni na oblast održivog razvoja, ekonomije, obrazovanja ili finansija (Arandarenko et al., 2020; Bizzo et al., 2022; Siskos & Burgherr, 2022; Stamenković et al., 2016; Stašáková & Vlček, 2022). Kao podloga za primenu višestapnog benčmarkinga korišćena je metoda višeg ranga, ELECTRE III (Figueira et al., 2016; Roy, 1978). ELECTRE III metoda je korišćena kako bi se rangirale zemlje Evrope prema razvijenom setu kriterijuma, uzimajući u obzir jednake šanse u obrazovanju. Potom, višestapni benčmarking će dati putanje razvoja za svaku posmatranu zemlju, kao i preporuke za poboljšanje obrazovnog sistema za jednu zemlju kao studiju slučaja koja će pokazati efikasnost razvijene metode. Takav pristup će evropskim zemljama dati strateške pravce razvoja po ovom pitanju.

3.2 Metodološki okvir

3.2.1 ELECTRE III

ELECTRE metod datira od 1965. godine kada je istraživački tim konsultanske agencije SEMA radio na pronalaženju modela za rešavanje realnih problema u vezi sa odlukama koje se odnose na razvoj novih aktivnosti u firmi. Prvobitno razvijeni model MARSAN (*M'ethode d'Analyse, de Recherche, et de S'election d'Activit'es Nouvelles*) imao je svojih nedostataka, a zahvaljujući Bernardu Roi koji je radio na tome da ih otkloni, nastala je ELECTRE metoda a ubrzo i njena prva varijacija ELECTRE I. Prvu značajniju primenu ove metode izvršio je Roy (1968). Vremenom kako se menjalo poslovne okruženje, problem postajali kompleksniji tako su se i metode ELECTRE familije nadograđivale. Sada se bave problemima izbora, sortiranja i rangiranja. ELECTRE metode spadaju u grupe metoda višeatributivnog odlučivanja, odnosno, u metode višeg ranga (Figueira et al., 2016). Konkretno, ELECTRE III se bavi problematikom rangiranja. Generalno, glavni cilj ELECTRE metoda je da se donese adekvatna odluka koja će biti u skladu sa stavovima donosioca odluke, uzimajući u obzir kriterijume pomoću kojih se vrši evaluacija ponuđenih alternativa. Cilj ove metode jeste uspostavljanje potpunog ili delimičnog rangiranja alternativa, a ne samo identifikovanje onih koje su bolje u odnosu na ostale. Godinama unazad metodologija je primenjivana u različitim oblastima, uključujući obrazovanje (Giannoulis & Ishizaka, 2010; Stamenković et al., 2016), planiranje obnovljivih izvora energije (Ezbakhe & Pérez-Foguet, 2020), problem ulaganja i investicija (Peng et al., 2019) i medicinu (Forestal & Pi, 2022). Primena ELECTRE metoda je naročito popularna u prethodnim godinama (Chen et al., 2020; Liang et al., 2023; Liao et al., 2020; Tu et al., 2022). Govindan & Jepsen (2016) da li su dobar pregled primene metoda višeg ranga. Osnovna karakteristika ovih metoda jeste poređenje alternativa po svakom kriterijumu.

Osnov formiranja svakog problema višekriterijumskog odlučivanja je koherentni skup kriterijuma, akcija i matrica evaluacije (Figueira et al., 2013):

- $G = \{g_1, g_2, \dots, g_i, \dots, g_n\}$ – koherentni skup kriterijuma na osnovu koji se donose ocene o alternativama;
- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}$ – skup potencijalnih alternativa;
- $w_1, w_2, \dots, w_k$ – težinski faktori za svaki kriterijum,
- $g_k(a_i)$ – predstavlja ocenu alternative a_i na kriterijum g_k , za svako $a_i \in G$; i matrica performansi (postignuća) $m \times n$ se sada može formirati, sa $g_k(a_i)$ u redu i i koloni

$$k(i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, n).$$

Sa w_k se označava relativna važnost koeficijenta kriterijuma g_k za svako $g_k \in G$. Kod primene ELECTRE metoda iz matrice postignuća treba dobiti odgovor, za date alternative i kriterijume, u kakvom su odnosu dve alternative. Klasična teorija odlučivanja uvodi dve relacije preferencije *indiferentnost* i *strogu preferenciju* (Keeney & Raiffa, 1976) i bazirana je na aksiomu potpune tranzitivne uporedivosti (Roy & Vincke, 1984). Koristeći samo ove dve preferencije mogu se dobiti često nestabilni rezultati jer nije uvek jasno i očigledno da li su dve alternative indiferentne. Glavno pitanje ovde je kako izmeriti koja alternativa ima značajniji uticaj. Cilj je da se koliko je moguće u odabiru između dve alternative izbegne subjektivnost i da se donese adekvatan i nepristrasan zaključak. Familija ELECTRE taj problem rešava uvođenjem relacije neuporedivosti.

Za razliku od klasičnih modela odlučivanja, u okviru ELECTRE modela relacija višeg ranga ne mora biti tranzitivna. Ovaj aspekt predstavlja nedostatak samo ukoliko se unapred pretpostavi da preferencije moraju biti tranzitivne, što u realnim uslovima odlučivanja često nije opravdano. Naime, sasvim je prirodno da se binarna relacija indiferentnosti posmatra kao netranzitivna naročito kada se uvode pragovi indiferentnosti koji omogućavaju tolerisanje manjih razlika između alternativa. Pored toga, moguće je postojanje neosetljivosti u okviru relacije preferencije, pri čemu većina kriterijuma može favorizovati alternativu a u odnosu na b , a istovremeno alternativu b u odnosu na c , bez nužnog impliciranja da će alternativa a biti preferirana u odnosu na c , štaviše, može se desiti i da većina kriterijuma favorizuje alternativu c u odnosu na a , što ukazuje na kompleksnost i višedimenzionalnost procesa odlučivanja (Figueira et al., 2013). Indiferentnost se modelira kao relaksirana, uvođenjem pragova koji omogućavaju toleranciju malih razlika između alternative.

ELECTRE metode se, stoga, baziraju na četiri relacije kojima se modelira odnos između dve alternative pri njihovom poređenju (Figueira et al., 2010; Roy, 1996):

I (*Indiferentnost*): odgovara situaciji u kojoj postoje jasni i pozitivni razlozi koji opravdavaju ekvivalenciju između dve alternative (to vodi do refleksivnog i simetričnog binarnog odnosa).

Relaciju indiferentnosti zadovoljava sledeća tvrdnja:

- $a_1 I a_1$ – refleksivnost;
- $a_1 I a_2 \Rightarrow a_2 I a_1$ – simetričnost.

P (*Stroga preferencija*): odgovara situaciji u kojoj postoje jasni i pozitivni razlozi u korist jedne alternative, tj. da je jedna svakako bolja od druge (to vodi do nerefleksivnog i asimetričnog binarnog odnosa):

- $\neg(a_1 P a_1)$ – nerefleksivnost;
- $a_1 P a_2 \Rightarrow \neg a_2 P a_1$ – asimetričnost.

Q (*Slaba preferencija*): odgovara situaciji u kojoj postoje jasni i pozitivni razlozi koji poništavaju striktno preferiranje u korist jedne (identifikovane) od dve radnje, ali su nedovoljni da bi se zaključilo ili striktno preferiranje u korist druge radnje ili ravnodušnost između obe radnje, čime se ne dozvoljava da se bilo koja od dve prethodne situacije razlikuje na odgovarajući način (to vodi do nerefleksivne i asimetrične binarne relacije);

- $\neg(a_1 Q a_1)$ – nerefleksivnost;
- $a_1 Q a_2 \Rightarrow \neg a_2 Q a_1$ – asimetričnost;
- $\neg(a_1 Q a_2 \wedge a_2 Q a_3 \Rightarrow a_1 Q a_3)$ – netranzitivnost, zato što je moguće sledeće:
 $a_1 Q a_2 \wedge a_2 Q a_3 \Rightarrow a_1 P a_3$.

R (Neuporedivost): odgovara odsustvu jasnih i pozitivnih razloga koji bi opravdali bilo koju od tri prethodna odnosa (vodi do nerefleksivne i simetrične binarne relacije);

- $\neg(a_1 R a_1)$ – nerefleksivnost;
- $a_1 R a_2 \Rightarrow a_2 R a_1$ – simetričnost.

Ostaje pitanje kako analitički modelirati ove relacije, kao i šta to znači da postoje jasni i nedvosmisleni razlozi, i kako to formulirati.

ELECTRE III vrši procenu alternativa koristeći pseudokriterijume u svrhu poređenja. Modeliranje kriterijuma g_k kao pseudokriterijuma, da bi imao sposobnost da klasifikuje alternative koristeći odnose indiferentnosti, slabe i jake preferencije, pretpostavlja da se za svaki kriterijum uvode dve pomoćne vrednosti - prag indiferencije (q_k) i prag preferencije (p_k), gde je $0 < q_k < p_k$. Vrednosti pragova mogu biti funkcije koje zavise od vrednosti alternativa ili mogu biti konstante. U doktoratu ćemo ih posmatrati kao konstante jer je to češći slučaj u praksi. Ove dve vrednosti (q_k, p_k) definiše donosilac odluke. Za detaljniji pregled pogledati (Figueira et al., 2016). U narednim definicijama koje je dao Figueira et al. (2013), definiše se pojam pseudokriterijuma, binarne relacija S_k i indeksa kredibiliteta.

Definicija 3.1: Pseudokriterijum je realna funkcija g_k koja, zajedno sa dve granične funkcije $p_k(\cdot)$ i $q_k(\cdot)$ zadovoljava uslov da za svaki uređeni par alternativa $(a, a') \in A$ za koji je $g_k(a) > g_k(a')$, funkcije $g_k(a) + p_k(g_k(a'))$ i $g_k(a) + q_k(g_k(a'))$ su neopadajuće monotone po $g_k(a')$, tako da je, za svaki $a \in A$, $p_k(g_k(a')) > q_k(g_k(a')) \geq 0$.

Može se pretpostaviti, ne gubeći na opštosti da je $g_k(a) > g_k(a')$. Kada je vrednost izraza $g_k(a) - q_k(a')$ veća od praga preferencije, važi $a P_k a'$. Ako je $g_k(a) - g_k(a') \leq p_k$, alternative se smatraju indiferentnim u odnosu na pseudokriterijum. Konačno, slaba preferencija postoji ako važi $g_k < g_k(a) - g_k(a') \leq p_k$.

Nakon što su utvrđeni odnosi između svake dve alternative, potrebno je modelirati njihov ukupan međusobni odnos i uspostaviti relaciju poređenja u skladu sa definisanim kriterijumima. U tom cilju definiše se binarna relacija S_k , pri čemu zapis $a S_k a'$ označava da je alternativa a najmanje dobra kao alternativa a' .

Definicija 3.2: Binarna relacija S_k , za uređeni par alternativa $(a, a') \in A$ i proizvoljan kriterijum $g_k \in G$, formulisana je kao $S_k = P_k \cup Q_k \cup I_k$. Oznaka $a S_k a'$ se čita kao alternativa a je najmanje dobra kao alternativa a' .

Za ovako definisanu relaciju S_k , važi sledeće:

- $a S_k a' \wedge \neg(a' S_k a) \Rightarrow a Q_k a' \vee a R_k a'$
- $a' S_k a \wedge \neg(a S_k a') \Rightarrow a' Q_k a \vee a' R_k a$
- $a S_k a' \wedge a' S_k a \Rightarrow a I_k a'$
- $\neg(a S_k a') \wedge \neg(a' S_k a) \Rightarrow a R_k a'$

Svaka metoda ELECTRE familije se sastoji od dve faze: *agregacije i eksploatacije*. U fazi agregacije, koncept saglasnosti i nesaglasnosti porede svaki par alternativa (Govindan & Jepsen, 2016). Indeksi saglasnosti i nesaglasnosti mere snagu koalicije kriterijuma koji su u saglasnosti sa relacijom S , kao i snagu svih onih kriterijuma koji su u suprotnosti sa relacijom rangiranja (Stamenković, 2021). *Indeks saglasnosti* meri snagu koalicije svih onih kriterijuma koji su saglasni

sa tvrdnjom da je neka neka alternativa bolja od druge, odnosno u skladu su sa relacijom aSa' . Snaga te koalicije predstavljaće sumu težinskih koeficijenata svih kriterijuma koji pripadaju koaliciji. Podskup svih kriterijuma koji su u saglasnosti sa relacijom rangiranja aSa' naziva se koalicija saglasnosti i obeležava se sa $C^S(a, a')$. Podskup kriterijuma koji su u nesaglasnosti sa ovom tvrdnjom aSa' , naziva se koalicija nesaglasnosti i obeležava se sa $C^P(a', a)$, a skup svih kriterijuma za koje je alternativa a slabo preferirana u odnosu na alternative a' , obeležava se sa $C^Q(a, a')$. Formalno zapisano prema Stamenković (2021):

$$C^Q(a, a') = \{g_k : aQ_k a'\} \quad (3.1)$$

Indeks saglasnosti se definiše kroz sumu svih ponderisanih proseka u korist tvrdnje da je aSa' i može se zapisati na sledeći način (Figueira et al., 2013):

$$C(a, a') = \sum_{\{k: g_k \in C^S(a, a')\}} w_k + \sum_{\{k: g_k \in C^Q(a, a')\}} \varphi_k w_k \quad (3.2)$$

Gde je,

$$\varphi_k = \frac{p_k - (g_k(a') - g_k(a))}{p_k - g_k}$$

$C^S(a, a') = k : aS_k a'$ predstavlja koaliciju kriterijuma za koje važi tvrdnja aSa' , dok $C^Q(a, a')$ predstavlja koaliciju kriterijuma gde se ne može zapaziti jasan stav između indiferentnosti i suprotnosti. Funkcija φ_k je monotona i neopadajuća i predstavlja meru u kojoj je relacija indiferencije bliža indiferenciji $a'I_k a$ nego strogoj preferenciji $a'P_k a$. Funkcija φ_k zavisi od razlike ocene dve alternative po tom kriterijumu, $g_k(a') - g_k(a)$. Kako je ova vrednost definisana samo za koaliciju slabe saglasnosti $C^Q(a, a')$, odatle je jasno da ova razlika mora da bude u intervalu $[q_k, p_k]$. Takođe, ova funkcija teži jedinici kako se smanjuje razlika između ove dve alternative i a' se približava a i ulazi u zonu indiferencije, odnosno, teži jedinici kako se približavamo pragu preferencije (Stamenković, 2021). Nakon definisanja indeksa saglasnosti, moguće je kvantifikovati stepen u kome jedna alternativa nadmašuje drugu. Izračunavanjem ovog indeksa za svaki par alternativa formira se matrica saglasnosti, koja predstavlja osnovu za dalje uspostavljanje relacija nadmoći među alternativama.

Prednost jedne alternative u odnosu na drugu po nekom od kriterijuma, može da stvori opravdanu sumnju u ispravnost iste, bez obzira na vrednost indeksa saglasnosti. Ovde se odsustvo pojma veta smatra jednim od najvećih nedostataka. Pojam veta, $v_k, v_k > p_k$ predstavlja razliku u korist jedne opcije tako da donosilac odluke negira sve moguće relacije višeg ranga po ostalim kriterijumima (Arandarenko et al., 2020). Odnosno, veto predstavlja broj koji treba da sugeriše značajnu razliku koja će zanemariti postignuća po ostalim kriterijumima (Stamenković, 2021). Ako je $g_k(a) - g_j(a') \geq v_k$, onda je a' najmanje dobra kao a , nezavisno od njihovog poređenja po ostalim kriterijumima. U tom slučaju, g_k aktivira veto efekat na relaciju a' u odnosu na a .

Indeks nesaglasnosti se odnosi na kriterijume koji su u suprotnosti sa tvrdnjom aSa' (Figueira et al., 2013). Ovaj indeks prati razliku između kriterijuma na skupu kriterijuma gde ne važi aSa' . Ako se pojavi velika razlika, indeks nesaglasnosti aktivira veto efekat na relaciju aSa' bez obzira na vrednosti indeksa $C(a, a')$ (Del Vasto-Terrientes et al., 2015). Donosioci odluka i analitičari određuju

koja je to vrednost indeksa nesaglasnosti koja se može smatrati dovoljno visokom da aktivira veto efekat. Veto efekat se aktivira ako važi:

$$g_k(a') - g_k(a) > v_k.$$

U praksi v_k , predstavlja broj koji će sugerisati značajnu razliku koja će zanemariti postignuća po ostalim kriterijumima.

Indeks nesaglasnosti se definiše na sledeći način prema Figueira et al. (2010):

$$d_k(a, a') = \begin{cases} 1, & \text{if } g_k(a') - g_k(a) > v_k, \\ \frac{(g_k(a') - g_k(a)) - p_k}{v_k - p_k}, & \text{if } p_k < g_k(a') - g_k(a) \leq v_k, \\ 0, & \text{if } g_k(a') - g_k(a) \leq p_k. \end{cases} \quad (3.3)$$

Ako imamo u vidu sve relacije S_k , indeks saglasnosti i nesaglasnosti, može dati odgovor na pitanje kada se može smatrati da je alternativa a najmanje dobra kao a' . To se postiže definisanjem indeksa kredibiliteta.

Definicija 3.3: Indeks kredibiliteta predstavlja meru rasplinute logike za određivanje relacije između alternativa i definisan je kao:

$$\rho(a, a') = C(a, a') \prod_{\{k: d_k(a, a') > C(a, a')\}} \frac{1 - (a, a')}{1 - C(a, a')}. \quad (3.4)$$

Osobine indeksa kredibiliteta su sledeće:

- $d_k(a, a') = 1 \Rightarrow \rho(a, a') = 0$,
- $d_k(a, a') = 0 \Rightarrow \rho(a, a') = C(a, a')$,
- Kada se vrednost indeksa nesaglasnosti nalazi između dve granične vrednosti, indeks kredibiliteta se umanjuje za iznos koji odgovara proizvodu definisanom u izrazu (3.4).

Druga faza obuhvata proceduru eksploatacije. U ovoj fazi metod koristi relacije višeg ranga konstruisane u prethodnoj fazi agregacije, i ima za cilj da konstruiše i predstavi tip rezultata koji se očekuje za posmatrani problem (Figueira et al., 2013). Iz tih rezultata dalje se izvode preporuke koje zavise od prirode konkretnog problema. U okviru ELECTRE metoda faza eksploatacije sprovodi se kroz različite procedure, u zavisnosti od konkretnog metoda i prirode problema, da li je cilj izbor, rangiranje ili sortiranje alternativa. Kod ELECTRE III metode rezultat ove faze jeste rangiranje alternativa od najbolje ka najlošijoj, uz mogućnost pojave veza (*ex aequo* situacija) i neuporedivosti (inkompatibilnosti) između pojedinih alternativa.

ELECTRE III se formira kreiranjem dva parcijalna preduređenja koja nazivamo destilacije (Stamenković, 2021). Kod opadajuće destilacije selektuje se skup najboljih alterantiva i potom se spušta rangirajući naniže dok rastuća destilacija selektuje skup najlošijih alternativa krećući se naviše. Uparivanjem rezultata ove dve destilacije nastaje finalno preduređenje, a svaka destilacija formirala je rang alternativa gde alternative u okviru istog nivoa pripadaju istoj klasi ekvivalencije.

Da bi se došlo do destilacija kreira se podloga za relaciju porođenja alternativa. Za svake dve alternative i vrednost praga kredibiliteta λ_k , koristeći matricu svih vrednosti indeksa

$\rho(a, a')$, $a, a' \in A$, može se reći da je alternativa a boljeg ranga od alternative a' i onda važi $aS^{\lambda^k} a'$ ako je:

$$\rho(a, a') > \lambda_k \wedge \rho(a, a') > \rho(a, a') + s(\rho(a, a')),$$

gde je $s(\lambda)$ granična funkcija destilacije definisana kao $s(\lambda) = \alpha\lambda + \beta$; $\alpha, \beta = \text{const}$. Ovo praktično znači da relacija S^{λ^k} pokazuje da se za alternativu a može smatrati da ima viši rang od a' ako je vrednost indeksa kredibiliteta veća od praga λ_k i ako je suprotna tvrdnja $\rho(a, a')$ značajno manja.

Destilacije se kreiraju tako što se kreira particija skupa A svih alternativa i biraju se najbolje alternative za opadajuću i najlošije za rastuću destilaciju. To se može realizovati tako što se broje sve one alternative koje su višeg ranga tako što se definišu snaga i slabost alternative a . Zatim se definiše kvalifikacija alternative a , koja označava vrednost koja ukazuje na poziciju alternative u podskupu alternativa, nakon čega se od svih vrednosti kvalifikacija traži maksimalna vrednost za opadajuću i minimalna vrednost za rastuću destilaciju. Najpre se ova vrednost traži nad celim skupom A , a vremenom se skup umanjuje u skladu sa rezultatima destilacije (Stamenković, 2021). Proces se ponavlja sa preostalim alternativama dok ne ostane samo jedna alternativa ili dok se ne postigne stabilan skup alternativa.

Kada se dobiju rezultati dve destilacije spajaju se u finalno parcijalno preduređenje (Figueira et al., 2016). Alternativa koja je rangirana najviše u obe destilacije se smatra najboljom, a rangiranje se dalje nastavlja prema kombinovanim rezultatima uzlazne i silazne destilacije.

3.2.2 Višestapni benčmarking

Višestapni benčmarking je relativno nova grana benčmarkinga i bavi se pronalaženjem optimalnih puteva poboljšanja za jedinice koje se posmatraju (Petrović et al., 2018a). Bazira se na konceptu postepenog poboljšanja, jer je često idealan benčmark van dometa tj. nemoguće ga je dostići odjednom u bliskoj budućnosti. Osnovna zamisao jeste razvoj benčmarking metoda koji omogućava ostvarivanje postavljenih ciljeva kroz definisanje pomoćnih benčmarka, odnosno alternativa koje su nešto bolje, ali i dalje dostižne. Time se nastoji pružiti odgovor na pitanja od koga učiti i na koji način unaprediti performanse, budući da tradicionalni pristupi benčmarkingu, zasnovani na neposrednom ugledanju na najbolju praksu, često postavljaju ciljeve koji su u datim okolnostima teško ostvarivi. (Petrović et al., 2014)

Kao što je već navedeno, kada je u pitanju višestapni benčmarking, DEA je metod koji je najbliži (Ghahraman & Prior, 2016; Kim et al., 2023; Kohl & Brunner, 2020; Le et al., 2021; Lozano & Calzada-Infante, 2018; Ramón et al., 2020; Ruiz & Sirvent, 2019). DEA se uveliko koristi za procenu relativne efikasnosti entiteta odnosno jedinica odlučivanja. Strategija postepenog poboljšanja ne beži od postavljanja ambicioznih ciljeva, ali ne teži da ih dostigne u jednom koraku. Postavljanje međuciljeva može pomoći u merenju napretka, dok njihovo dostizanje može značiti ojačavanje jedinica odlučivanja.

Kao odgovor na postojeći istraživački jaz, u literaturi se pojavljuje metodološka pozadina koja koristi više kriterijuma za pomoć pri odlučivanju. Konkretno, metode višeg ranga su bile osnova za kreiranje putanja razvoja (Petrović et al., 2014, 2018a). *Post Factum Analiza* (PFA) (Ciomek et al., 2018; Kadziński et al., 2016) je drugi sličan pristup istraživanju, koji se prilikom kreiranja konačne preporuke, fokusira na pitanje kako se alternative mogu poboljšati tako da se preporuke promene na željeni način. Nedavno, PFA i višestapni benčmarking su se koristili zajedno u rešavanju problema koji se tiču sortiranja (Kadziński et al., 2022). U okviru savremenih istraživanja zasnovanih na

višekriterijumskom odlučivanju, u oblasti modeliranja višeetapnog benčmarkinga izdvajaju se radovi (Benabbou et al., 2021; Hubinont & De Smet, 2021), dok je sistematičan i koncizan pregled relevantnih doprinosa dat i u radu Belahcène et al. (2023). Ovi radovi doprinose daljem razvoju metodoloških okvira za modeliranje postupnog unapređenja performansi u višekriterijumskom okruženju.

Teorijski okvir koji su razvili Hubinont & De Smet (2021) usmeren je na generisanje dugoročnih scenarija unapređenja u situacijama koje obuhvataju više kriterijuma odlučivanja. Njihov pristup polazi od pretpostavke sekvencijalnog unapređenja, pri čemu se u svakom koraku procesa fokus stavlja na unapređenje jednog kriterijuma. Takvo rešenje razlikuje se od pristupa Petrović et al. (2018b) u kome je predložena evolucija performansi koja ne mora nužno biti direktno uočljiva u empirijskoj praksi. Autori se, zapravo, bave konceptualizacijom postepenog unapređenja realnih performansi, pri čemu se generiše i evaluiira više potencijalnih scenarija poboljšanja. Ovi scenariji mogu poslužiti kao osnova za kreiranje strateških akcionih planova koje donosioci odluka možda ne bi inicijalno razmatrali. Realizacija scenarija unapređenja zasniva se na diferenciranom tretmanu tri tipa strukturnih zavisnosti: pozitivne sinergije, negativne sinergije i uskih grla. Time se omogućava detaljnije sagledavanje međusobnih interakcija između kriterijuma. Metodološki, scenariji se generišu identifikovanjem skupa efikasnih rešenja problema najkraće putanje u grafu, pri čemu grane grafa predstavljaju moguće korake unapređenja, a njihova kombinacija definiše potencijalne razvojne sekvence.

Sa druge strane, u radu Benabbou et al. (2021) pažnja je usmerena na višekriterijumski problem sortiranja, koji se koristi kao polazna osnova za pronalaženje načina unapređenja date alternative uz minimizaciju troškova. Autori uvode nekoliko formalizovanih problema: problem minimalnog troška unapređenja, problem maksimalne stabilnosti dobiti i problem sekvence unapređenja uz minimalni trošak. Za njihovo rešavanje predložene su mešovite celobrojne formulacije, čime se obezbeđuje efikasna računarska implementacija. U okviru tog istraživanja razmatraju se dva ključna zadatka: prvo, identifikovanje sekvence rešenja koja minimizuje ukupne troškove, uz istovremeno poštovanje budžetskih ograničenja u svakom pojedinačnom koraku i drugo, određivanje načina modifikacije postojeće alternative radi ostvarivanja finansijskih ušteda, pri čemu se zadržava pripadnost istoj kategoriji. Na taj način, njihov rad daje značajan doprinos razumevanju dinamike unapređenja performansi u kontekstu višekriterijumskog sortiranja.

Kao što je istaknuto, napredak se ostvaruje postepeno kroz razvojne putanje. Svaka zemlja teži idealnoj putanji razvoja, koja podrazumeva ravnomerno unapređenje performansi pri svakom narednom benčmarku. Drugim rečima, idealna putanja razvoja predstavlja teorijski okvir sa uravnoteženom raspodelom poboljšanja u svakom koraku. Budući da takva putanja u realnim studijama slučaja nema praktičnu primenljivost, teži se pronalaženju optimalne putanje razvoja, odnosno one koja je najbliža idealnoj. Najnepovoljnija putanja razvoja može se jednostavno opisati kao putanja u kojoj se sav napredak ka idealnom benčmarku za svaki kriterijum ostvaruje u jednom jedinom koraku (Petrović et al., 2014).

Radi predstavljanja procesa formiranja optimalne putanje razvoja, označimo sa Π_i skup svih putanja razvoja počevši od alternative a_i do alternative koja je na najvišem nivou. Ako se pretpostavi da je $\pi \in \Pi_i$ jedina moguća putanja alternative a_i do alternative na najvišem nivou a_{i_m} , onda se putanja razvoja π sastoji od alternativa $a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_m}$, sa $a_i \equiv a_{i_1}$. U benčmarking modelu, u situaciji kada direktni benčmark nema bolje performanse od alternative sa kojom se poredi, uzimaju se performanse veće vrednosti. Modifikovane performanse alternative a_{i_s} u putanji razvoja jednake su:

$$g'_k(a_{i_s}) = \begin{cases} g_k(a_{i_{s-1}}), & \text{ako važi } g_k(a_{i_{s-1}}) > g_k(a_{i_s}), \\ g_k(a_{i_s}), & \text{inače.} \end{cases} \quad (3.5)$$

Razlika između rezultata alternativa sa uporednih nivoa performansi izračunava se kao:

$$R_{sk}^{\pi} = g'_k(a_{i_{s+1}}) - g'_k(a_{i_s}), \quad s = 1, \dots, m-1.$$

Za idealnu putanju alternative a_i , inkrementalni napredak unutar svakog koraka putanje razvoja se može zapisati:

$$\mu_k^{\pi} = \frac{\sum_{s=1}^{m-1} R_{sk}^{\pi}}{m-1} = \frac{g'_k(a_{i_m}) - g'_k(a_{i_1})}{m-1} \quad (3.6)$$

Originalni model rešava problem varijabilnosti podataka koristeći metodu višeg ranga ELECTRE MLO, izvorno baziranoj na postupku diskretizacije (Petrović et al., 2018a; Stamenković et al., 2016). U cilju izgradnje modela koji je robustniji u odnosu na osnovni metod višeg ranga, predlaže se modifikacija zasnovana na poređenju ukupne varijacije putanje razvoja primenom koeficijenta varijacije. Na taj način obezbeđuju se bezdimenzionalni pokazatelji skale, pri čemu se ne narušava nijedan aspekt niti logika na kojoj se zasniva originalni model (Krstić Srejić et al. 2024).

Traži se putanja razvoja koja je najbliža idealnoj. Za svaki kriterijum k na putanji $\pi \in \Pi_i$ prikazuje se varijacija putanje razvoja (DPV), tako što se meri koeficijent varijacije (CV) za svaki korak poboljšanja i to daje informaciju o udaljenosti od idealne putanje.

$$CV_{ik}^{\pi} = \frac{1}{m-1} \sum_{s=1}^m (R_{sk}^{\pi} - \mu_k^{\pi}) \quad (3.7)$$

Ukupna varijacija po svim kriterijumima dobija se dodeljivanjem odgovarajućih težinskih koeficijenata svakom kriterijumu:

$$DPV_i^{\pi} = \frac{\sum_{k=1}^n w_k CV_{ik}^{\pi}}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (3.8)$$

Radi identifikovanja optimalne putanje razvoja jedne alternative uvodi se relativna mera varijacije za svaku posmatranu putanju razvoja ρ_i^{π} . Termin relativna mera sugerise da će ova vrednost ukazivati na relativni položaj svake putanje u odnosu na onu koja je idealna i onu koja je najgora. Relativna varijacija putanje računa se na sledeći način:

$$\rho_i^{\pi} = \frac{DPV_i^{\pi}}{DPV_i^{worst}} \quad (3.9)$$

Ova mera ima sledeće osobine:

- a) $0 \leq \rho_i^{\pi} \leq 1$;
- b) $\rho_i^{ideal} = 0$;
- c) $\rho_i^{worst} = 1$.

Za donosioca odluke optimalna putanja razvoja je ona koja je od postojećih rešenja najbliža idealnom. ELECTRE metode predstavljaju dobru osnovu za primenu višestapnog benčmarkinga, jer između ostalog ne zavise od prirode kriterijuma. Kriterijumi mogu biti neuporedivi i konflikti. Kroz pragove preferencije i indifferencije ELECTRE metode mogu da upravljaju takvim vrstama kriterijuma. Metode višeg ranga ne zahtevaju precizno merenje kriterijuma. Ovo je korisno kod realnih problema gde podaci mogu često biti neprecizni i nepotpuni. Za neke alternative u ovim modelima se može zaključiti da su neuporedive pa onda vrlo verovatno neće biti neizvodljivih koraka u poboljšanjima u putanjama razvoja. ELECTRE III podržava analizu osetljivosti, što pomaže u razumevanju uticaja promena u težinama kriterijuma ili pragovima, pružajući dublje uvide tokom procesa uporednog ocenjivanja. Metoda pruža delimično rangiranje alternativa, što je često

realističnije u scenarijima uporednog ocenjivanja u poređenju sa potpunim rangiranjem. Ovo pomaže u identifikaciji skupa najboljih alternativa, a ne samo jedne najbolje. ELECTRE III omogućava uključivanje preferencija donosioca odluka, što je važno za prilagođavanje procesa uporednog ocenjivanja specifičnim ciljevima i kontekstima.

Za alternativu u rangiranju dobijenom primenom metode ELECTRE III posmatraju se sve alternative sa neposredno višeg hijerarhijskog nivoa koje je direktno nadmašuju i predstavljaju validne benčmarke. Ideja višeetapnog benčmarkinga nije samo da alternativa dostigne određeni hijerarhijski nivo, već da ostvari isti nivo performansi kao njen benčmark. To predstavlja znatno stroži zahtev u odnosu na pristup zasnovan na ELECTRE metodi. U okviru ELECTRE pristupa, za prelazak na viši hijerarhijski nivo bilo bi dovoljno da alternativa postane indiferentna u odnosu na alternativu sa višeg nivoa. U doktorskom istraživanju, polazeći od izvorne logike višeetapnog benčmarkinga, postavljaju se zahtevniji uslovi. Zahteva se da alternativa dostigne performanse svojih benčmarka, i to naročito onog koji je najlakše dostižan. Ovakav pristup proizlazi iz činjenice da je višeetapni benčmarking pretežno primenjivan u oblasti javnih politika. U tom kontekstu, objašnjenje da je neka zemlja „indiferentna“ u odnosu na drugu, u smislu logike relacija nadmoći, nije dovoljno jasno i intuitivno za donosioca odluka. Daleko razumljiviji cilj jeste dostizanje nivoa performansi druge zemlje, što je i predstavljalo polaznu osnovu za razvoj modela. Ipak, takav zahtev može se smatrati previše strogim. Ovo pitanje je već otvoreno u okviru višeetapnog benčmarkinga u modelima sortiranja (Kadziński et al., 2022) i predstavlja značajan pravac za buduća istraživanja i unapređenje višeetapnog benčmarkinga u primenama vezanim za probleme rangiranja.

3.3 Jednake šanse u obrazovanju: teorijske osnove

Obrazovanje u okviru Cilja 4 pomera fokus sa kvantiteta obrazovanja na kvalitet obrazovanja i jednakost. Promena pristupa osnovnom, srednjem i visokom obrazovanju koja se dešavala od sredine prošlog veka, sugerise da su danas dostupne veće mogućnosti obrazovanja. Međutim, da li su ove nove obrazovne mogućnosti podjednako raspoređene među učenicima iz različitih grupa? Da li učenici iz ruralnih sredina imaju iste šanse za kvalitetno obrazovanje kao učenici iz urbanih sredina? Literatura iz oblasti ekonomije obrazovanja ne daje jednoznačan odgovor na ova pitanja. Jedan pravac istraživanja ukazuje na postojanje trajnih nejednakosti u pristupu kvalitetnom obrazovanju, posmatrano prema karakteristikama kao što su pol, mesto stanovanja, poreklo ili socio-ekonomski status (Pfeffer, 2008). Nasuprot tome, postoje studije koje sugerisu postojanje znakova smanjenja nejednakosti kada govorimo o navedenim kategorijama učenika (Breen et al., 2009; Dorius, 2013). Posebno je značajno ispitati u kojoj meri učenici i studenti iz razvijenijih i bogatijih zemalja, kao i iz porodica sa povoljnijim socio-ekonomskim statusom, ostvaruju napredak u pogledu kvaliteta obrazovanja u poređenju sa vršnjacima iz siromašnijih zemalja i porodica sa nižim socio-ekonomskim statusom.

Jedan od faktora koji je privukao pažnju mnogih istraživača je pol učenika. Postoje najmanje tri razloga za ispitivanje rodni razlika: (1) razumevanje izvora nejednakosti; (2) poboljšanje prosečnog obrazovnog postignuća učenika; (3) unapređenje načina na koji učenici uče. Pol je jedan od faktora koji se tiče ličnih karakteristika učenika i može značajno uticati na postojanje razlika u obrazovnim postignućima u različitim domenima pismenosti. Prema rezultatima više ciklusa PISA istraživanja (*The Program for International Student Assessment*) istraživanja, dečaci u proseku postižu bolje rezultate u matematičkoj i naučnoj pismenosti i lošije rezultate u čitalačkoj pismenosti od devojčica. Zaostajanje devojčica u matematičkoj pismenosti i zaostajanje dečaka u domenu čitalačke pismenosti, raste kako prelazimo sa jednog kraja na drugi kraj raspodele talenata (Munir & Winter-Ebmer, 2018). Prema navodima autora, deo ovog rasta može se objasniti trendom rasta produktivnih mogućnosti i produktivnosti u učenju, iako značajan deo razlika i dalje ostaje bez

potpunog objašnjenja. Opšti nivo rodne nejednakosti takođe, prema rezultatima ove studije, doprinosi razlikama u obrazovnim postignućima dečaka i devojčica. Mnoge studije su se bavile rodnom nejednakostima, što zapravo i pokazuje značaj ovog faktora kada je u pitanju jednakost u postizanju rezultata (Gevrek et al., 2020; Hermann & Kopasz, 2021; Keller et al., 2022; Nieto-Isidro & Martínez-Abad, 2024).

Važan faktor u velikom broju studija je socio-ekonomski status porodica učenika, što dovodi do brojnih posledica. U proseku, socio-ekonomski status objašnjava oko 15% varijacija u obrazovnom postignuću u sva tri domena pismenosti među zemljama OECD-a. Učenici koji potiču iz boljih porodica postižu u proseku značajno bolje rezultate na PISA anketi u odnosu na učenike koji potiču iz siromašnijih porodica. Prema rezultatima PISA testiranja iz 2018. godine, u slučaju zemalja OECD, povećanje indeksa ekonomskog, socijalnog i kulturnog statusa (ESCS indeks) porodice za jednu jedinicu dovodi do povećanja obrazovnog postignuća za 38 poena, što odgovara učinku jedne školske godine (OECD, 2019c). Takođe, nekoliko izveštaja (OECD, 2019a, 2019c), pokazuje da učenici sa lošijim socio-ekonomskim statusom i do tri puta češće od učenika sa boljim socio-ekonomskim statusom neće dostići nivo pismenosti koji se smatra osnovnim. Generalno, zemlje u kojima je udeo učenika koji ne dostižu osnovni nivo pismenosti mali, teže da imaju i manje razlike među učenicima koji se nalaze na dnu i vrhu skale indeksa ekonomskog, socijalnog i kulturnog statusa porodice. Evropska komisija, stoga, izdvaja smanjenje razlika u socio-ekonomskom statusu učenika kao jedan od važnih zadataka zemalja Evropske unije u cilju napredjenja kvaliteta obrazovanja.

Bitan faktor ograničene obrazovne mobilnosti je prostorno razdvajanje. Različitost mesta stanovanja je obično praćena različitim postignućima u školama. Jedan od faktora prostornog razdvajanja jeste lokacija škola. Pojedine studije (Behrman, 2010; Fuchs et al., 2010; Gamoran & Long, 2007) ukazuju na varijacije u obrazovnim ishodima učenika koji pohađaju seoske i gradske škole. U proseku, među zemljama OECD, učenici seoskih škola postižu rezultate oko 30 poena niže od onih koje postižu učenici gradskih škola. Ova razlika se kasnije manifestuje kroz smanjene šanse i motivaciju učenika seoskih škola za dalje školovanje, odnosno sticanje najvišeg nivoa obrazovanja. Činjenica da u zemljama OECD-a, u proseku, 30% učenika iz seoskih škola očekuje da će steći visoko obrazovanje, u poređenju sa 50% učenika iz gradskih škola (OECD, 2019d) dalje ide u prilog tvrdnji.

Inkluzija je veoma važan faktor koji obezbeđuje kvalitet obrazovanja, a postizanje kvalitetnog obrazovnog sistema zahteva sprovođenje inkluzivnih politika i programa. U tom smislu, PISA definiše inkluziju u obrazovanju kao osiguranje da svi učenici steknu osnovne osnovne veštine, odnosi se na pravičnost, na raspodelu mogućnosti za sticanje kvalitetnog obrazovanja i, preciznije, na stepen do kojeg su pozadinske okolnosti povezane sa ishodima obrazovanja učenika (OECD, 2019c). PISA indeks akademske inkluzije meri kako učenici sa različitim akademskim sposobnostima i potrebama dele istu školu. Meri kako učenici iz različitih socio-ekonomskih sredina pohađaju istu školu ili stepen do kojeg različite škole imaju različite socio-ekonomske profile (OECD, 2019c). Razvoj inkluzivnog obrazovanja je veoma važan jer povećava interakciju sa vršnjacima i formira bliska prijateljstva između učenika sa i bez smetnji u razvoju. Inkluzija predstavlja jedan od ključnih faktora obezbeđivanja kvaliteta obrazovanja, a ostvarivanje kvalitetnog obrazovnog sistema podrazumeva sprovođenje inkluzivnih politika i programa. U tom smislu, PISA definiše inkluziju u obrazovanju kao obezbeđivanje da svi učenici dostignu osnovne temeljne veštine, povezujući pravednost sa raspodelom mogućnosti za sticanje kvalitetnog obrazovanja, odnosno sa stepenom u kome su porodične i društvene okolnosti povezane sa obrazovnim ishodima učenika.

PISA indeks socijalne inkluzije meri u kojoj meri učenici različitih sposobnosti i obrazovnih potreba pohađaju istu školu. Takođe, procenjuje u kojoj meri učenici iz različitih socio-ekonomskih sredina dele isti obrazovni prostor, odnosno koliko se škole međusobno razlikuju prema socio-ekonomskom profilu svojih učenika (OECD, 2019c). Razvoj inkluzivnog obrazovanja od posebnog je značaja jer podstiče interakciju među vršnjacima i doprinosi formiranju bliskih prijateljstava između učenika sa i bez smetnji u razvoju, čime se jača socijalna kohezija i jednakost obrazovnih mogućnosti.

Faktor koji utiče i na pitanje koje nas zanima jeste izdatak za obrazovanje po učeniku. Pokazatelji izdataka za obrazovanje omogućavaju korišćenje finansijskih sredstava usmerenih na obrazovanje. Izdaci po učeniku u obrazovnim institucijama zavise od visine plata nastavnika, penzijskih sistema, obima nastavnih aktivnosti i fonda časova, troškova nastavnih materijala, kao i od broja upisanih učenika u obrazovni sistem. Politike za privlačenje novih nastavnika, smanjenje prosečne veličine odeljenja ili promena obrazaca osoblja takođe su uticale na troškove po učeniku. Pomoćne usluge i aktivnosti istraživanja i razvoja, takođe utiču na nivo troškova po studentu (OECD, 2020).

3.4 Izbor kriterijuma

Četvrti cilj Agende 2030 je da se osigura inkluzivno i pravično kvalitetno obrazovanje i promoviše mogućnosti doživotnog učenja za sve. Jednakost u obrazovanju koju predstavlja Cilj 4 teži da *sva deca i mladi imaju pristup kvalitetnom razvoju, brizi i obrazovanju u ranom detinjstvu. To zahteva poboljšan pristup obrazovanju nakon srednje škole, uključujući tehničko i stručno obrazovanje, i tercijarnom obrazovanju, uključujući univerzitet, dostupnom svima.*

Inkluzija i jednakost kroz obrazovanje jesu vitalni za obezbeđivanje transformacije obrazovne agende, i prava za sigurno i kvalitetno učenje kroz život, bazirano na principima nediskriminacije, jednakosti među polovima i jednakih šansi za sve. Pri čemu, strategijski kontekst specifičnih i kulturološki senzitivnih pravnih okvira i politika mora biti uzet u obzir prilikom dostizanja veće inkluzije i jednakosti. Takođe, posebna pažnja mora biti posvećena onoj deci koja se nalaze u ranjivim kategorijama, kao što su deca ženskog pola, deca iz ruralnih područja, deca iz etički manjih grupa i slično. U okviru Cilja definisano je 10 podciljeva. Ovi ciljevi su razvijeni kroz nekoliko rundi globalnih konsultacija i sastanaka zemalja članica UN, međunarodnih i regionalnih organizacija, akademija, nevladinih udruženja i udruženja civilnog društva. Takođe, prilikom definisanja Cilja 4 sačinjena je i lista indikatora koja omogućavanja stepen napretka u ostvarenju pomenutih ciljeva.

Podcilj 4.5 u okviru Cilja 4 održivog razvoja posvećen je obrazovanju i jednakosti mogućnosti. Njegova osnovna namera jeste da se do 2030. godine eliminišu rodne nejednakosti u obrazovanju i obezbedi jednak pristup svim nivoima obrazovanja i stručnog osposobljavanja za ranjive grupe stanovništva, uključujući osobe sa invaliditetom, pripadnike autohtonih naroda i decu u posebno osetljivim životnim okolnostima.

Indikatori koji omogućavaju ostvarenje ovog cilja jesu indeksi pariteta, koji su definisani za različite važne domene koji su od značaja (npr. žensko/muško, rural/urban, najniži/najviši socio-ekonomski kvintil itd.), i to za sve nivoe obrazovanja na listi indikatora koji mogu biti dezagregirani. Ključni koncept definisanog cilja jeste jednakost. Jednakost predstavlja jednu od najistaknutijih karakteristika, i termin se odnosi na različite aspekte pravednosti. Posledično, indikatori koji se odnose na jednakost čine najveći udeo podataka neophodnih za monitoring postizanja Cilja 4 u celini. Po definiciji, indeksi pariteta zahtevaju dostupnost podataka za specifične grupe koje su od interesa za praćenje i predstavljaju odnos vrednosti određenog indikatora za dve grupe koje se posmatraju.

Između ostalog, ovi indikatori prate napredak jednakosti u mogućnostima u obrazovanju merenjem rodni razlika, efekata socio-ekonomskog statusa, lokacije, indeksa inkluzije i troškova obrazovanja. Sve u svemu, možemo razlikovati pet dimenzija kriterijuma koji se odnose na pitanje ravnopravnosti u obrazovanju: pol, socio-ekonomski status učenika, lokacija (ruralno/urbano), akademska i socijalna inkluzija i rashodi po učeniku koje obrazovne institucije imaju.

Predlog u okviru Agende ciljeva održivog razvoja jeste da se napredak u ostvarenju ovog potcilja meri korišćenjem rezultata PISA istraživanja. U skladu sa tim pristupom, u analizi će biti primenjeni indeksi pariteta, kao i indeksi socijalne i akademske inkluzije koji se izračunavaju na

osnovu PISA podataka. PISA je program koji pruža uvid u različite aspekte kvaliteta obrazovnog procesa od značaja za obrazovnu politiku i praksu, što pomaže u monitoring trenda u kojem učenici stiču znanja i veštine u različitim zemljama i po različitim podgrupama u okviru svake zemlje. PISA rezultati otkrivaju najbolje prakse u obrazovanju kroz primere zemalja koje ostvaruju najbolje rezultate na testiranju i zemalja koje beleže najveća poboljšanja u obrazovnim postignućima. Ovakvi nalazi omogućavaju kreatorima obrazovne politike da prikupne neophodne informacije o znanju i veštinama koje učenici u njihovoj zemlji stiču u poređenju sa učenicima iz drugih zemalja. Na osnovu ovoga moguće je postaviti ciljeve obrazovne politike i merljive indikatore prema drugim, po rezultatima testiranja, boljim zemljama. Obrazovanje u okviru Cilja 4 pomera fokus sa kvantiteta obrazovanja na kvalitet obrazovanja sa jednakosti, tj. obezbeđivanje da na globalnom nivou deca dostignu bar najmanji nivo pismenosti u domenu čitalačke, matematičke i naučne pismenosti. S tim u vezi, PISA je izabrana kao osnovna baza za monitoring napretka u ostvarenju Cilja 4. PISA se u odnosu na druge programe za merenje učeničkih postignuća i praćenje kretanja u pogledu kvaliteta obrazovanja razlikuje prema: (1) orijentaciji politike (veza između podataka o rezultatima testiranja učenika i podataka o karakteristikama učenika, njihovih porodica i škola koje pohađaju); (2) inovativnosti koncepta pismenosti (kapacitet učenika da primene znanja i veštine u ključnim u domenu čitalačke, matematičke i naučne pismenosti); (3) relevantnosti celoživotnog učenja (izveštavanje učenika o motivaciji, strahovima, verovanjima, strategijama); (4) regularnosti (redovno praćenje napretka u postizanju ključnih ciljeva učenja kroz cikluse testiranja).

U okviru PISA istraživanja učenici mogu ostvariti šest nivoa postignuća, pri čemu je Nivo 1 najniži, a Nivo 6 najviši nivo kompetencija na PISA skali. Posebno je relevantan udeo učenika koji dostižu najmanje Nivo 2. U PISA metodologiji Nivo 2 predstavlja osnovni prag kompetencija neophodan za punu participaciju u društvu. Na tom nivou učenici počinju da pokazuju sposobnost i inicijativu da primenjuju matematička znanja u jednostavnim, svakodnevnim situacijama. Učenici koji ne dostižu Nivo 2 klasifikuju se kao „učenici sa niskim postignućima”. Empirijski nalazi ukazuju da je za ove učenike manja verovatnoća da će završiti visoko obrazovanje i ostvariti bolje plaćena i prestižnija zanimanja u budućnosti (OECD, 2023b). Kada je reč o indeksima pariteta, analiza će obuhvatiti poređenje procenta učenika koji dostižu Nivo 2 i više u tri oblasti procene (matematika, čitanje i prirodne nauke), pri čemu će se rezultati upoređivati između dve jasno definisane grupe učenika, formirane prema kriterijumu pola, socio-ekonomskog statusa ili lokacije (ruralno/urbano).

Indeksi pariteta, generalno, definisani su kao odnos između vrednosti datog indikatora za dve različite grupe, pri čemu se u brojilac stavlja vrednost indikatora grupe koja se smatra potencijalno najugroženijom (OECD, 2019a). Uobičajeno je da se u brojilac postavlja grupa za koju je verovatnije da se nalazi u nepovoljnijem položaju. Vrednost indeksa pariteta od 1 znači da su vrednosti indikatora posmatranih grupa identične, što ukazuje na jednakost. Stepenu u kojem vrednosti indeksa pariteta odstupaju od vrednosti od 1 ukazuje na intenzitet nejednakosti. Međutim, primena indeksa pariteta nosi određena metodološka ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir. Na primer, ukoliko 40% devojčica i 50% dečaka ostvaruje postignuće iznad Nivoa 2, indeks rodne pariteta iznosi 0,8. Ukoliko se vrednosti zamene, odnosno ako 50% devojčica i 40% dečaka dostiže taj nivo, rodni paritet ima vrednost 1,25, što može stvoriti pogrešan utisak o većem stepenu rodne nejednakosti (OECD, 2020). Radi prevazilaženja ovog problema, koristiće se simetrične vrednosti koje mere apsolutno odstupanje indeksa pariteta od vrednosti 1. Na taj način formiraju se preferencijalno uređeni kriterijumi, pri čemu vrednost 0 predstavlja optimalno stanje, odnosno situaciju u kojoj je indeks pariteta jednak 1. Ovakav pristup podrazumeva gubitak informacije o tome koja grupa ostvaruje bolje rezultate (na primer, da li su to devojčice ili dečaci). Međutim, u kontekstu analize jednakosti mogućnosti, cilj istraživanja nije identifikovanje povlašćene grupe, već procena stepena odstupanja od potpune ravnopravnosti. Detaljnije o originalnim vrednostima indeksa pariteta može se naći u (OECD, 2019a).

Prva grupa kriterijuma su indeksi pariteta koji se odnose na rodnu ravnopravnost. One se odnose na različita postignuća dečaka i devojčica u tri različita predmeta u PISA anketi, čitanju, matematici i nauci. Dakle, kriterijumi koje smo izdvojili iz indeksa rodnog pariteta su:

- Rodna ravnopravnost u čitanju – g_1 ;
- Rodna ravnopravnost u matematici – g_2 ;
- Rodna ravnopravnost u nauci – g_3 .

Devojčice postižu bolje rezultate u čitanju i nauci, dok su dečaci bolji u matematici. Devojčice su u čitanju bolje za čak 30 poena u odnosu na OECD prosek. Među posmatranim zemljama najveća razlika (oko 50 poena) je u Finskoj i Makedoniji.

Socio-ekonomski indikatori su u PISA testovima mereni indeksom ekonomskog, socijalnog i kulturnog statusa (ESCS). Kriterijumi za socio-ekonomske razlike u minimalnom postignuću za čitanje, matematiku i nauku predstavljaju sledeću grupu kriterijuma:

- Socio-ekonomske razlike u minimalnom postignuću za čitanje – g_4 ;
- Socio-ekonomske razlike u minimalnom postignuću za matematiku – g_5 ;
- Socio-ekonomske razlike u minimalnom postignuću za nauku – g_6 .

Kod ovog indeksa jasno je uočljivo da bolje rezultate postižu učenici sa boljim socio-ekonomskim statusom u sve tri kategorije, čitanje, matematika i nauka.

Indeksi pariteta lokacije mere se korišćenjem PISA definicije ruralnih i urbanih područja. Ovi indeksi predstavljaju razlike u postignućima učenika u seoskim i gradskim srednjim školama za čitanje, matematiku i prirodne nauke. Odavde se takođe mogu razlikovati tri kriterijuma:

- Indeks pariteta lokacije za čitanje – g_7 ;
- Indeks pariteta lokacije za matematiku – g_8 ;
- Indeks pariteta lokacije za nauku – g_9 .

Slično kao kod prethodnog indeksa evidentno je da bolje rezultate daju učenici iz urbanih sredina.

Inkluzija podrazumeva obezbeđivanje da svi učenici, posebno oni iz nepovoljnog socio-ekonomskog okruženja ili tradicionalno marginalizovanih grupa, imaju pristup kvalitetnom obrazovanju i dostignu minimalni nivo osnovnih veština. Indeks socijalne uključenosti se izračunava kao $100 \cdot (1 - \rho)$ gde ρ predstavlja unutarklasnu korelaciju socio-ekonomskog statusa. Intraklasna korelacija definiše se kao odnos varijanse socio-ekonomskog statusa između škola i ukupne varijanse, odnosno zbira varijanse između škola i varijanse unutar škola, pomnožen sa 100 (OECD, 2019c). Na taj način meri se stepen u kome su učenici različitog socio-ekonomskog porekla raspoređeni između škola, odnosno u kojoj meri su škole međusobno diferencirane prema socio-ekonomskom profilu svojih učenika.

Indeks akademske uključenosti se računa kao $100 \cdot (1 - \rho)$ pri čemu ρ predstavlja unutarklasnu korelaciju postignuća učenika. Koeficijent intraklasne korelacije definiše se kao odnos varijanse postignuća između škola i ukupne varijanse postignuća, odnosno zbira varijanse između škola i varijanse unutar škola, pomnožen sa 100 (OECD, 2019c). Četvrta grupa kriterijuma se sastoji od dva indeksa:

- Indeks akademske uključenosti – g_{10} ;
- Indeks socijalne uključenosti – g_{11} ;

Petu grupu kriterijuma predstavlja izdvajanje za obrazovanje po učeniku – g_{12} . Izdaci po učeniku mogu značajno varirati između zemalja, a u pojedinim slučajevima niži nivo ulaganja negativno utiče na obrazovna postignuća učenika. Kao što je prethodno istaknuto, visina izdataka po učeniku u obrazovnim institucijama zavisi od niza faktora, uključujući plate nastavnika, penzijske sisteme, obim nastave i fond časova, troškove nastavnih materijala, kao i broj učenika uključenih u obrazovni sistem. Zbog toga je neophodno imati jasan uvid u ove pokazatelje, budući da adekvatno planiranje, regulisanje i usmeravanje izdataka po učeniku predstavljaju važan preduslov za obezbeđivanje jednakih obrazovnih mogućnosti.

Tabela 3.1 prikazuje originalne podatke za odabranih 12 kriterijuma za svih 37 evropskih zemalja obuhvaćenih analizom.. Korišćeni su podaci iz ankete PISA 2018. Istraživanje ne pokriva sve evropske zemlje zbog nedostatka podataka za određene kriterijume.

Tabela: 3.1 Originalni podaci za formiranje tabele performansi

Zemlja	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}	g_{12}
Albanija	1,35	1,06	1,18	0,51	0,75	0,58	0,91	0,93	0,89	72,60	70,01	1002,00
Austrija	1,13	0,99	1,03	0,70	0,70	0,69	0,99	0,91	0,95	54,90	76,70	11421,50
Belorusija	1,13	0,99	1,02	0,61	0,54	0,63	0,91	0,90	0,93	72,01	73,40	2005,97
Belgija	1,08	0,97	0,99	0,68	0,67	0,65	1,04	1,05	1,03	59,80	76,09	10497,95
Bosna i Hercegovina	1,30	1,01	1,03	0,50	0,45	0,43	0,93	0,94	0,94	68,90	83,80	1198,55
Bugarska	1,27	1,03	1,13	0,40	0,45	0,35	0,86	0,88	0,84	48,40	62,90	1207,60
Hrvatska	1,16	0,98	1,03	0,80	0,68	0,73	0,94	0,93	0,93	60,20	81,50	2247,96
Češka Republika	1,13	1,01	1,01	0,68	0,66	0,69	0,95	0,96	0,94	53,50	72,30	3262,80
Danska	1,11	1,01	1,04	0,78	0,80	0,65	1,04	1,04	1,03	87,03	85,50	11812,47
Estonija	1,07	1,00	1,01	0,90	0,88	0,89	0,96	0,96	0,97	80,80	79,50	3677,90
Finska	1,13	1,04	1,08	0,85	0,80	0,81	0,98	0,98	0,99	93,3	87,40	11076,40
Francuska	1,11	1,00	1,03	0,70	0,64	0,54	0,96	0,97	0,96	66,10	76,80	7697,85
Nemačka	1,10	1,00	1,03	0,71	0,68	0,64	1,02	1,02	1,01	52,80	73,90	7659,95
Grčka	1,22	1,04	1,09	0,63	0,57	0,63	0,93	0,94	0,93	69,10	78,10	3766,00
Mađarska	1,12	0,98	0,99	0,58	0,55	0,58	0,93	0,92	0,92	48,40	63,60	2205,20
Island	1,19	1,07	1,07	0,73	0,76	0,71	0,96	0,96	0,95	92,60	87,30	13501,00
Irska	1,07	1,00	1,02	0,84	0,78	0,76	1,00	1,00	0,99	86,80	82,80	7417,35
Italija	1,11	0,97	1,00	0,72	0,69	0,70	0,97	0,98	0,96	56,70	78,10	6151,45
Latvija	1,16	1,00	1,06	0,78	0,78	0,82	0,94	0,96	0,94	77,40	77,10	3146,95
Litvanija	1,18	1,05	1,06	0,68	0,65	0,67	0,92	0,93	0,91	64,40	74,60	2572,50
Luksemburg	1,13	0,97	1,03	0,58	0,59	0,55	0,89	0,91	0,88	70,60	72,10	17542,10
Moldavija	1,26	1,02	1,09	0,44	0,38	0,42	0,86	0,88	0,87	71,70	72,10	1685,36
Crna Gora	1,24	0,94	1,06	0,63	0,60	0,59	0,99	0,99	1,00	68,50	85,70	1201,21
Holandija	1,13	1,02	1,04	0,73	0,78	0,69	1,01	1,01	1,01	47,10	78,10	8598,10
Severna Makedonija	1,41	1,09	1,16	0,45	0,39	0,44	1,00	0,99	1,00	61,30	80,10	1245,88
Norveška	1,16	1,05	1,07	0,81	0,78	0,74	0,96	0,95	0,95	90,80	91,40	14678,10
Poljska	1,11	1,02	1,02	0,81	0,78	0,80	0,94	0,94	0,93	82,00	78,30	2818,10

Portugal	1,10	1,00	1,02	0,71	0,65	0,68	0,92	0,94	0,92	84,20	76,70	4571,70
Rumunija	1,22	0,98	1,03	0,47	0,40	0,45	0,95	0,95	0,94	57,50	70,50	985,50
Rusija	1,12	1,00	1,02	0,79	0,76	0,74	0,94	0,94	0,93	71,60	80,60	5499,99
Srbija	1,22	1,01	1,06	0,62	0,60	0,57	0,93	0,94	0,93	58,80	76,50	1300,66
Republika Slovačka	1,18	1,01	1,05	0,56	0,57	0,54	0,89	0,90	0,90	52,80	63,00	3158,80
Slovenija	1,16	1,01	1,05	0,79	0,77	0,74	0,95	0,97	0,94	55,10	75,40	6718,00
Švedska	1,11	1,02	1,04	0,77	0,73	0,71	0,99	0,99	0,98	85,10	85,60	11246,95
Švajcarska	1,12	0,99	1,03	0,68	0,76	0,70	0,92	0,94	0,93	66,60	82,20	19888,05
Ukrajina	1,16	0,97	1,01	0,63	0,54	0,63	0,92	0,91	0,92	69,30	75,20	2366,81
Velika Britanija	1,07	0,97	1,00	0,81	0,76	0,76	0,98	0,99	0,99	82,10	76,60	9008,25

Izvor: Sopstveno istraživanje

U analizi su korišćene simetrične vrednosti koje mere apsolutno odstupanje indeksa pariteta od vrednosti 1. Preračunavanja su izvršena za indeks rodnog pariteta, indeks pariteta prema socio-ekonomskom statusu (SES) i indeks pariteta prema lokaciji, kako bi se obezbedila jasna preferencijalna struktura u skladu sa zahtevima metode zasnovane na relacijama nadmoći. Na primer, originalna vrednost indeksa rodnog pariteta u domenu čitalačke pismenosti za Albaniju iznosi 1,35, pa apsolutno odstupanje od vrednosti 1 iznosi 0,35. U slučaju indeksa pariteta prema socio-ekonomskom statusu u oblasti čitanja, Estonija je prvobitno imala vrednost 0,9, što daje apsolutno odstupanje od 0,1. Takođe, iz tabele se može uočiti da originalna vrednost indeksa pariteta prema lokaciji u domenu čitanja za Bugarsku iznosi 0,86, što znači da je apsolutno odstupanje od 1 jednako 0,14. Isti postupak preračunavanja primenjen je na sve zemlje uključene u analizu. Modifikovane vrednosti prikazane su u Tabeli 3.2.

Tabela 3.2 Matrica performansi za 37 zemalja Evrope

Zemlja	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈	g ₉	g ₁₀	g ₁₁	g ₁₂
Albanija	0,35	0,06	0,18	0,49	0,25	0,42	0,09	0,07	0,11	72,6	70,01	1002,42
Austrija	0,13	0,01	0,03	0,3	0,3	0,31	0,01	0,09	0,05	54,9	76,7	11421,5
Belorusija	0,13	0,01	0,02	0,39	0,46	0,37	0,09	0,1	0,07	72,01	73,4	2005,97
Belgija	0,08	0,03	0,01	0,32	0,33	0,35	0,04	0,05	0,03	59,8	76,09	10497,95
Bosna i Hercegovina	0,3	0,01	0,03	0,5	0,55	0,57	0,07	0,06	0,06	68,9	83,8	1198,55
Bugarska	0,27	0,03	0,13	0,6	0,55	0,65	0,14	0,12	0,16	48,4	62,9	1207,6
Hrvatska	0,16	0,02	0,03	0,2	0,32	0,27	0,06	0,07	0,07	60,2	81,5	2247,96
Češka Republika	0,13	0,01	0,01	0,32	0,34	0,31	0,05	0,04	0,06	53,5	72,3	3262,8
Danska	0,11	0,01	0,04	0,22	0,2	0,35	0,04	0,04	0,03	87,03	85,5	11812,47
Estonija	0,07	0	0,01	0,1	0,12	0,11	0,04	0,04	0,03	80,8	79,5	3677,9
Finska	0,13	0,04	0,08	0,15	0,2	0,19	0,02	0,02	0,01	93,3	87,4	11076,4
Francuska	0,11	0	0,03	0,30	0,36	0,46	0,04	0,03	0,04	66,1	76,8	7697,85
Nemačka	0,1	0	0,03	0,29	0,32	0,36	0,02	0,02	0,01	52,8	73,9	7659,95
Grčka	0,22	0,04	0,09	0,37	0,43	0,37	0,07	0,06	0,07	69,1	78,1	3766
Mađarska	0,12	0,02	0,01	0,42	0,45	0,42	0,07	0,08	0,08	48,4	63,6	2205,2
Island	0,19	0,07	0,07	0,27	0,24	0,29	0,04	0,04	0,05	92,6	87,3	13501

Irska	0,07	0	0,02	0,16	0,22	0,24	0	0	0,01	86,8	82,8	7417,35
Italija	0,11	0,03	0	0,28	0,31	0,3	0,03	0,02	0,04	56,7	78,1	6151,45
Latvija	0,16	0	0,06	0,22	0,22	0,18	0,06	0,04	0,06	77,4	77,1	3146,95
Litvanija	0,18	0,05	0,06	0,32	0,35	0,33	0,08	0,07	0,09	64,4	74,6	2572,5
Luksemburg	0,13	0,03	0,03	0,42	0,41	0,45	0,11	0,09	0,12	70,6	72,1	17542,1
Moldavija	0,26	0,02	0,09	0,56	0,62	0,58	0,14	0,12	0,13	71,7	72,1	1685,36
Crna Gora	0,24	0,06	0,06	0,37	0,40	0,41	0,01	0,01	0	68,5	85,7	1201,21
Holandija	0,13	0,02	0,04	0,27	0,22	0,31	0,01	0,01	0,01	47,1	78,1	8598,1
Severna Makedonija	0,41	0,09	0,16	0,55	0,61	0,56	0	0,01	0	61,3	80,1	1245,88
Norveška	0,16	0,05	0,07	0,19	0,22	0,26	0,04	0,05	0,05	90,8	91,4	14678,1
Poljska	0,11	0,02	0,02	0,19	0,22	0,2	0,06	0,06	0,07	82	78,3	2818,1
Portugal	0,1	0	0,02	0,29	0,35	0,32	0,08	0,06	0,08	84,2	76,7	4571,7
Rumunija	0,22	0,02	0,03	0,53	0,6	0,55	0,05	0,05	0,06	57,5	70,5	985,5
Rusija	0,12	0	0,02	0,21	0,24	0,26	0,06	0,06	0,07	71,6	80,6	5499,99
Srbija	0,22	0,01	0,06	0,38	0,4	0,43	0,07	0,06	0,07	58,8	76,5	1300,66
Republika Slovačka	0,18	0,01	0,05	0,44	0,43	0,46	0,11	0,1	0,1	52,8	63	3158,8
Slovenija	0,16	0,01	0,05	0,21	0,23	0,26	0,05	0,03	0,06	55,1	75,4	6718
Švedska	0,11	0,02	0,04	0,23	0,27	0,29	0,01	0,01	0,02	85,1	85,6	11246,95
Švajcarska	0,12	0,01	0,03	0,32	0,24	0,3	0,08	0,06	0,07	66,6	82,2	19888,05
Ukrajina	0,16	0,03	0,01	0,37	0,46	0,37	0,08	0,09	0,08	69,3	75,2	2366,81
Velika Britanija	0,07	0,03	0	0,19	0,24	0,24	0,02	0,01	0,01	82,1	76,6	9008,25

Izvor: Sopstveno istraživanje

Kao što je prethodno objašnjeno, vrednosti indeksa rodnoeg pariteta, indeksa pariteta prema socio-ekonomskom statusu (SES) i indeksa pariteta prema lokaciji u slučaju potpune jednakosti iznose nula, budući da tada ne postoji razlika između dve posmatrane grupe u pogledu obrazovnih postignuća. Što je vrednost ovih indeksa veća, to je izraženija nejednakost u datoj oblasti. Na primer, iz Tabele 3.2 može se uočiti da kriterijum g_1 , koji se odnosi na indeks rodnoeg pariteta u oblasti čitalačke pismenosti, dostiže najnižu vrednost od 0,07 u Ujedinjenom Kraljevstvu, Irskoj i Estoniji, dok najvišu vrednost od 0,35 beleži Albanija, što ukazuje na najizraženiju rodnu nejednakost u čitanju u ovoj zemlji. Dalje, prema vrednosti kriterijuma g_5 , koji se odnosi na SES indeks pariteta u oblasti matematike, najpovoljnije pozicionirane zemlje su Danska i Finska, sa vrednošću indeksa od 0,20, dok je najizraženija SES nejednakost u matematici zabeležena u Moldaviji, gde indeks iznosi 0,62. Konačno, tabela pokazuje da je potpuna jednakost u pogledu indeksa pariteta prema lokaciji u oblasti prirodnih nauka ostvarena u Crnoj Gori i Severnoj Makedoniji, gde kriterijum g_9 ima vrednost nula, dok je najveća nejednakost prema lokaciji u oblasti nauke prisutna u Albaniji, sa vrednošću indeksa od 0,11.

U slučaju Srbije, vrednosti analiziranih indeksa ukazuju na umereni nivo nejednakosti u većini posmatranih dimenzija. Kada je reč o rodnom paritetu u oblasti čitalačke pismenosti g_1 , Srbija beleži vrednost od 0,22, što je znatno više u odnosu na zemlje sa najnižim nivoom rodne nejednakosti 0,07, ali niže u odnosu na zemlje sa najizraženijim disparitetima, poput Albanije 0,35. Ovakav rezultat sugerise postojanje primetne, ali ne ekstremne rodne razlike u postignućima iz čitanja. U pogledu socio-ekonomske dimenzije, vrednost SES indeksa pariteta u matematici, za Srbiju iznosi 0,40, što

ukazuje na relativno izraženu povezanost socio-ekonomskog statusa i obrazovnih ishoda. Iako ova vrednost nije na nivou najnepovoljnijih zemalja, poput Moldavije (0,62), ona je značajno viša u poređenju sa zemljama sa najnižim nivoom SES nejednakosti, kao što su Danska i Finska (0,20). To ukazuje na potrebu dodatnog adresiranja socio-ekonomskih razlika u kontekstu obrazovnih politika.

Kada je reč o lokacijskoj dimenziji u oblasti prirodnih nauka g_9 , Srbija beleži vrednost od 0,07, što znači da postoji umerena razlika u postignućima između učenika iz ruralnih i urbanih sredina. Iako ova vrednost nije visoka u apsolutnom smislu, ona odstupa od potpune jednakosti (0), kakva je zabeležena u Crnoj Gori i Severnoj Makedoniji, ali je povoljnija u poređenju sa zemljama sa izraženijom lokacijskom nejednakošću, poput Albanije (0,11). Sveukupno posmatrano, Srbija se u većini analiziranih dimenzija nalazi u sredini raspodele među evropskim zemljama, sa umerenim nivoom rodni, socio-ekonomskih i lokacijskih razlika u obrazovnim postignućima, što ukazuje na prostor za unapređenje politika usmerenih ka smanjenju nejednakosti obrazovnih mogućnosti.

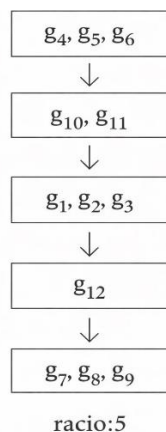
3.5 Benčmarking ciljeva održivog razvoja vezanih za obrazovanje

U cilju formiranja rangova, neophodno je definisati težine kriterijuma i pragove indifferencije i preferencije kod ELECTRE III metode. U tu svrhu sproveden je intervju sa ekspertom iz oblasti obrazovanja, sa posebnim iskustvom u metodologiji PISA istraživanja. Primena SRF (*Simon – Roy – Figueira*) metode za indirektno utvrđivanje preferencija u pogledu težina kriterijuma (Figueira & Roy 2002) omogućila je određivanje relativnog značaja svakog kriterijuma. Metod se zasniva na rangiranju kriterijuma i proceni razlika u njihovom značaju, čime se dolazi do skupa mogućih težina umesto jedne tačne vrednosti. Unapređene verzije metode dodatno omogućavaju uključivanje hijerarhijske strukture kriterijuma i rad sa nepreciznim informacijama. Time se realnije modeliraju preferencije i omogućava fleksibilnija analiza u uslovima neizvesnosti. Isti ekspert definisao je pragove indifferencije i pragove preferencije za sve kriterijume obuhvaćene analizom. U Tabeli 3.3 prikazane su vrednosti pragova preferencija i odgovarajuće težine kriterijuma, dok Slika 3.1 grafički predstavlja strukturu preferencija eksperta, uz napomenu da između pojedinih kategorija nisu korišćene dodatne „karte”, odnosno da nije predviđena dodatna diferencijacija unutar kategorija prioriteta. Ekspert smatra da ako je razlika u indeksu rodnog pariteta manja od 0,05, ona nije značajna kada se porede dve zemlje. Ali ako je ta razlika veća od 0,07, onda to treba uzeti u obzir pri određivanju preferencija. Što se tiče troškova po učeniku (g_{12}), stručnjaci se slažu da razlika od 500€ po učeniku nije značajna. Društveno-ekonomski dispariteti su identifikovani kao najvažniji, dok se indeksi pariteta lokacija smatraju najmanje važnim kriterijumima. Definisanje važnosti svakog kriterijuma jedan je od najznačajnijih problema u višekriterijumskom odlučivanju.

Tabela 3.3 Pragovi i težinski koeficijenti

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}	g_{12}
q	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	10	10	500
p	0,07	0,07	0,07	0,14	0,14	0,14	0,07	0,07	0,07	12	12	6100
w	0,081	0,081	0,081	0,135	0,135	0,135	0,027	0,027	0,027	0,108	0,108	0,054

Izvor: Podaci od eksperta



Slika 3.1 Rangiranje kriterijuma od strane eksperta

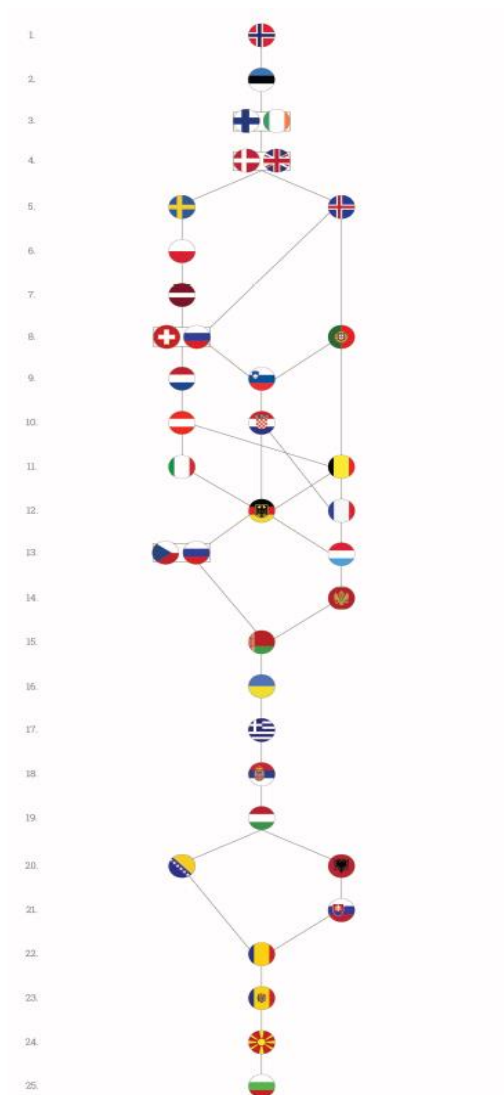
Slika 3.1 prikazuje preferencijalnu strukturu kriterijuma koju je formirao ekspert primenom SRF metode za indirektno određivanje težina. Hijerarhijski raspored kriterijuma odražava relativni značaj pojedinih grupa, pri čemu su kriterijumi g_4, g_5, g_6 ocenjeni kao najvažniji i pozicionirani na vrhu strukture. U sledećem nivou nalaze se kriterijumi g_{10} i g_{11} , zatim g_1, g_2, g_3 , dok je kriterijum g_{12} izdvojen kao zasebna kategorija nižeg prioriteta. Na poslednjem nivou rangirani su kriterijumi g_7, g_8, g_9 koji prema proceni eksperta imaju najmanju relativnu važnost u odnosu na ostale. Budući da između kategorija nisu uvedene dodatne karte, struktura odražava jasno diferencirane nivoe prioriteta bez dodatnog pojačavanja razlika među susednim grupama. Na ovaj način, ekspert je kroz SRF postupak uspostavio transparentnu i doslednu skalu relativne važnosti kriterijuma, koja predstavlja osnovu za dalju primenu metode ELECTRE III i formiranje konačnog rangiranja.

U prvom koraku primenjena je ELECTRE III metoda radi rangiranja posmatranih zemalja. Na osnovu matrica saglasnosti i nesaglasnosti formirano je parcijalno poredjenje, čime su uspostavljeni hijerarhijski nivoi performansi. Aktuelne performanse, politike i mere koje sprovodi Norveška predstavljaju referentne smernice za zemlje koje teže ostvarenju sličnih rezultata. Rang zemalja pruža korisne informacije o trenutnom stanju u oblasti jednakosti obrazovnih mogućnosti u posmatranim državama. Rang zemalja može pružiti korisne informacije o trenutnom stanju u pogledu jednakosti u obrazovnim mogućnostima u posmatranim zemljama. Na Slici 3.2 je prikazano rangiranje posmatranih evropskih zemalja.

Pozicija Norveške kao referentne zemlje nije iznenađujuća. Ideološki okviri zasnovani na konceptima jednakih prava u obrazovanju, kao i naglasak na grupnom učenju i saradničkim oblicima nastave, imaju snažan uticaj na norveški obrazovni sistem. To je, između ostalog, rezultat višedecenijske socijaldemokratske politike, čiji je cilj bio izjednačavanje društvenih i ekonomskih uslova kroz obezbeđivanje jednakog pristupa svim društvenim pozicijama, bez obzira na socio ekonomsko poreklo pojedinaca (Braathe & Otterstad, 2014). Obrazovanje u Norveškoj je u potpunosti javno organizovano, budući da država obrazovanje posmatra kao svoju obavezu i obezbeđuje besplatno školovanje za sve građane na svim nivoima obrazovanja (Garces-Voisinat, 2016). Kako se navodi u izveštaju UNESCO-a, norveški kreatori javnih politika su od kasnih tridesetih godina XX veka pa sve do devedesetih godina sistematski i dugoročno sprovodili strategije usmerene ka društvenom izjednačavanju i smanjenju nejednakosti. U tom periodu dosledno su zastupali princip jednakih prava, posebno u pogledu pristupa obrazovanju. Takva opredeljenost imala je snažan uticaj na oblikovanje institucionalnog okvira Norveške, koji je u velikoj meri usmeren na razvoj znanja i unapređenje sistema proizvodnje znanja, prepoznatih kao ključnih elemenata strategije ekonomskog rasta zemlje. Temelj socijaldemokratskog modela Norveške počivao je na uverenju da obrazovanje mora biti dostupno svima, bez obzira na društveno ili ekonomsko poreklo, čime je obrazovni sistem postavljen kao centralni mehanizam društvene mobilnosti i dugoročnog razvoja.

Neposredno iza Norveške, na vrhu parcijalnog preduređenja, nalazi se Estonija, zatim Finska i Irska. Na sledećem hijerarhijskom nivou pozicionirane su Danska i Ujedinjeno Kraljevstvo, dok se kao tri najslabije rangirane zemlje izdvajaju Moldavija, Severna Makedonija i Bugarska. Ovakav raspored ukazuje na jasnu diferencijaciju performansi među posmatranim državama u oblasti jednakosti obrazovnih mogućnosti. Dobijeno rangiranje predstavlja važnu analitičku osnovu za dalje oblikovanje i unapređenje obrazovnih politika. Kao rezultat primene metode ELECTRE III, ono omogućava sagledavanje relativne pozicije svake zemlje, dok kombinovanje sa pristupom višestapnog benčmarkinga otvara prostor za definisanje konkretnih razvojnih putanja. Na taj način identifikuju se relevantne zemlje koji mogu poslužiti kao realistične i dostižne referentne tačke za buduće reformske procese. Norveška se u ovom okviru pojavljuje kao idealni benčmark. Svaka zemlja raspolaže sa više potencijalnih razvojnih putanja ka tom idealu, pri čemu se one međusobno razlikuju po dinamici i strukturi unapređenja pojedinih kriterijuma. Kao što je prethodno naglašeno, optimalna putanja jeste ona sa minimalnom relativnom varijacijom, odnosno ona koja omogućava uravnotežen i postepen napredak kroz sve relevantne dimenzije. U tom smislu, proces unapređenja ne podrazumeva jedinstven i unapred zadat pravac, već izbor između više mogućih scenarija kojima se može ostvariti željeni nivo performansi.

Optimalna putanja razvoja može se razviti za svaku zemlju pojedinačno. Finska i Irska imaju do krajnjeg cilja jedan benčmark a to je Estonija kao što se može videti na Slici 3.2. Danska i Velika Britanija imaju dve moguće putanje razvoja, preko Finske do Estonije i Norveške ili preko Irske, Estonije i Norveške. Za Dansku je optimalna putanja razvoja preko Irske, gde je $\rho_i^\pi = 0,831$, dok je za Veliku Britaniju, optimalna putanja razvoja preko Finske, gde je $\rho_i^\pi = 0,671$. Pri tumačenju ovih rezultata od posebne je važnosti uzeti u obzir početni nivo performansi svake zemlje, budući da se varijacije mere duž celokupne razvojne putanje. Optimalna razvojna putanja odražava realne i izvodljive korake unapređenja u okviru hijerarhijske strukture, odnosno postepeno približavanje krajnjem cilju. Kao takva, ona predstavlja relevantnu osnovu za donosiocima odluka prilikom planiranja budućih mera usmerenih ka unapređenju performansi i ostvarivanju jednakosti obrazovnih mogućnosti.



Slika 3.2 Relaciono drvo jednakosti obrazovnih sistema

3.6 Rezultati i diskusija

Implikacije primenjenog modela biće detaljno razmotrene na primeru Austrije. Ova zemlja izabrana je kao reprezentativan primer države srednje pozicionirane u dobijenom rangiranju, čiji su učenici u poslednjim ciklusima PISA testiranja ostvarivali rezultate na nivou OECD proseka ili nešto ispod njega. Austrija je posebno zanimljiv slučaj jer pripada grupi visoko razvijenih evropskih zemalja koje su u prethodnim godinama povećale javna izdvajanja za obrazovanje u proseku za oko 15%, ali to povećanje ulaganja nije bilo praćeno proporcionalnim rastom učeničkih postignuća na PISA testovima. Ovakva situacija otvara važno pitanje efikasnosti ulaganja i načina na koji se finansijski resursi transformišu u obrazovne ishode. U kontekstu primene višestapnog benčmarkinga, analiza Austrije omogućava identifikovanje realističnih i dostižnih razvojnih pravaca, odnosno sagledavanje konkretnih dimenzija u kojima su potrebna unapređenja kako bi se postigao viši nivo performansi. Posebno je značajno razmotriti da li su izazovi sa kojima se Austrija suočava povezani sa strukturnim karakteristikama obrazovnog sistema, socio-ekonomskim razlikama među učenicima ili organizacionim aspektima nastave i upravljanja školama. Razmatranje optimalne razvojne putanje

za Austriju pruža uvid u to na koji način zemlja može postepeno unaprediti svoje performanse kroz poređenje sa neposredno bolje rangiranim zemljama, umesto oslanjanja isključivo na idealni benčmark. Time se omogućava definisanje faznih ciljeva koji su realno ostvarivi i prilagođeni postojećim institucionalnim i društveno-ekonomskim uslovima. Sličan analitički pristup može se primeniti i na manje razvijene evropske zemlje, poput Albanije ili Rumunije, koje su u PISA testiranju slabije pozicionirane. U njihovom slučaju, model može poslužiti kao instrument za identifikovanje prioriternih oblasti intervencije i definisanje sekvencijalnih koraka unapređenja. Na taj način, višeetapni benčmarking ne predstavlja samo tehniku rangiranja, već i strateški okvir za oblikovanje obrazovnih politika usmerenih ka postepenom i održivom smanjenju nejednakosti i unapređenju kvaliteta obrazovanja.

Austrija ima šesnaest mogućih putanja do krajnjeg cilja. Putanja sa minimalnom vrednošću relativne varijacije započinje Holandijom kao neposrednim benčmarkom, dok se na njenom daljem razvojnom pravcu nalaze Danska, Finska, Estonija i Norveška kao najviše rangirane zemlje u hijerarhiji. Optimalna razvojna putanja za Austriju karakterisana je relativnom varijacijom od 0,436. U početnoj fazi razvoja model sugerise da bi Austrija trebalo da teži dostizanju performansi svog direktnog benčmarka, Holandije. Iako se Slovenija nalazi na istom hijerarhijskom nivou kao i Holandija, primena metode zasnovane na relacijama nadmoći pokazala je da je Slovenija neuporediva sa Austrijom, te stoga ne može predstavljati relevantan referentni okvir u okviru analizirane razvojne putanje. U Tabeli 3.4 se mogu videti sve moguće putanje razvoja Austrije do postizanja krajnjeg cilja.

Tabela 3.4 Putanje razvoja za Austriju

Putanja	ρ_i^π
AT-NL-CH-LV-PL-SE-DK-FI-EE-NO	0,813
AT-NL-CH-LV-PL-SE-DK-IE-EE-NO	0,804
AT-NL-CH-LV-PL-SE-UK-FI-EE-NO	0,781
AT-NL-CH-LV-PL-SE-UK-IE-EE-NO	0,799
AT-NL-RU-LV-PL-SE-DK-FI-EE-NO	0,780
AT-NL-RU-LV-PL-SE-DK-IE-EE-NO	0,778
AT-NL-RU-LV-PL-SE-UK-FI-EE-NO	0,772
AT-NL-RU-LV-PL-SE-UK-IE-EE-NO	0,807
AT-NL-RU-IS-UK-IE-EE-NO	0,713
AT-NL-RU-IS-UK-FI-EE-NO	0,603
AT-NL-RU-IS-DK-IE-EE-NO	0,633
AT-NL-RU-IS-DK-FI-EE-NO	0,436
AT-NL-CH-IS-UK-IE-EE-NO	0,712
AT-NL-CH-IS-UK-FI-EE-NO	0,712
AT-NL-CH-IS-DK-IE-EE-NO	0,650
AT-NL-CH-IS-DK-FI-EE-NO	0,662

Izvor: Sopstveno istraživanje

Sa aspekta javnih politika, u slučaju Austrije prioritet bi trebalo da bude smanjenje socio-ekonomskih nejednakosti, pre nego fokusiranje na rodne ili ruralno-urbane disparitete. Podaci iz Tabele 3.2 ukazuju na to da Austrija i Holandija ostvaruju veoma slične rezultate u pogledu rodničkih i lokacijskih indeksa pariteta, dok su razlike znatno izraženije kada je reč o socio-ekonomskim razlikama. Austrija beleži nepovoljnije rezultate, naročito u oblasti matematike i prirodnih nauka, što sugerise snažniju povezanost socio-ekonomskog statusa učenika sa njihovim obrazovnim postignućima u odnosu na Holandiju. Drugim rečima, holandski obrazovni sistem pokazuje manju osetljivost obrazovnih ishoda na socio-ekonomsko poreklo učenika. U tom kontekstu, austrijski kreatori obrazovnih politika trebalo bi da razmotre preuzimanje određenih praksi koje se primenjuju u Holandiji, a koje su usmerene na smanjenje socio-ekonomskog jaza među učenicima. UNICEF-ova studija (Adamson 2013) ističe holandski obrazovni sistem kao primer visokog kvaliteta, ocenjujući ga kao jedan od najuspešnijih u okviru OECDa, posebno u pogledu jednakosti i niskog udela učenika sa slabim postignućima. Kao što se naglašava u publikaciji *The Dutch Way in Education: Teach, Learn & Lead the Dutch Way* (Harris & Jones 2017), centralna vrednost holandskog sistema jeste posvećenost principu pravičnosti. Ova publikacija pruža detaljnu analizu institucionalnih i

pedagoških karakteristika obrazovanja u Holandiji, predstavljajući ih kao potencijalne smernice za druge donosiocce obrazovnih politika. Dodatno, OECD-ov pregled obrazovnog sistema Holandije (OECD 2016) ukazuje na visok stepen decentralizacije, uravnotežen sistem nacionalnih ispita i snažan model finansiranja škola koji obezbeđuje dodatnu podršku učenicima iz nepovoljnog socio-ekonomskog okruženja. Nasuprot tome, austrijski obrazovni sistem često se opisuje kao izrazito centralizovan i selektivan. Upravo u tom segmentu leži prostor za unapređenje: preuzimanjem određenih elemenata holandskog pristupa, posebno u pogledu decentralizacije upravljanja, pravednijeg modela finansiranja i snažnije podrške učenicima iz ranjivih grupa, moguće je smanjiti razlike među učenicima i dugoročno unaprediti jednakost obrazovnih mogućnosti u Austriji.

Tabela 3.4 dodatno ukazuje na to da bi obrazovne politike zemalja koje se nalaze na vrhu razvojne putanje, poput Danske, Finske i Estonije, trebalo da posluže kao dugoročne smernice za reformske procese u Austriji na njenom putu ka idealnom benčmarku, Norveškoj. Podaci iz Tabele 3.4 pokazuju da Austrija ostvaruje slabije rezultate u gotovo svih 12 analiziranih kriterijuma u poređenju sa navedenim zemljama. U poređenju sa Estonijom, na primer, pozicija Austrije je naročito nepovoljnija u domenu matematičkih postignuća, pri čemu su razlike prema rodnim, lokacijskim i socio-ekonomskim disparitetima najizraženije upravo u toj oblasti pismenosti. Putanja razvoja prikazana u Tabeli 3.4 sugeriše da nordijske zemlje, posebno Danska i Finska, predstavljaju primere dobre prakse, budući da njihovi učenici već duži niz godina ostvaruju izuzetne rezultate u PISA testiranju. Jedan od mogućih razloga za takve rezultate može se pronaći u činjenici da obrazovni sistemi ovih zemalja, pored ostvarivanja standardnih ishoda definisanih kurikulumom, snažno promovišu vrednosti demokratije, inkluzije i društvene kohezije. U nordijskom modelu obrazovanja poseban akcenat stavlja se na negovanje ideje jednakosti od najranijeg uzrasta, čime se stvara osnova za pravovremeno praćenje i smanjenje različitih oblika nejednakosti kroz sistematsku podršku ciljanim grupama dece. Ovakav pristup rezultat je niza obrazovnih reformi usmerenih na povećanje socijalne inkluzije dece iz ranjivih grupa (Ahonen, 2021). Stoga ne iznenađuje činjenica da su razlike među učenicima različitog pola, mesta stanovanja ili socio-ekonomskog porekla u ovim zemljama znatno manje nego u većini drugih evropskih država. U dugoročnom smislu, austrijski kreatori obrazovnih politika mogli bi pokrenuti reforme usmerene ka usvajanju kulturnih i društvenih vrednosti karakterističnih za nordijske zemlje. Prema Heller-Sahlgren (2015) takav pristup podrazumeva posmatranje obrazovanja kao ključnog instrumenta za ublažavanje društvenih nejednakosti. Konkretno, Austrija bi, sledeći primer nordijskih zemalja, mogla razmotriti primenu modela obrazovanja zasnovanog na konceptu „Obrazovanje za sve”, u kojem su pravičnost i jednakost obrazovnih mogućnosti prepoznati kao centralni ciljevi školskog sistema i jasno integrisani u strateška dokumenta (Frønes et al., 2020). Konačno, putanja razvoja za Austriju ukazuje i na Estoniju kao zemlju od koje se mogu preuzeti pozitivna iskustva u oblasti obrazovne jednakosti. Publikacija *Lessons from Estonia's Education Success Story: Exploring Equity and High Performance Through PISA* može poslužiti kao relevantan izvor smernica za austrijske donosiocce odluka u procesu oblikovanja budućih obrazovnih politika (Mehisto & Kitsing, 2023).

Dodatni uvid u razlike između Austrije i Holandije pružaju podaci o visokim postignućima učenika (OECD, 2019c, 2019d) prema kojima je udeo učenika koji dostižu nivo 5 ili viši u matematici, čitanju i nauci viši u Holandiji nego u Austriji. Ove razlike ukazuju ne samo na viši prosečni kvalitet obrazovnih ishoda, već i na manju zavisnost postignuća od socio-ekonomskog porekla učenika. Austrijski obrazovni sistem karakterišu izražene razlike među školama, posebno prema socio-ekonomskom statusu i migrantskom poreklu učenika, što se delimično dovodi u vezu sa ranim praćenjem učenika i visokom selektivnošću sistema. Dodatni izazov predstavlja model finansiranja koji nije u dovoljnoj meri zasnovan na socio-ekonomskim kriterijumima. U tom kontekstu, uvođenje modela „finansiranja prema potrebama” moglo bi predstavljati efikasan mehanizam za smanjenje obrazovnih nejednakosti, budući da iskustva drugih OECD zemalja pokazuju da takav pristup doprinosi pravednijoj raspodeli resursa i jačanju inkluzivnosti obrazovnog sistema.

Srbija je u okviru dobijenog parcijalnog rangiranja zauzela 18. poziciju, a identifikovano je ukupno 132 putanje razvoja ka idealnom benčmarku, što ukazuje na relativno visok stepen fleksibilnosti u definisanju pravaca unapređenja. Među analiziranim putanjama, minimalna vrednost relativne varijacije ρ_i^π iznosi 0,505, što predstavlja optimalnu razvojnu putanju. Ova putanja uključuje sledeći niz zemalja: Grčka, Ukrajina, Belorusija, Češka, Nemačka, Hrvatska, Slovenija, Rusija, Letonija, Poljska, Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Finska, Estonija i Norveška kao krajnji idealni benčmark.

Struktura optimalne putanje ukazuje na nekoliko važnih aspekata. Prvo, početne faze razvoja Srbije oslanjaju se na poređenje sa zemljama koje su joj strukturno i istorijski bliže (Grčka, Ukrajina, Belorusija), što sugerise da su prvi koraci unapređenja realno dostižni i ne podrazumevaju nagli skok ka visoko rangiranim nordijskim sistemima. Drugo, srednji segment putanje uključuje zemlje centralne i jugoistočne Evrope (Češka, Nemačka, Hrvatska, Slovenija), što implicira da Srbija mora najpre dostići standarde obrazovne organizacije i inkluzivnosti karakteristične za ove sisteme pre nego što može težiti nordijskom modelu. Treće, završni deo putanje (Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Finska, Estonija, Norveška) ukazuje da dugoročna konvergencija ka idealnom benčmarku podrazumeva usvajanje politika koje karakterišu visoko inkluzivne i decentralizovane obrazovne sisteme sa snažnim mehanizmima podrške ranjivim grupama. Važno je naglasiti da optimalna putanja Srbije ne podrazumeva direktno poređenje sa Norveškom u ranoj fazi razvoja, već postepeno približavanje kroz niz postepenih benčmarka. Upravo ova karakteristika potvrđuje prednost višestapnog benčmarkinga u odnosu na tradicionalni pristup, jer se sprečava mehaničko preuzimanje modela najuspešnijih sistema bez prethodne izgradnje odgovarajućih institucionalnih i sistemskih pretpostavki.

Za razliku od Austrije, koja pripada grupi visoko razvijenih zemalja sa relativno visokim izdvajanjima po učeniku, Srbija se suočava sa kombinacijom ograničenih finansijskih resursa i izraženijih socio-ekonomskih dispariteta. S obzirom na to da su kriterijumi koji se odnose na socio-ekonomske razlike ocenjeni kao najvažniji u hijerarhijskoj strukturi jasno je da upravo socio-ekonomska nejednakost predstavlja ključni faktor koji ograničava bolju poziciju Srbije u rangiranju. Kriterijum g_{12} u slučaju Srbije iznosi 1300,66, što je višestruko niže u poređenju sa nordijskim zemljama i Austrijom. Ipak, prema strukturi težina u modelu, ovaj kriterijum nema dominantan značaj, što ukazuje na to da samo povećanje ukupnih izdvajanja ne garantuje unapređenje pozicije u rangiranju ukoliko se istovremeno ne smanjuju socio-ekonomske razlike.

Na osnovu strukture modela i identifikovane razvojne putanje može se zaključiti da prioriteti Srbije u oblasti javnih politika treba da budu usmereni, pre svega, na smanjenje socio-ekonomskih dispariteta, koji u modelu imaju najveću težinu. To podrazumeva sprovođenje ciljanih intervencija u školama koje funkcionišu u nepovoljnim sredinama, pružanje dodatne podrške učenicima iz porodica nižeg socio-ekonomskog statusa, kao i jačanje programa podrške u matematici i prirodnim naukama. Konačno, razvojna putanja ukazuje na potrebu postepene institucionalne modernizacije, pri čemu bi Srbija trebalo da se u početnoj fazi ugleda na zemlje srednje Evrope, pre nego na nordijski model, što podrazumeva unapređenje standardizacije evaluacije, jačanje kvaliteta nastavničkog kadra i sistemsko smanjenje segregacije po socio-ekonomskom osnovu.

Višestapni benčmarking ukazuje da Srbija ne može preskočiti razvojne faze niti direktno imitirati idealni benčmark, već mora prolaziti kroz sekvencijalne institucionalne reforme. Optimalna razvojna strategija ne podrazumeva neposredno približavanje nordijskom modelu, već postepeno napredovanje kroz zemlje sličnog institucionalnog i ekonomskog konteksta, uz paralelno smanjenje socio-ekonomskih dispariteta koji, prema strukturi težina modela, imaju presudan uticaj na ukupnu poziciju Srbije.

Analiza matrice performansi pokazuje da Srbija ostvaruje srednji nivo rezultata u domenu jednakosti obrazovnih mogućnosti, ali uz izražene strukturne slabosti koje ograničavaju brže približavanje najinkluzivnijim sistemima. Rodne razlike su umerene, naročito u oblasti čitalačke

pismenosti, dok su socio-ekonomske razlike znatno izraženije i predstavljaju ključni ograničavajući faktor daljeg napretka. Vrednosti kriterijuma pariteta prema socio-ekonomskom statusu u čitanju, matematici i prirodnim naukama ukazuju na snažnu povezanost obrazovnih ishoda i porodičnog porekla učenika. Budući da su upravo ovi kriterijumi, primenom SRF metode, rangirani kao najznačajniji u hijerarhijskoj strukturi modela, jasno je da socio-ekonomska dimenzija dominantno oblikuje razvojnu putanju Srbije.

U poređenju sa zemljama na višim nivoima hijerarhije, Srbija zaostaje pre svega u sposobnosti sistema da kompenzuje početne nepovoljnosti učenika. Dok u nordijskim zemljama obrazovni sistem funkcioniše kao mehanizam ublažavanja društvenih razlika, u Srbiji on i dalje u značajnoj meri reprodukuje postojeće nejednakosti. To implicira potrebu za ciljanim intervencijama u školama koje deluju u nepovoljnim sredinama i razvojem politika koje smanjuju zavisnost obrazovnih ishoda od porodičnog statusa, posebno u oblasti matematike i prirodnih nauka.

Iako su izdvajanja po učeniku znatno niža u odnosu na visoko rangirane zemlje, sam nivo ulaganja, prema strukturi težina modela, nije presudan ukoliko nije praćen efikasnim mehanizmima raspodele sredstava. Stoga povećanje budžetskih izdvajanja, iako poželjno, neće biti dovoljno bez reforme načina finansiranja obrazovnih institucija. Uvođenje modela finansiranja prema potrebama, koji obezbeđuje dodatne resurse školama sa većim udelom učenika iz ranjivih grupa, moglo bi predstavljati ključni instrument za smanjenje dispariteta.

Sveukupno posmatrano, Srbija se u većini analiziranih dimenzija nalazi u sredini raspodele među evropskim zemljama, sa relativno povoljnim rezultatima u pojedinim segmentima rodne ravnoteže, ali sa izraženim slabostima u domenu socio-ekonomskih nejednakosti i finansijskih kapaciteta sistema. Prema strukturi performansi, Srbija je najbližija zemljama srednje i jugoistočne Evrope, dok u odnosu na nordijske i druge visoko inkluzivne sisteme beleži značajno odstupanje. Ključni strateški izazov stoga nije imitacija najuspešnijih modela, već transformacija obrazovnog sistema iz mehanizma reprodukcije društvenih nejednakosti u instrument njihovog sistematskog ublažavanja, čime bi se stvorili temelji za dugoročno održiv i inkluzivan razvoj u skladu sa ciljevima održivog razvoja.

Evaluacija škola treba da bude deo šire nacionalne strategije koja podrazumeva usklađivanje politika, finansiranja i mehanizama praćenja, kako bi se ojačali kapaciteti škola za kontinuirano unapređenje. U tom smislu, preporučuje se razvoj jedinstvenog nacionalnog okvira za unapređenje škola, koji bi obezbedio veću koherentnost i kontinuitet u sprovođenju obrazovnih politika. Poseban akcenat stavlja se na jačanje školskog liderstva kroz profesionalizaciju uloga direktora i njihovih timova, kao i na razvoj sistema podrške i profesionalnog usavršavanja nastavnika. Takođe, neophodno je obezbediti adekvatno finansiranje i razviti akcione planove sa jasno definisanim merama i budžetima. Dodatno, preporučuje se uspostavljanje centralizovane platforme za razmenu resursa i dobrih praksi, čime bi se unapredila saradnja među školama i olakšao pristup alatima za evaluaciju i unapređenje nastave. U cilju unapređenja kvaliteta obrazovanja, preporučuje se prelazak ka pristupu koji je više usmeren na učenika, kroz razvoj smislenijih oblika evaluacije i pružanje konstruktivne povratne informacije. To podrazumeva reviziju nacionalnog okvira za ocenjivanje, jačanje kompetencija nastavnika u oblasti procene učenja, kao i usklađivanje sistema ocenjivanja sa kurikulumom zasnovanim na kompetencijama. Takođe, unapređenje završnih ispita i uvođenje nove mature može doprineti većoj pravičnosti i pouzdanosti sistema, kao i boljoj pripremljenosti učenika za nastavak obrazovanja (Maghnouj et al., 2020).

4 MERENJE EFIKASNOSTI I BENČMARKING NACIONALNIH SISTEMA ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA

4.1 Uvod

Inovacije danas predstavljaju ključni pokretač ekonomskog rasta i temelj su održivog razvoja savremenih društava. Iako koncept inovacija kao instrumenta za unapređenje konkurentnosti nije nov, savremeni trendovi usmereni su ka razvoju efikasnih i održivih mehanizama za njihov transfer u privredu i društvo. O važnosti inovacija za održivi razvoj svedoči i činjenica da je jedan od sedamnaest ciljeva Agende održivog razvoja do 2030. godine (Cilj 9), u potpunosti posvećen izgradnji otporne infrastrukture, podsticanju inkluzivne i održive industrijalizacije i promovisanju inovacija (United Nations, 2015).

Cilj 9 je izgrađen na tri stuba, infrastrukturi, promovisanju inkluzivne i održive industrije i inovacijama, koji su međusobno snažno povezani i dele zajednički cilj postizanja društveno inkluzivnog i ekološki održivog ekonomskog razvoja. Postizanje Cilja 9 do 2030. godine zahtevaće rešavanje mnogih pitanja koja se odnose na ograničene resurse, posebno kod zemalja u razvoju i najmanje razvijenih zemalja. Zemlje će morati da ojačaju svoje sposobnosti i istraže nove načine za rešavanje razvojnih izazova uključivanjem različitih aktera, procesa i tipova upravljanja, izvora finansiranja i podsticanja saradnje između zainteresovanih strana, sektora i regiona. Cilj 9 zasniva se na tri ključne tematske oblasti. Prva se odnosi na obezbeđivanje transportne, informacione i komunikacione infrastrukture, koje predstavljaju važan preduslov razvoja u skladu sa ovim ciljevima. Druga tematska oblast naglašava da je razvoj industrijalizacije ključ održivog ekonomskog rasta i unapređenja nivoa društvenog blagostanja. Treća oblast obuhvata nova tehnološka rešenja i razvoj novih veština u skladu sa inovacijama, kao centralne determinante savremenog razvoja (Küfeoğlu, 2022). Detaljnije o ovom Cilju može se pročitati u (Hales & Birdthistle, 2022; Silva et al., 2026; Velazquez, 2021).

Nacionalni sistemi istraživanja i razvoja (I&R) imaju centralno mesto u ostvarivanju ovog cilja, jer omogućavaju stvaranje novih znanja, razvoj tehnologija i kreiranje rešenja koja odgovaraju savremenim izazovima održivosti. Efikasan sistem I&R predstavlja osnovu za dugoročni privredni rast, tehnološki napredak i društveni prosperitet (Brandli et al., 2024). Međutim, u zemljama u razvoju i najmanje razvijenim državama, ograničeni resursi i slabi institucionalni kapaciteti predstavljaju prepreku za postizanje ovog cilja, što dodatno naglašava potrebu za merenjem efikasnosti i identifikacijom najboljih praksi putem benčmarkinga.

U okviru Agende 2030, naročita pažnja posvećena je cilju 9.5, koji podrazumeva značajno unapređenje naučnih istraživanja i tehnoloških kapaciteta industrijskih sektora u svim zemljama, posebno u zemljama u razvoju, podsticanje inovacija i značajno povećanje broja radnika u oblasti istraživanja i razvoja kao i javna i privatna ulaganja u istraživanje i razvoj. Ulaganja u I&R prepoznata su kao instrument unapređenja produktivnosti, podsticanja održivog razvoja i smanjenja globalnih razlika u stepenu razvijenosti. Prema podacima UNESCO Instituta za statistiku, ukupna globalna izdvajanja za I&R iznosila su preko 2,4 trilion USD u 2021. godini, dok je udeo I&R u svetskom BDP-u dostigao 1,93%. Broj istraživača globalno iznosi više od 1300 na milion stanovnika, s tim da Evropa i Severna Amerika beleže proseke veće od 4000 istraživača na milion stanovnika. Iako žene čine približno 33% istraživačkog kadra, ovaj pokazatelj i dalje ukazuje na izraženu rodnu neravnopravnost u nauci. Učešće proizvodnje srednje i visoke tehnologije u ukupnoj proizvodnji iznosilo je 50% u razvijenim i 42% u zemljama u razvoju, dok su najmanje razvijene zemlje na znatno nižem nivou, svega 9%. U periodu nakon 2015. godine, broj istraživača na globalnom nivou beleži stabilan rast, sa prosečnom godišnjom stopom od 4,3%, pri čemu se gustina istraživača povećala sa 1 137 na 1 420 istraživača na milion stanovnika do 2022. godine. Istovremeno, globalna ulaganja u istraživanje i razvoj rasla su po prosečnoj godišnjoj stopi od 5,1% u periodu od 2015. do 2022. godine, uprkos negativnim efektima pandemije COVID-19. Broj istraživača na globalnom nivou beležio je kontinuiran rast u periodu od 2015. do 2022. godine, sa prosečnom godišnjom stopom povećanja od 4,3%. Posmatrano relativno, broj istraživača na milion stanovnika porastao je sa 1 137 u 2015. godini

na 1 420 u 2022. godini. Kada je reč o rodnoj strukturi, žene su i dalje nedovoljno zastupljene u globalnoj istraživačkoj populaciji, čineći 31,1% ukupnog broja istraživača u 2022. godini. Ove mere predstavljaju ključni preduslov za unapređenje održivih, inkluzivnih i na dokazima zasnovanih rešenja za globalne izazove, u skladu sa principom da niko ne bude izostavljen (OECD, 2023a; United Nations, 2025).

Pandemija COVID-19 imala je dubok uticaj na globalnu ekonomiju, ali je istovremeno potvrdila otpornost sektora visoke tehnologije. Iako su industrije srednje i visoke tehnologije brže uspele da se oporave, pandemija je produbila jaz u inovacionim kapacitetima između razvijenih i nerazvijenih ekonomija (Brandli et al., 2024; United Nations, 2023). Pandemija je značajno podstakla bržu primenu digitalnih tehnologija i modela rada na daljinu u brojnim industrijskim sektorima. Iako ovakav proces digitalne transformacije može doprineti povećanju efikasnosti i jačanju inovacionog potencijala, on ujedno razotkriva postojeće strukturne nejednakosti u dostupnosti tehnoloških resursa i digitalne infrastrukture, posebno u ruralnim i slabije razvijenim sredinama. Ovaj jaz postavlja izazove za globalnu ravnotežu u istraživačkom sektoru i potrebu za jačim ulaganjima u istraživanje i razvoj, posebno u manje razvijenim regionima.

U takvim okolnostima nameće se potreba za sistematskim analitičkim pristupima koji omogućavaju objektivno sagledavanje performansi nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, kao i identifikovanje razlika u efikasnosti među zemljama. Merenje efikasnosti predstavlja važan instrument za procenu načina na koji se raspoloživi resursi u oblasti istraživanja i razvoja transformišu u inovacione rezultate. Istovremeno, primena benčmarkinga omogućava identifikovanje najboljih praksi i utvrđivanje potencijalnih pravaca unapređenja politika inovacija i tehnološkog razvoja. Posebno je značajno koristiti metodološke pristupe koji omogućavaju simultano razmatranje više ulaznih i izlaznih promenljivih, budući da su procesi stvaranja inovacija kompleksni i višedimenzionalni. U tom kontekstu, kvantitativne metode za merenje relativne efikasnosti predstavljaju važan analitički alat za evaluaciju performansi istraživačko-inovacionih sistema i identifikovanje prostora za unapređenje njihovog funkcionisanja.

Analiza obavljanja podataka (DEA) predstavlja metodu koja se široko koristi u svrhu benčmarkinga. Korišćenjem DEA metoda ocenjuju se performanse jedinica odlučivanja (*Decision Making Units* – DMU) iz perspektive benčmarkinga, pri čemu se postavljaju ciljevi i određuje granica efikasnosti. Benčmarking zasnovan na DEA pristupu omogućava nam da definišemo ciljeve koji predstavljaju najbolju praksu, uz istovremeno razmatranje tehničkih mogućnosti koje su ostvarive u trenutku evaluacije performansi (Cook et al., 2014, 2019; Kohl & Brunner, 2020; Ruiz & Sirvent, 2019). U doktorskom istraživanju koristiće se proširena verzija DEA metode, konkretno DEA window analiza (Charnes & Cooper, 1984; Klopp, 1985), koja, za razliku od tradicionalnog DEA pristupa, uključuje vremensku komponentu. DEA window analiza biće primenjena za izračunavanje relativnih efikasnosti zemalja Evrope u pogledu korišćenja resursa za istraživanje i razvoj, kako bi se sagledalo trenutno stanje u posmatranim zemljama i identifikovali ključni aspekti za dalje poboljšanje sektora inovacija. Ove analize doprineće formulisanju preporuka koje će omogućiti brži ekonomski rast i unapređenje inovativnosti na nacionalnom nivou.

Merenje efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja i njihovo poređenje putem benčmarkinga kroz DEA metod omogućava identifikaciju ključnih faktora uspeha i smernica za unapređenje inovacionih kapaciteta. Zemlje koje razvijaju snažne naučnoistraživačke infrastrukture i politike podrške inovacijama beleže veći napredak u domenu industrijalizacije i digitalne transformacije. Upravo zato je benčmarking, kao sistematska metoda poređenja sa najboljim praksama, široko prihvaćen i primenjivan u kreiranju ekonomskih politika.

Problematika merenja efikanosti industrije je važna i za ekonomske teoretičare i za one koji se bave javnim politikama i donosiocima ekonomskih odluka. Ako se teorijski argumenti o relativnoj efikasnosti različitih ekonomskih sistema žele podvrgnuti empirijskom testiranju, od suštinske je važnosti moći izvršiti neka stvarna merenja efikasnosti. Takođe, ako se ekonomsko planiranje bavi

određenim industrijama, važno je znati koliko daleko se od određene industrije može očekivati povećanje izlaza jednostavnim povećanjem njene efikasnosti, bez dodatnog korišćenja resursa.

Glavni cilj istraživanja jeste sprovođenje benčmarking analize efikasnosti evropskih zemalja u oblasti inovativnosti i ključnih indikatora, kako bi se stekao uvid u njihov napredak ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Na osnovu rezultata analize, predstavice se preporuke za unapređenje sektora istraživanja i razvoja posmatranih nacionalnih ekonomija, s ciljem podsticanja ekonomskog rasta i dugoročnog prosperiteta. Poseban akcenat biće stavljen na identifikaciju oblasti u kojima je potrebno proširiti, unaprediti ili održati postojeći nivo ulaganja u istraživanje i razvoj. Merenje efikasnosti zemalja u domenu inovativnosti nije samo od suštinskog značaja za praćenje napretka ka ostvarenju ciljeva održivog razvoja, već omogućava i prepoznavanje područja koja zahtevaju poboljšanja. Upoređivanjem sa efikasnijim zemljama, moguće je identifikovati najbolje prakse i strategije koje mogu doprineti jačanju naučnoistraživačkih kapaciteta, što posredno vodi ka povećanju produktivnosti preduzeća i industrijskom razvoju na nacionalnom nivou.

4.2 Metodološki okvir

4.2.1 Analiza obavijanja podataka

Analiza obavijanja podataka je neparametarska metoda za merenje efikasnosti jedinica odlučivanja kao što su kompanije, javni sektor, nacionalne ekonomije. Zastupljena je i kada se radi o efikasnosti organizacionih jedinica kao što su bolnice, škole, banke, a gde postoji više različitih ulaznih i izlaznih jedinica (Boussofiane et al., 1991). Njeni tvorci su Charnes, Cooper i Rhodes oslanjajući se na istraživanja Majkl Džejmsa Farela (Farrell, 1957). Njegove mere bile su primenljive na sve proizvodne organizacije, od onih najmanjih pa do celokupnih ekonomskih sistema. Nažalost, nedostatak ovakvog pristupa je to što je Farel model svodio na situacije sa jednim izlazom. DEA meri efikasnost j -te jedinice odlučivanja kao maksimalnu vrednost količnika ponderisane sume izlaza i ponderisane sume ulaza (Charnes et al., 1978). Ulazi i izlazi mogu biti različitog karaktera i forme i zahtevaju samo ordinalna merenja. Na najjednostavniji način može se objasniti kao formiranje skupa onih jedinica odlučivanja koje pokazuju najbolju praksu unutar skupa uporedivih jedinica odlučivanja i koje formiraju granicu efikasnosti (Cook & Seiford, 2009).

Više ulaza se svodi na jedan "virtuelni" ulaz i više izlaza se svodi na jedan "virtuelni" izlaz koristeći težinske koeficijente. Naziv *Analiza obavijanja podataka* dolazi upravo od toga što metoda analizira svaku jedinicu odlučivanja i proverava da li je njene ulazne promenljive moguće obaviti odozdo (date izlazne promenljive moguće je postići sa manjom količinom ulaznih promenljivih) imajući u vidu vrednost ulaznih promenljivih preostalih jedinica, kao i da li je moguće njene izlazne promenljive obaviti odozgo (sa datim ulaznim promenljivim moguće je proizvoditi veće izlazne promenljive) na osnovu vrednosti izlaznih promenljivih preostalih jedinica. Tako se za razliku od tipičnih statističkih metoda, analiza obavijanja podataka zasniva na ekstremnim opažanjima, upoređujući svaku jedinicu odlučivanja samo sa onom najboljom. Ako je jedinicu moguće obaviti ona je relativno neefikasna, a ako nije, ona učestvuje u formiranju granice efikasnosti koja predstavlja ekvivalent za graničnu funkciju proizvodnje. Može se zaključiti da analiza obavijanja podataka predstavlja skup modela i metoda koji se zasnivaju na linearnom programiranju koji obezbeđuje sredstva za izračunavanje efikasnosti jedinica odlučivanja u okviru grupe organizacija. Efikasnost koja se izračunava ovom metodom je relativna (Charnes et al., 1994). Efikasnost se kreće od 0 do 1, a svako odstupanje od 1 se pripisuje višku ulaza ili manjku izlaza. DEA metoda se, pored svoje primene u teoriji proizvodnje u ekonomiji, koristi i za benčmarking u operacionom menadžmentu. U tom kontekstu, efikasne jedinice ne moraju nužno formirati klasičnu proizvodnu granicu, već mogu

definisati granicu najboljih praksi. Međutim, ove karakteristike ne predstavljaju ulaze i izlaze u tradicionalnom smislu proizvodnje, već se koriste kao indikatori performansi. Upravo zbog toga je važno pažljivo odabrati i klasifikovati promjenljive kako bi DEA analiza pružila validne rezultate u kontekstu benčmarkinga (Cook et al., 2014). Ako se DEA koristi za benčmarking, tada se ulazi često odnose na pokazatelje performansi koje treba minimizirati, dok su izlazi pokazatelji koje treba maksimizirati. Važne pretpostavke na kojima počiva validna primena DEA modela su definisane načelom *homogenosti* tj. sličnosti jedinica odlučivanja, osobinom *pozitivnosti* ulaznih i izlaznih promjenljivih, osobinom *izotonosti* koja podrazumeva da povećanje nekog ulaza rezultuje u istom povećanju izlaza bez smanjenja bilo kog drugog ulaza, kao i optimalnim brojem ulaznih i izlaznih promjenljivih koji u potpunosti meri učinak jedinica odlučivanja i zajednički je za sve jedinice odlučivanja (Charnes et al., 1994).

DEA metod je našao primenu u mnogim oblastima (Emrouznejad & Yang, 2018; Liu et al., 2013), poput bankarstva (Paradi & Zhu, 2013; Wanke et al., 2023; Wanke & Barros, 2014), zdravstvenog sistema (Borzée et al., 2025; Mahmoodirad et al., 2025; Omrani et al., 2022), lokalne samouprave (Narbón-Perpiñá & De Witte, 2018), transporta (Mahmoudi et al., 2020), nacionalnih inovacionih sistema i sistema istraživanja i razvoja (Chen et al., 2018; Kou et al., 2016; Lee & Park, 2011; Mimović et al., 2019) i obrazovanja (Johnes, 2006; Munoz, 2016), energetske efikasnosti (Zhou et al., 2019). Za svaku od oblasti na koju može da se primeni potrebno je uglavnom vršiti određena prilagođavanja ovog modela. Zbog toga se iz primarnog DEA modela do danas razvio priličan broj različitih modela analize obavljanja podataka. Oni se grupišu na razne načine u zavisnosti od orijentacije, tipa prinosa na obim, projekcije na granicu efikasnosti i osetljivosti na primenu ulaznih podataka. Neki od njih uključuju i vremenske serije. DEA modeli mogu da imaju dva oblika, mogu biti ulazno ili izlazno orijentisani. Ulazna orijentacija ima za cilj da se minimiziraju ulazi potrebni za stvaranje tražene količine izlaza. S druge strane, izlazna orijentacija teži maksimiziranju izlaza pri zatom nivou ulaza (Charnes et al., 1978). Primenjuje se na probleme koji se oslanjaju na homogene jedinice koje procenjuju, na skup ulaza i izlaza, na njihove merne jedinice i težine koje se dodeljuju u analizi (Dyson et al., 2001).

Najjednostavniji prikaz efikasnosti u slučaju kada organizacije imaju više nesrazmernih ulaza i izlaza koji se inkorporiraju u jedinstvenu meru je (Boussofiane et al., 1991):

$$Efikasnost = \frac{\text{ponderisana suma izlaza}}{\text{ponderisana suma ulaza}}$$

Ovakva definicija zahteva definisanje skupa težinskih koeficijenata što može biti težak zadatak, naročito ako se traži zajednički skup težinskih koeficijenata koji se primenjuje na skup organizacionih jedinica. Ovaj problem se može rešiti tvrdnjom da pojedinačne jedinice mogu imati svoje posebne sisteme vrednosti i stoga mogu legitimno definisati svoj poseban skup pondera.

Relativna efikasnost u okviru DEA metodologije zasniva se na ideji tehničke efikasnosti, pri čemu se jedinica odlučivanja smatra efikasnom ukoliko nije moguće poboljšati nijedan njen ulaz ili izlaz bez istovremenog pogoršanja barem jednog drugog ulaza ili izlaza. S obzirom na to da u većini empirijskih primena teorijski maksimalni nivoi efikasnosti nisu poznati, efikasnost se procenjuje isključivo u odnosu na posmatrani skup uporedivih jedinica, odnosno na osnovu dostupnih podataka. Takav pristup omogućava ocenjivanje performansi bez potrebe za unapred definisanim težinskim koeficijentima ili korišćenjem cena, kao i bez eksplicitnog specificiranja funkcionalnih odnosa između ulaza i izlaza. Na taj način DEA obezbeđuje fleksibilan okvir za merenje relativne tehničke efikasnosti, koji se po potrebi može proširiti i na druge oblike efikasnosti ukoliko su raspoloživi dodatni podaci. (Cooper et al., 2011).

Charnes, Cooper & Rhodes (1978), razvili su DEA modele koji su tokom godina dalje unapređivani i modifikovani, u skladu sa razvojem teorijskih saznanja i promenama metodoloških pristupa. Među najznačajnijim proširenjima izdvajaju se modeli sa konstantnim prinosima na obim i modeli sa varijabilnim prinosima na obim.

- *DEA model sa konstantnim prinosom na obim (Constant returns to scale – CRS)*

Glavna pretpostavka DEA modela sa konstantnim prinosima na obim jeste da je odnos između ulaza i izlaza linearan i proporcionalan. To podrazumeva da se povećanjem ili smanjenjem svih ulaza u određenoj proporciji, izlazi menjaju u istoj proporciji. Drugim rečima, model polazi od pretpostavke da obim poslovanja ne utiče na efikasnost proizvodnog procesa, već da su sve jedinice odlučivanja uporedive bez obzira na njihovu veličinu. U okviru ove pretpostavke, svako odstupanje od granice efikasnosti tumači se isključivo kao posledica tehničke neefikasnosti, a ne kao rezultat nepovoljne ili povoljne veličine jedinice. Na taj način, CRS model omogućava procenu ukupne tehničke efikasnosti, ali ne pravi razliku između čiste tehničke neefikasnosti i neefikasnosti koja proizilazi iz neadekvatnog obima aktivnosti.

Pretpostavlja se da postoji n jedinica odlučivanja koje se ocenjuju. Svaka jedinica odlučivanja koristi različite količine m ulaza za proizvodnju s izlaza. Konkretno, DMU_j koristi x_{ij} ulaza i i proizvodi y_{rj} izlaza r . Polazi se od pretpostavke nenegativnosti svih ulaznih i izlaznih veličina, uz dodatni uslov da svaka jedinica odlučivanja ima najmanje jedan ulaz i jedan izlaz sa pozitivnom vrednošću.

Charnes et al., (1978) su uveli relativnu efikasnost posmatrane jedinice odlučivanja $j = 0$, koja meri ratio izlaza i ulaza u poređenju sa istim odnosima svih ostalih jedinica odlučivanja $j = 1, 2, \dots, n$. Efikasnost posmatrane jedinice odlučivanja meri se odnosom virtuelnog izlaza i virtuelnog ulaza, pri čemu je vrednost ovog odnosa funkcija izabranih težinskih koeficijenata. Maksimizacija navedenog odnosa predstavlja funkciju cilja odgovarajućeg optimizacionog problema, koja se simbolički zapisuje kao:

$$\max h_0(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (4.1)$$

Gde težinski koeficijenti u_r i v_i predstavljaju promenljive modela, dok su y_{r0} i x_{i0} empirijski posmatrane vrednosti izlaza i ulaza za DMU_0 , odnosno posmatranu jedinicu odlučivanja.

Skup normalizovanih ograničenja uspostavlja uslov prema kojem odnos virtuelnog izlaza i virtuelnog ulaza za svaku jedinicu odlučivanja, uključujući i $j = 0$, mora biti manji ili jednak jedinici. U model se uvode i sledeća ograničenja:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 0, 1, \dots, n;$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, \forall i.$$

U prikazanim definicijama imamo da je:

y_{rj} = količina izlaza r za jedinicu odlučivanja j ,

x_{ij} = količina ulaza i za jedinicu odlučivanja j ,

u_r = težinski koeficijent za izlaz r ,

v_i = težinski koeficijent za ulaz i ,

n = broj jedinica odlučivanja,

s = broj izlaza,

m = broj ulaza,

ε = mali pozitivan broj.

Nešto rigorozniji, matematički pristup podrazumevao bi zamenu $u_r, v_i \geq 0$ sa $\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}, \frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \geq \varepsilon > 0$. Transformacija koju su razvili Charnes & Cooper (1962) za linearno razlomljeno programiranje omogućava izbor reprezentativnog rešenja (rešenje (u, v) za koje $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$) do ekvivalentnog problema linearnog programiranja u kome je promena promenljivih iz (u, v) u (μ, ν) upravo rezultat pomenute transformacije:

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}$$

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \text{ za svako } j; \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1; \\ \mu_r, v_i &\geq 0. \end{aligned} \tag{4.2}$$

Ograničenja data relacijom (4.2) pokazuju da optimalne težine za j -tu jedinicu odlučivanja moraju zadovoljavati uslov da za svaku jedinicu odlučivanja njen virtuelni izlaz ne može biti veći od njenog virtuelnog ulaza. U ovom modelu težinski koeficijenti se nazivaju i multiplikatori. Sada se definiše dualni model ovog linearnog problema, koji se u praksi najčešće koristi jer je broj jedinica odlučivanja uglavnom znatno veći od ukupnog broja ulaza i izlaza:

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

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_{ij} \lambda_j &\leq \theta x_{i0} & i=1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j &\geq y_{r0} & r=1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0 & j=1, 2, \dots, n. \end{aligned} \tag{4.3}$$

Dualna promenljiva λ_j predstavlja dualnu težinu koja određuje relativni doprinos jedinice odlučivanja DMU_j ($j=1, 2, \dots, n$) u formiranju ulazno-izlaznog miksa hipotetičke kompozitne jedinice, sa kojom se posmatrana jedinica odlučivanja poredi u procesu određivanja efikasnosti.

Vrednosti dualne promenljive λ_j ($j=1, 2, \dots, n$) se određuju tako da svaki od s izlaza hipotetičke jedinice odlučivanja $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, r=1, 2, \dots, s \right)$ ne bude manji od odgovarajućeg stvarnog izlaza neke jedinice odlučivanja, a da svaki od ulaza hipotetičke jedinice odlučivanja $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i=1, 2, \dots, m \right)$ ne bude manji od odgovarajućeg stvarnog ulaza.

Na osnovu dualne teoreme linearnog programiranja važi da je $z^* = \theta^*$. Rešavanjem (4.3) dobija se vrednost efikasnosti. S obzirom na to da se može postaviti $\theta = 1$ i $\lambda_k^* = 1$ sa $\lambda_k^* = \lambda_0^*$ i svako drugo $\lambda_j^* = 0$ rešenje (4.3) uvek postoji. Pored toga, rešenje implicira da važi $\theta^* \leq 1$. Optimalno rešenje θ^* predstavlja efikasnost za svaku jedinicu odlučivanja. Postupak se ponavlja za svaku jedinicu odlučivanja, uz odgovarajuće parove vektora ulaza i izlaza $(X_0, Y_0) = (X_k, Y_k)$, gde (X_k, Y_k) predstavljaju vektore sa komponentama x_{ik}, y_{rk} , dok (X_0, Y_0) imaju komponente x_{0k}, y_{0k} . Jedinica odlučivanja kod koje je $\theta^* < 1$ je neefikasna, dok jedinica odlučivanja kod koje je $\theta^* = 1$ predstavlja granicu efikasnosti.

U ovakvim modelima iako jedinica formalno postiže efikasnost ($\theta^* = 1$) ona i dalje može imati promenljive dopune i promenljive viška. Ovo može predstavljati problem, jer različita alternativna optimalna rešenja mogu u nekim slučajevima uključivati nenulte promenljive dopune, dok u drugim ne. Dakle, neka jedinica odlučivanja može biti označena kao efikasna u jednom rešenju, ali pokazivati određene slabosti u drugom. Zbog toga se primenjuje modifikovani linearni model, u kojem se promenljive dopune maksimiziraju. Ovaj pristup omogućava identifikaciju jedinica koje su strogo efikasne i eliminiše neizvesnost izazvanu alternativnim optimalnim rešenjima (Cooper et al., 2011):

$$\max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (4.4)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta^* x_{i0} & i=1,2,\dots,m; \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{r0} & r=1,2,\dots,s; \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0 & \forall i, j, r. \end{aligned}$$

Gde su s_i^- promenljive dopune i s_r^+ promenljive viška i daju informacije o neophodnom pojedinačnom smanjenjenju ulaza i povećanju izlaza. Funkcija cilja θ^* određuje minimalni proporcionalni nivo ulaza neophodan za ostvarenje postojećeg nivoa izlaza j -te jedinice odlučivanja.

Sada se može konačno definisati pojam relativne efikasnosti prema (Cooper et al., 2011):

Definicija 4.1: Performanse neke DMU_0 su efikasne (100%), ako i samo ako važe oba uslova, $\theta^* = 1$ i sve promenljive dopune i viška $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$.

Definicija 4.2: Performanse neke DMU_0 su slabo efikasne (100%), ako i samo ako važe oba uslova, $\theta^* = 1$ i sve promenljive dopune i viška $s_i^{-*} \neq 0$ i/ili $s_r^{+*} \neq 0$ za neko i i r u nekim alternativnim rešenjima.

Važno je napomenuti da se prethodni razvoj metodologije može posmatrati kao rešavanje sledećeg problema kroz dva uzastopna koraka:

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (4.5)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta x_{i0} & i=1,2,\dots,m; \\
\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{r0} & r=1,2,\dots,s; \\
\lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0 & \forall i, j, r.
\end{aligned}$$

Gde se s_i^- i s_r^+ koriste se za transformaciju nejednakosti iz (4.3) u ekvivalentne jednačine. U prvom koraku minimizira se vrednost efikasnosti θ , a u drugom se fiksira njegova optimalna vrednost $\theta = \theta^*$ kao u (4.1), pri čemu se maksimiziraju promenljive dopune i viška, pri čemu se prethodno određena vrednost θ^* ne menja. Funkcija cilja prikazana u (4.5) pokazuje sa kojom minimalnom vrednošću ulaza je moguće ostvariti postojeći nivo izlaza j -te jedinice odlučivanja (Charnes et al., 1978).

U ulazno orijentisanom DEA modelu, efikasnost se procenjuje kroz mogućnost proporcionalnog smanjenja ulaza, uz pretpostavku da se postojeći nivo izlaza zadrži nepromenjen. Cilj modela je da utvrdi za koliko se svi ulazi mogu istovremeno smanjiti, a da jedinica i dalje može da proizvede dati nivo izlaza. Nasuprot tome, u izlazno orijentisanom DEA modelu, efikasnost se meri kroz mogućnost proporcionalnog povećanja izlaza, uz zadržavanje postojećeg nivoa ulaza. Cilj je da se odredi za koliko se svi izlazi mogu uvećati, a da se pri tom ne poveća upotreba ulaza. Ovakva orijentacija se koristi kada su ulazi relativno fiksni, dok postoji prostor za unapređenje performansi kroz povećanje izlaza. U modelu koji je orijentisan na izlaz, neefikasna jedinica postaje efikasna kroz proporcionalno povećanje svojih rezultata, dok proporcije ulaza ostaju nepromenjene. U izlazno orijentisanom modelu relativne efikasnosti su jednake ili veće od 1, pri čemu su relativno efikasne one DMU_j čija je efikasnost 1, a neefikasne one čija je efikasnost veća od 1. Bez obzira na orijentaciju, granica efikasnosti ostaje ista, razlikuje se isključivo pravac projekcije neefikasne jedinice na granicu efikasnosti. U ulazno orijentisanom modelu projekcija se vrši horizontalno, kroz smanjenje ulaza, dok se u izlazno orijentisanom modelu vrši vertikalno, kroz povećanje izlaza. Za CRS modele, vrednosti indeksa efikasnosti dobijene iz ulazno i izlazno orijentisanog modela su međusobno recipročne, što potvrđuje njihovu teorijsku ekvivalentnost (Banker et al., 1984; Charnes et al., 1994; Cook & Seiford, 2009).

Za razliku od ulazno orijentisanog modela kod izlazno orijentisanog modela funkcija cilja je minimum:

$$\text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}$$

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned}
\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} &\geq 1 & \text{za } j = 1, 2, \dots, n, \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0 & \text{za svako } i \text{ i } r.
\end{aligned} \tag{4.6}$$

Kao i u prethodnom modelu linerani problem dovodi do narednog modela, sa pripadajućim dualnim problemom, kako je prikazano modelima (4.7) i (4.8).

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} &\geq 0 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} &= 1 \\ \mu_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r, i \\ \max \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ &= \phi y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Model (4.8) se rešava u dve faze. Prvo se računa ϕ^* i ignorišu se promenljive dopune i viška, a zatim se optimizuju promenljive dopune i viška, fiksiranjem ϕ^* kroz rešavanje sledećeg problema linearnog programiranja.

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

Pri ograničenjima

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= \phi^* y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Kod izlazno orijentisanog DEA modela efikasnost se definiše na sledeći način: DMU_0 je efikasna, ako i samo ako $\phi^* = 1$ i $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ za svako i i r . DMU_0 je slabo efikasna ako je $\phi^* = 1$ i $s_i^{-*} \neq 0$ i/ili $s_r^{+*} \neq 0$ za neko i i r u nekim alternativnim optimalnim rešenjima.

- *DEA model sa varijabilnim prinosom na obim (Variable returns to scale – VRS)*

Za razliku od modela sa konstantnim prinosima na obim, DEA model sa varijabilnim prinosom na obim polazi od pretpostavke da odnos između ulaza i izlaza ne mora biti proporcionalan. To znači da promene u obimu ulaza mogu dovesti do neproporcionalnih promena u izlazima, odnosno da efikasnost može zavisiti od veličine jedinice odlučivanja. Tehnička efikasnost izračunata primenom CRS modela uobičajeno se naziva tehničkom efikasnošću, dok je ona dobijena iz VRS

modela poznata pod nazivom čista tehnička efikasnost. VRS model daje meru efikasnosti koja ignoriše uticaj obima poslovanja tako što se j -ta jedinica odlučivanja poredi samo sa drugim jedinicama sličnog obima. Čista tehnička efikasnost je uvek veća ili jednaka tehničkoj efikasnosti. Racio tehničke i čiste tehničke efikasnosti je poznat kao efikasnost obima ili veličine (*scale efficiency*, SE):

$$SE = \frac{CRS_{ef}}{VRS_{ef}}$$

Pri čemu je $SE \leq 1$.

Efikasnost obima se koristi za određivanje udaljenosti od najproduktivnije veličine posmatrane jedinice odlučivanja i pokazuje da li posmatrana jedinica posluje sa optimalnim obimom aktivnosti. Za VRS efikasnu jedinicu odlučivanja, koja je CRS neefikasna, efikasnost obima je jednaka 1. Ukoliko je efikasnost obima neke jedinice odlučivanja jednaka 1, ona radi na optimalnom obimu aktivnosti. Tako da se tehnička efikasnost se može razdvojiti na dve komponente: efikasnost obima i čistu tehničku efikasnost, što može biti učinjeno uporednom primenom oba, CRS i VRS modela, na istim podacima posmatrane jedinice odlučivanja. Ova dekompozicija pokazuje izvore neefikasnosti, tj. da li je ona uzrokovana operativnom neefikasnošću (čista tehnička efikasnost), nepovoljnim uslovima (efikasnost obima, odnosno veličine), ili obima (tehnička efikasnost).

Dok CRS model konstruiše granicu efikasnosti u obliku konveksnog konusa, VRS model uvodi ograničenje konveksnosti, čime se granica efikasnosti formira kao konveksni omotač posmatranih jedinica. Ova razlika omogućava fleksibilniju reprezentaciju proizvodne tehnologije i realističnije poređenje jedinica koje posluju na različitim nivoima obima (Banker et al., 1984).

Prvobitni model koji su razvili Charnes, Cooper i Rhodes (1978), proširili su Banker, Charnes i Cooper (1984) relaksiranjem pretpostavke o konstantnim prinosima.

VRS model može biti orijentisan na ulaz (minimizacija problema) ili na izlaz (maksimizacija problema). Ovaj model se primenjuje kada su varijacije u efikasnosti povezane sa obimom proizvodnje (Emrouznejad et al., 2023). CRS i VRS modeli se razlikuju samo po tome što prvi uključuje i uslov konveksnosti $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, $\lambda_j \geq 0, \forall_j$ a drugi ne (Cooper et al., 2007).

Model sa varijabilnim prinosima na obim uključuje dodatnu promenljivu u^* koja određuje položaj pomoćne hiperravni u odnosu na skup jedinica odlučivanja obuhvaćenih analizom. Ova hiperravan je konstruisana tako da leži na ili iznad svih posmatranih jedinica. Matematički VRS model ispituje da li je j -ta jedinica odlučivanja ostvarila zadati nivo izlaza uz minimalno angažovanje ulaznih resursa, pri čemu se, od svih mogućih hiperravni koje obuhvataju skup jedinica odlučivanja, bira ona za koju je horizontalno odstojanje posmatrane jedinice od hiperravni najmanje. Vrednost parametra u^* neposredno ukazuje na karakter ekonomije obima koju DEA model dozvoljava, odnosno na prirodu varijabilnih prinosa na obim prisutnih u analizi. Jedinica odlučivanja DMU_j posluje sa neopadajućim, nerastućim ili konstantnim prinosima na obim u zavisnosti od znaka parametra u^* u svim alternativnim optimalnim rešenjima: neopadajući prinosi na obim važe kada je $u^* \leq 0$, nerastući kada je $u^* \geq 0$, dok konstantni prinosi na obim nastupaju u slučaju $u^* = 0$. Kada je $u^* = 0$, VRS model se svodi na CRS model.

Primarni VRS model ima sledeći oblik prema Banker et al. (1984):

$$(\max) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u^* \quad (4.10)$$

Pri ograničenjima:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &= 1; \\ \sum_{r=1}^s u_r - y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u^* &\leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ u_r &\geq \varepsilon, \quad v_i \geq \varepsilon, \quad \forall i, \forall r \end{aligned}$$

Dok je dualna forma modela:

$$\min Z_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right)$$

Pri ograničenjima:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{rk} \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ Z_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- &= 0 \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1; \\ \lambda_j, s_r^+, s_i^- &\geq 0 \quad \forall j, r, i \\ Z_k &- \text{ bez ograničenja.} \end{aligned} \tag{4.11}$$

Jedan od ključnih izazova u identifikaciji tipa prinosa na obim jeste postojanje više optimalnih rešenja, usled čega krajnja klasifikacija može zavisi od konkretnog rešenja koje odabere softver za optimizaciju. U nastojanju da se obezbedi pouzdanija i jednoznačnija identifikacija prinosa na obim za određenu jedinicu odlučivanja, razvijeni su različiti pristupi, uključujući konstrukciju intervala za slobodne promenljive koje nastaju kao posledica više optimalnih rešenja (Cook & Seiford, 2009).

Pored osnovnih DEA modela, kao što su CRS i VRS, razvijeni su i brojni prošireni modeli koji omogućavaju dublju analizu efikasnosti. Među njima su aditivni modeli, koji ne koriste radialni pristup već mere ukupnu neefikasnost kroz zbir ulaznih i/ili izlaznih odstupanja. Takođe, postoje modeli koji uključuju vremensku dimenziju, poput DEA window analize, koja omogućava praćenje promene efikasnosti kroz više vremenskih perioda, kao i Malmkvistov indeks koji meri dinamičku promenu produktivnosti između vremenskih tačaka. Ovi modeli pružaju širi uvid u performanse posmatranih jedinica u dinamičnom okruženju.

4.2.2 Window DEA metod

Rezultati o efikasnosti dobijeni klasičnim DEA pristupom nisu uvek pouzdani jer nije uključena vremenska dimenzija. Kako bi se ovaj problem rešio uvedena je vremenska dimenzija u model i tako nastaje poboljšana verzija window DEA model. O ovom modelu prvi je detaljnije pisao Džerard Alan Klop 1985. godine u svojoj doktorskoj disertaciji (Klopp, 1985). DEA window analiza se zasniva na modelu pokretnih proseka i korisna je za određivanje trendova performansi posmatranih entiteta i praćenje promena produktivnosti tokom vremena (Asmild et al., 2004; Charnes et al., 1994; Wang et al., 2013). Svaka jedinica se u svakom posmatranom vremenskom periodu posmatra kao različita jedinica odlučivanja. To znači da se performanse svake jedinice posmatranja poredi sa njenim performansama u različitim periodima vremena kao i sa performansama svih ostalih jedinica odlučivanja koje su obuhvaćene jednim prozorom (Cooper et al., 2011). Zasniva se na tehnici

pokretnih proseka i omogućava praćenje efikasnosti jedinica odlučivanja kroz vreme (Boussofiane et al., 1991; Cooper et al., 2007). Glavna prednost ovog pristupa je da opiše horizontalne i vertikalne promene u efikasnosti jedinica odlučivanja. Primena window analize može povećati moć diskriminacije povećanjem broja jedinica odlučivanja kada je dostupan ograničen broj jedinica odlučivanja (Peykani et al. 2021). Ovo povećava broj podataka u analizi, što može biti korisno prilikom rada sa malim uzorcima.

U klasičnim DEA modelima, svaka jedinica odlučivanja bila je posmatrana samo jednom, što znači da je analiza sprovedena na osnovu presečnih podataka, prikupljenih u jednom vremenskom trenutku. Međutim, u istraživanjima često su dostupni podaci za jedinice odlučivanja kroz više vremenskih perioda, tj. vremenske serija podataka. U takvim slučajevima, važno je analizirati promene u efikasnosti tokom vremena. Jedan od načina za to je primena DEA kroz vreme korišćenjem metode pokretnog proseka, gde se svaki period za jedinicu odlučivanja tretira kao "nova" jedinica odlučivanja. To znači da se performanse posmatranih jedinica odlučivanja u određenom vremenskom periodu upoređuju ne samo sa njegovim performansama u drugim periodima, već i sa performansama drugih jedinica odlučivanja (Asmild et al., 2004; Yang & Chang, 2009).

Pretpostavimo da postoji K ($k = 1, \dots, K$) homogenih jedinica odlučivanja koje se posmatraju u određenom vremenskom periodu T ($t = 1, \dots, T$) i svaka jedinica ima određeni broj ulaza x_i ($i = 1, \dots, I$) i proizvodi određeni broj izlaza y_r ($r = 1, \dots, R$). U tom slučaju, se vektori ulaznih X_k^t i izlaznih promenljivih Y_k^t mogu predstaviti (Asmild et al., 2004):

$$X_k^t = \begin{bmatrix} x_k^{1t} \\ x_k^{2t} \\ \vdots \\ x_k^{It} \end{bmatrix} \quad Y_k^t = \begin{bmatrix} y_k^{1t} \\ y_k^{2t} \\ \vdots \\ y_k^{Rt} \end{bmatrix}$$

U window DEA modelu prvi period u svakom prozoru se briše a dodaje novi period u isto vreme. Ako pretpostavimo da prozor lp počinje u vremenu l ($1 \leq l \leq T$) i pri tome je njegoa širina p ($1 \leq p \leq T - l$), onda se matrice ulaza X_{lp} i izlaza Y_{lp} mogu predstaviti na sledeći način (Peykani et al., 2021):

$$X_{lp} = \begin{bmatrix} x_1^l & x_2^l & \dots & x_K^l \\ x_1^{l+1} & x_2^{l+1} & \dots & x_K^{l+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{l+p} & x_2^{l+p} & \dots & x_K^{l+p} \end{bmatrix}, Y_{lp} = \begin{bmatrix} y_1^l & y_2^l & \dots & y_K^l \\ y_1^{l+1} & y_2^{l+1} & \dots & y_K^{l+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_1^{l+p} & y_2^{l+p} & \dots & y_K^{l+p} \end{bmatrix}$$

Sada se može formirati ulazno i izlazno orijentisani window DEA model efikasnosti zasnovan na pretpostavkama prvo CRS, zatim VRS modela, respektivno:

Ulazno orijentisani WDEA CRS model

$$\min \Theta_{klp}^t \quad (4.12)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned} X_{lp} \lambda &\leq X_k^{t'} \Theta_{klp}^t, \\ Y_{lp} \lambda &\geq Y_k^{t'}, \\ \lambda &\geq 0. \end{aligned}$$

Izlazno orijentisani WDEA CRS model

$$\max \Phi_{klp}^t \quad (4.13)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned} X_{lp} \lambda &\leq X_k^{t'}, \\ Y_{lp} \lambda &\geq Y_k^{t'} \Phi_{klp}^{t'}, \\ \lambda &\geq 0. \end{aligned}$$

Ulazno orijentisani WDEA VRS model

$$\min \Theta_{klp}^t \quad (4.14)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned} X_{lp} \lambda &\leq X_k^{t'} \Theta_{klp}^t, \\ Y_{lp} \lambda &\geq Y_k^{t'}, \\ \sum \lambda &= 1, \\ \lambda &\geq 0. \end{aligned}$$

Izlazno orijentisani WDEA VRS model

$$\max \Phi_{klp}^t \quad (4.15)$$

Uz ograničenja:

$$\begin{aligned} X_{lp} \lambda &\leq X_k^{t'}, \\ Y_{lp} \lambda &\geq Y_k^{t'} \Phi_{klp}^t, \\ \sum \lambda &= 1, \end{aligned}$$

Značajno je naglasiti da, broj prozora (m), broj različitih jedinica odlučivanja po prozoru (w) i ukupan broj različitih jedinica odlučivanja (N) se računa, $m = T - p + 1$, $w = K \cdot p$ i $N = K \cdot p \cdot m$.

Važno je istaći da, s obzirom na to da se sve jedinice unutar određenog prozora upoređuju međusobno, ovim pristupom se implicitno pretpostavlja izostanak tehničkih promena unutar svakog prozora. Ovo predstavlja metodološki izazov u DEA window analizi, a naročito kada se kombinuje sa Malmkvistovim indeksom, koji se, između ostalog, koristi za procenu tehnoloških promena (Asmild et al., 2004). Smanjenje širine prozora može ublažiti ovaj problem, a kako bi DEA analiza prozora pružila validne i pouzdane rezultate, neophodno je pažljivo odabrati širinu prozora tako da se može razumno pretpostaviti da su tehnološke promene unutar svakog pojedinačnog prozora zanemarljive.

4.2.3 Bootstrap metod

Bootstrap metod¹ je metoda pomoću koje se kreira veliki broj novih uzoraka iste veličine kao što je originalni uzorak, koristeći podatke iz originalnog uzorka, nasumičnim odabirom, uz mogućnost da jedan podatak bude izabran više puta. Služi da se proverí robustnost rezultata dobijenih DEA window analizom. *Bootstrap* metod se pokazao atraktivnim u analizi osetljivosti mera efikasnosti i produktivnosti na varijacije uzorkovanja. To je metod kojim se na osnovu dostupnih podataka iz nekog uzorka, kreira veliki broj novih uzoraka, jednake veličine kao i izvorni uzorak, nasumičnim biranjem opserviranih podataka sa vraćanjem, odnosno sa zamenom. Ovo znači da svaka jedinica ima jednaku verovatnoću da uđe u uzorak, i nakon što je ušla u uzorak, ona se vraća u populaciju odakle je izvučena. To istovremeno znači i da jedna jedinica može više puta ući u uzorak, zato što se verovatnoća njenog biranja ne menja tokom procesa formiranja uzorka. Proces pokretanja uključuje korišćenje originalnog uzorka za konstruisanje empirijske distribucije promenljivih od interesa kroz ponovljeno uzorkovanje originalnog skupa podataka. Analitičar zatim primenjuje proces procene na ponovo uzorkovane podatke i izračunava relevantne statistike, kao što su srednje vrednosti i standardne devijacije (Odeck, 2009). Primenom metode samouzorkovanja moguće je, na osnovu dostupnih podataka, napraviti neograničen broj novih poduzoraka. Cilj je da se utvrdi pouzdanost i eliminiše pristrasnost metode.

Glavni cilj je da se procene paramettri populacije, da li su validni i nepristrasni. Za svaki novi uzorak izračunavaju se relevantne statistike, aritmetička sredina i standardna devijacija i formira se distribucija tih uzoraka. Tako dobijena distribucija je empirijska i ne oslanja se ni na kakve polazne pretpostavke. Na osnovu dobijenih vrednosti izračunavaju se intervali poverenja za parametar koji se procenjuje (Toma et al., 2017). Pristrasnost se ovde procenjuje uz pomoć vrednosti za korigovanu pristrasnost (Roper et al., 2018; Simar & Wilson, 2000; Staat, 2006; Wilson & Simar, 1998). *Bootstrap* metoda pokazala se kao veoma korisna za analizu osetljivosti mera efikasnosti i produktivnosti na varijacije u uzorku. Zapažen je porast primene *bootstrap* metoda u analizi efikasnosti (Daraio & Simar, 2007; Kang et al., 2024; E. Koçak et al., 2021; Lin & Lu, 2024; Mahajan et al., 2023; Sadjadi & Omrani, 2010; Song et al., 2013; Toma et al., 2017; Vasei et al., 2024; Yen et al., 2023).

Pristrasnost se računa kao razlika *bootstrap* vrednosti i vrednosti parametra (Song et al., 2013):

$$Bias(\theta_k) = E(\theta_k) - \theta_k \quad (4.16)$$

gde je $E(\theta_k)$ vrednost parametra procenjena *bootstrap* metodom, u ovom slučaju je to prosečna efikasnost, dok je θ_k prosečna efikasnost koja se meri. Efikasnost modela korigovana za procenu pristrasnosti jednaka je razlici:

$$\theta_k^{corr} = 2 * \theta_k - E(\theta_k) \quad (4.17)$$

DEA analiza je veoma osetljiva na sastav uzorka, što može dovesti do precenjenih ili potcenjenih rezultata efikasnosti ukoliko postoji varijacija u podacima oko proizvodne granice. Ranija istraživanja često nisu imala odgovarajuće statističke testove za procenu pouzdanosti dobijenih rezultata, što je ograničavalo validnost i generalizaciju nalaza. Uvođenjem *bootstrap* metode, koju su razvili Efron (1979) i Efron & Tibshirani (1994) omogućeno je računanje intervala poverenja za skorove efikasnosti i indekse produktivnosti, čime se procenjuje stabilnost DEA rezultata u različitim podskupovima podataka. Ova metoda smanjuje nesigurnost u vezi sa

¹ Metoda re-uzorkovanja, metoda uzorkovanja sa vraćanjem

uzorkovanjem i poboljšava validnost analize, pa se danas gotovo obavezno koristi u DEA istraživanjima.

4.2.4 Malmkvistov indeks produktivnosti

Malmkvistov indeks produktivnosti prvi je izučavao Sten Malmkvist još 1953 (Malmquist, 1953). Ali njegova praktična primena u ekonomskoj analizi efikasnosti i produktivnosti postaje popularna tek kasnije (Diewert et al., 1982; Färe et al., 1992). Zapravo ovaj indeks se koristi za merenje produktivnosti u vremenskom periodu. Malmkvistov indeks se često koristi u DEA metodologiji (Diewert et al., 1982), gde se efikasnost procenjuje pomoću linearnog programiranja i neparametarskih tehnika. Zasniva se na poređenju udaljenosti posmatrane jedinice od proizvodne granice u uzastopnim vremenskim periodima i omogućava dekompoziciju ukupne promene produktivnosti na tehničku promenu i promenu tehničke efikasnosti (Liu & Wang, 2008). Shodno tome, Malmkvistov indeks se može izračunati na bazi ulazne ili izlazne orijentacije DEA modela. Indeks se sastoji od dve komponente. Prva komponenta meri promenu tehničke efikasnosti tokom vremena (*Efficiency Change-EC*), dok je druga komponenta povezana sa pomeranjem granice proizvodne tehnologije, odnosno, ona obuhvata tehničke promene (*Technical Change-TC*) (Aparicio & Santín, 2024). Proizvodno orijentisan Malmkvistov indeks ukupne faktorske produktivnosti M_h^{t+1} se može predstaviti na sledeći način:

$$M_h^{t+1}(X_h^{t+1}, Y_h^{t+1}, X_h^t, Y_h^t) = \left[\frac{D_h^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_h^t(X^t, Y^t)} \cdot \frac{D_h^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_h^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.18)$$

Odnosno:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.19)$$

Gde količnik $\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}$, predstavlja promenu tehničke efikasnosti, dok koren proizvoda

$\left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$ pokazuje promene u proizvodnoj tehnologiji, odnosno, pokazuje da li se granica proizvodnih mogućnosti pomerila unapred ili unazad. Tako je vrednost Malmkvistovog indeksa produktivnosti u periodu $(t, t+1)$ izračunata kao proizvod promena u tehničkoj i promena u tehnološkoj efikasnosti:

$$M_o^{t,t+1} = EC^{t,t+1} \cdot TC^{t,t+1}$$

Ako je $M_o > 1$, produktivnost je porasla, ukoliko je $M_o < 1$, produktivnost se smanjila, a ako je $M_o = 1$ produktivnost u periodu $t+1$ je ostala ista kao u periodu t (Kerstens et al., 2022; Liu & Wang, 2008). Ako je $EC > 1$ ($EC < 1$) tehnička efikasnost raste (opada). Ako je $EC > TC$ i ukupna faktorska produktivnost je veća od 1, povećanje ukupne faktor produktivnosti je uglavnom rezultat povećanja tehničke efikasnosti. Ako je $TC > 1$ i $EC < 1$, tehnički napredak (regresija) je glavni izvor rasta (opadanja) produktivnosti. Malmkvistovi indeksi pružaju potpuniju sliku performansi

posmatranih entiteta i pokazuju trend promena iz perioda u period, dok analiza prozora može povećati broj posmatranih jedinica i prikazati trend koristeći panel podatke (Zhao & Morita, 2024).

U literaturi se Malmkvistov indeks produktivnosti ističe kao moćan alat za analizu promene ukupne faktorske produktivnosti kroz vreme. Ovaj indeks je često primenjivan za računanje produktivnosti u javnom sektoru, zdravstvu, obrazovanju i bankarstvu (Chou et al., 2012; Färe et al., 1992; Kao, 2013; Kerstens et al., 2022; Liu & Wang, 2008; Rodríguez-Cornejo et al., 2024; Yang & Zhang, 2024). Za više informacija o ovom indeksu pročitati (Kao, 2010; Li et al., 2017; Mayer & Zelenyuk, 2014; Wang & Lan, 2011; Wei & Yuan, 2025; Zhao & Morita, 2024).

Istraživanja potvrđuju da Malmkvistov indeks ostaje izuzetno koristan alat za analizu produktivnosti, kako u tradicionalnim industrijskim sektorima, tako i u novim oblastima poput energetske efikasnosti i uslužnih delatnosti. Njegova sposobnost da precizno razgraniči doprinose tehničke efikasnosti i tehnoloških promena omogućava kreatorima politika i menadžerima da identifikuju ključne oblasti za unapređenje, te da prilagode strategije kako bi se ostvario održiv rast.

4.3 Pregled literature o merenju efikasnosti sistema istraživanja i razvoja

Savremene ekonomije suočavaju se sa sve većom potrebom za transformacijom ka modelima zasnovanim na znanju, inovacijama i održivom razvoju. U tom kontekstu, istraživanje i razvoj predstavljaju osnovu za generisanje novih znanja, tehnologija i inovacija koje imaju potencijal da unaprede konkurentnost i ubrzaju ekonomski rast. Istraživanje i razvoj obuhvata kreativnu i sistematsku aktivnost usmerenu na uvećanje fonda znanja, uključujući znanja o čovečanstvu, kulturi i društvu, kao i na razvoj novih primena postojećih znanja (OECD, 2015). Merenje efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja postalo je značajan pravac istraživanja u oblasti ekonomije znanja, inovacija i javnih politika. Istraživanje i razvoj igra ključnu ulogu u ekonomskom razvoju, inovacijama i tehnološkom napretku. U poslednjim decenijama, merenje efikasnosti nacionalnih sistema I&R postalo je centralno pitanje u analizi inovativnosti i ekonomskih politika. Pored tradicionalnih ekonomskih indikatora, upotreba metoda za ocenu efikasnosti, kao što je DEA, postala je popularna u evaluaciji performansi različitih nacionalnih sistema istraživanja i razvoja. Ovaj pristup omogućava ne samo procenu trenutne efikasnosti već i identifikaciju strategija za poboljšanje sistemskih performansi.

Rousseau & Rousseau (1997), su prvi primenili DEA za ocenu I&R efikasnosti 18 razvijenih zemalja, koristeći model sa konstantnim prinosima na obim i ulaznu orijentaciju. Kao ulazne promenljive koristili su BDP po glavi stanovnika i ulaganja u istraživanje i razvoj, dok su izlazne promenljive bile broj naučnih publikacija i broj odobrenih patenata. Rezultati su pokazali da je Švajcarska bila među najneefikasnijim zemljama u Evropi u 1993. godini. Proširenjem analize na neevropske zemlje (SAD, Kanada, Australija, Japan), isti autori Rousseau & Rousseau (1998) dolaze do sličnih zaključaka. Afonso & Aubyn (2005) koristili su DEA za ocenu efikasnosti javne potrošnje u obrazovanju i zdravstvu, što je otvorilo vrata primeni metode u širem okviru javnih politika. U proceni efikasnosti u oblasti istraživanja i razvoja DEA metod se najčešće koristi zahvaljujući svojoj sposobnosti da identifikuje potencijalne uštede i unapredi efikasnost neefikasnih jedinica odlučivanja, uz definisanje optimalne alokacije resursa (Doyle & Green, 1994). Studije koje primenjuju DEA metod obuhvataju različite nivoe analize, od preduzeća i istraživačkih instituta, do država i regiona. Wang & Huang (2007) uvide troetapni DEA pristup kojim se u obzir uzimaju i eksterni faktori, analizirajući efikasnost 30 članica OECDa. Lee & Park (2005) fokusiraju se na I&R produktivnost azijskih zemalja, dok Cullmann et al. (2009) ocenjuju efikasnost javnih i privatnih I&R ulaganja u OECD zemljama, pri čemu Švedska, Nemačka i SAD beleže najbolje rezultate. Aristovnik (2011) razmatra efikasnost troškova za obrazovanje i istraživanje u novim članicama EU. Neki autori, poput Akhilesh (2014), ističu strateški značaj efikasnosti istraživanja i razvoja kao ključnog izvora

konkurentne prednosti u savremenoj globalnoj ekonomiji, ukazujući na potrebu za preciznim merenjem I&R performansi. Efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja pomoću DEA metoda mere i Lee & Park (2011). Oni su se fokusirali na azijske zemlje i pored osnovnog modela koji uključuje sve ulaze i izlaze napravili su još pet, kombinovanjem pojedinačnih ulaza sa svim izlazima i pojedinačnih izlaza sa svim ulazima, kako bi se izmerila specifična I&R efikasnost. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 27 zemalja u cilju pružanja smernica za formulaciju I&R politika u azijskim zemljama. Oh & Ryu (2025) proučavaju razlike u efikasnosti I&R projekata u zavisnosti od nadležnog organa za upravljanje projektima, analizirajući naučne, tehnološke, ekonomske i društvene performanse. Primenom DEA metode i komplementarnih statističkih analiza utvrđene su statistički značajne razlike u efikasnosti između projekata kojima upravljaju različita ministarstva, što se dovodi u vezu sa razlikama u upravljačkim kapacitetima i sistemima evaluacije.

Dinamički DEA modeli koriste se kako bi se u analizi efikasnosti sistema istraživanja i razvoja uzele u obzir vremenske veze između ulaganja i rezultata. Takav pristup omogućava uključivanje vremenskog kašnjenja i međuzavisnosti između ulaza i izlaza u više posmatranih perioda. Primena ovog modela na kineske provincije u period od 2006. do 2010. godine pokazuje njegovu pogodnost za analizu performansi regionalnih inovacionih sistema u okviru nacionalnih strategija naučno-tehnološkog razvoja (Chen et al., 2018). Analiza obavljanja podataka često se koristi i za procenu efikasnosti nacionalnih programa istraživanja i razvoja, jer omogućava fleksibilno prilagođavanje težina ulaza i izlaza specifičnostima svakog programa. Na taj način moguće je identifikovati relativne prednosti pojedinih programa i pružiti smernice za oblikovanje istraživačkih politika (Lee et al., 2009). U evaluaciji inovacionih sistema zemalja Evropske unije primenjuju se i DEA modeli sa kategorijalnim promenljivama, koji omogućavaju poređenje zemalja sa različitim institucionalnim karakteristikama. Rezultati takvih analiza ukazuju na značaj političkog, regulatornog i ekonomskog okruženja u oblikovanju performansi istraživanja i razvoja, što pruža važne implikacije za kreiranje javnih politika u ovoj oblasti (Karadayi & Ekinci, 2019). Dalji metodološki napredak ogleda se u primeni mrežnih DEA modela koji omogućavaju analizu složenih inovacionih procesa kroz više međusobno povezanih faza. U kombinaciji sa parcijalnom regresijom najmanjih kvadrata moguće je ispitati i uticaj institucionalnog i političkog okruženja na inovacionu efikasnost, pri čemu se istovremeno prevazilaze problemi multikolinearnosti i male veličine uzorka (Guan & Chen, 2012). Razvoj dinamičkih mrežnih DEA modela dodatno je unapredio mogućnosti analize višedimenzionalnih inovacionih sistema. Ovi modeli omogućavaju dekompoziciju ukupne efikasnosti na više komponenti korišćenjem endogenih težinskih skupova, bez potrebe za unapred definisanim ponderima. Time se obezbeđuje detaljnija evaluacija inovacionih performansi zemalja i pruža analitička osnova za dugoročno oblikovanje nacionalnih inovacionih strategija (Kou et al., 2016).

Istraživanje koje su sprovedeli Xiong et al. (2018) razmatra efikasnost istraživanja i razvoja istraživačkih instituta iz dinamičke perspektive, proširujući dvofazni DEA model. Empirijska analiza 17 instituta Kineske akademije nauka u periodu 2012-2015 pokazuje da statički DEA modeli potcenjuju I&R efikasnost, dok su unapređenja sistemske efikasnosti uglavnom rezultat poboljšanja efikasnosti transfera naučno-tehnoloških rezultata. Sličnom analizom se bave i Chiu et al. (2025), primenjujući dinamički dvofazni DEA model za analizu inovacione efikasnosti istraživanja i razvoja u industrijskom i visokoškolskom sektoru razvijenih zemalja. Shin & Kim (2025) se takođe bave efikasnošću regionalnih inovacionih sistema u 16 korejskih provincija primenom DEA window analize i panel regresije. Rezultati ukazuju na postepeni pad efikasnosti tokom vremena, pri čemu razvijeniya urbana područja ostvaruju bolje rezultate, dok lokalna I&R ulaganja i veći udeo I&R kadrova mogu imati negativan efekat usled preklapanja i neefikasne koordinacije.

DEA modeli se kombinuju i sa panel Tobit regresijom, pa su Afriana & Khoirunurrofik (2024) analizirali efikasnost javnih I&R institucija u Indoneziji u periodu od 2016. do 2019. godine, uz razmatranje uloge naučnih publikacija kao dodatnog izlaza. Rezultati su pokazali da uključivanje naučnih publikacija značajno povećava prosečan nivo efikasnosti istraživačkih institucija, ukazujući

na njihov važan doprinos ukupnim istraživačkim rezultatima. Sugerise se potreba za jačanjem istraživačkih timova, unapređenjem kompetencija istraživača i podsticanjem interdisciplinarne saradnje u cilju povećanja I&R učinka. Hao et al. (2025) ispituju uticaj menadžerskih sposobnosti na efikasnost istraživanja i razvoja visokotehnoloških preduzeća u Kini, koristeći DEA window analizu i panel Tobit regresiju na podacima iz perioda 2012-2017. Rezultati pokazuju da menadžerske sposobnosti pozitivno utiču na I&R efikasnost, posebno u državnim preduzećima, uz postojanje nelinearne veze i značajnih moderirajućih efekata vlasničke strukture i podsticajnih mehanizama.

Studija koju su radili Liang et al. (2025) primenjuje dvostepeni SBM-DEA model kako bi se ispitala efikasnost istraživanja i razvoja i operativna efikasnost inovativnih visokotehnoloških preduzeća u Kini. Rezultati ukazuju na nizak nivo efikasnosti, posebno u oblasti I&R, kao i na postojanje značajnog prostora za unapređenje. Intenzitet I&R kadrova i veličina preduzeća imaju negativan efekat na I&R efikasnost, ali pozitivan uticaj na operativne performanse. Istraživanje koje, takođe, koristi metodologiju SBM-DEA, bavi se merenjem efikasnosti istraživanja i razvoja zelenih tehnologija i identifikacijom potencijala za unapređenje u cilju podrške kreiranju javnih politika održivog tehnološkog razvoja. Analitički okvir obuhvata ekonomske, energetske i ekološke dimenzije, a primena na kineskim provincijama u periodu 2011-2017 pokazuje pozitivan doprinos zelenih I&R inovacija održivom razvoju. Poseban doprinos rada ogleda se u sagledavanju prostornih i vremenskih razlika u efikasnosti i pružanju smernica za kreiranje javnih politika (Li et al., 2022).

Sve veći broj autora, u naučnoj literature, prepoznaje značaj merenja efikasnosti inovacionih sistema kao korisnog alata za oblikovanje politika, identifikaciju najboljih praksi i unapređenje strategija. Carayannis et al. (2016) primenjuju višeciljnu DEA formulaciju za ocenjivanje i klasifikaciju nacionalne i regionalne inovacione efikasnosti. Ovaj model omogućava razdvajanje inovacionog procesa na više faza i nivoa, bez potrebe za jedinstvenim skupom ulaza i izlaza. Dodatno, u cilju sagledavanja uticaja institucionalnog i ekonomskog okruženja na efikasnost, primenjuje se ordinalna regresiona analiza u drugom koraku. Studija sprovedena na uzorku od 23 evropske zemlje i njihovih 185 regiona ukazuje na izražene razlike između faza i nivoa inovacija, naglašavajući važnost diferenciranog pristupa u kreiranju inovacionih politika.

Sharma & Thomas (2008) su među prvima koristili Malmkvistov indeks kako bi procenili promene u produktivnosti inovacionih sistema kroz vreme. Njihovi nalazi sugerisu da su tehničke promene u smislu unapređenja tehnologije važnije za rast ukupne faktorske produktivnosti nego samo povećanje ulaza. Park (2015) analizom skoro 7000 državnih inovacionih projekata u Južnoj Koreji identifikuje promene u produktivnosti koje su rezultat pomeranja granice efikasnosti, odnosno uticaja tehnoloških inovacija, korišćenjem Malmkvistovog indeksa produktivnosti. Zhou et al. (2024) ispituju inovacionu efikasnost logističkih preduzeća primenom trostepenog DEA modela i Malmkvistovog indeksa, ukazujući da je neefikasnost rezultat kombinacije eksternih faktora i upravljačkih ograničenja. Dinamička analiza pokazuje pad ukupne faktorske produktivnosti, pri čemu su promene tehničke efikasnosti ključna determinanta inovacionih performansi. Zhang et al. (2024) analiziraju statičke i dinamičke razlike u efikasnosti istraživanja i razvoja listiranih građevinskih preduzeća u Kini, primenom DEA metode i Malmkvistovog indeksa u periodu 2016-2020. Rezultati pokazuju da, iako državna preduzeća imaju prednost u efikasnosti obima, zaostaju u tehnološkom napretku u poređenju sa privatnim preduzećima, što predstavlja glavni izvor njihove I&R neefikasnosti.

Studija Kwon & Lee (2025) ispituje složen uticaj ulaganja u istraživanje i razvoj na performanse preduzeća, posmatrane kroz njihove sposobnosti, koristeći integrisani trostepeni DEA-Tobit neuronski pristup. Rezultati ukazuju na statistički značajan, nelinearan odnos između I&R i sposobnosti preduzeća, pri čemu intenzitet efekta zavisi od specifičnih resursnih i organizacionih uslova. Autori zaključuju da univerzalna rešenja nisu primenljiva i da predloženi metodološki okvir pruža korisnu podršku menadžerima u donošenju odluka.

U skladu s prethodnim istraživanjima, ovo doktorsko istraživanje se nadovezuje na literaturu primenom proširenog DEA pristupa u analizi efikasnosti nacionalnih sistema I&R evropskih zemalja u kontekstu Cilja 9.

U skladu sa prethodnim istraživanjima, ovo doktorsko istraživanje se nadovezuje na postojeću literaturu primenom integrisanog pristupa u analizi efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja evropskih zemalja. Dok raniji radovi primenjuju statičke DEA modele ili se fokusiraju na pojedinačne aspekte inovacionih performansi, ovaj rad kombinuje više metodoloških pristupa kako bi se obezbedila sveobuhvatna analiza. Konkretno, pored standardne DEA analize, primenjena je DEA window metoda radi sagledavanja dinamike efikasnosti kroz vreme, kao i Malmkvistov indeks produktivnosti u cilju razdvajanja efekata tehničke efikasnosti i tehnoloških promena. Na taj način rad prevazilazi ograničenja statičkih modela i omogućava analizu kako nivoa, tako i promena efikasnosti inovacionih sistema.

Dodatni doprinos rada ogleda se u primeni *bootstrap* procedure, čime se povećava robusnost DEA procena i smanjuje njihov deterministički karakter, što predstavlja važan metodološki iskorak u odnosu na deo postojeće literature. Nadalje, u drugoj fazi analize primenjen je Tobit regresioni model, koji omogućava identifikaciju ključnih determinanti efikasnosti, čime se rezultati DEA analize dopunjuju objašnjenjem uzroka uočenih razlika između zemalja.

Za razliku od velikog broja studija koje analiziraju zemlje globalno ili pojedinačne regione, ovo istraživanje se fokusira na evropske zemlje i posmatra efikasnost njihovih inovacionih sistema u kontekstu ciljeva održivog razvoja, posebno Cilja 9. Time se obezbeđuje relevantan empirijski doprinos u oblasti oblikovanja javnih politika, uz jasno povezivanje metodoloških nalaza sa praktičnim implikacijama za unapređenje performansi nacionalnih sistema istraživanja i razvoja.

4.4 Teorijski osvrt na indikatore inovativnosti

Uloga I&R u savremenim društvima je višeslojna, od podsticanja industrijske konkurentnosti do rešavanja društvenih i ekoloških izazova. Zemlje koje investiraju u I&R i stvaraju stimulatívno okruženje za inovacije beleže viši nivo produktivnosti, veću otpornost na krize i sposobnost za bržu transformaciju ekonomije.

Kao što je ranije pomenuto, Cilj 9 se oslanja na tri stuba: infrastrukturu, industrijalizaciju i inovacije. Aktivnosti u oblasti I&R direktno doprinose ovom cilju kroz jačanje tehnoloških kapaciteta, povećanje broja istraživača, unapređenje kapaciteta proizvodnje visoke tehnologije, kao i povećanje ulaganja u nauku i istraživanja. Uže definisan Cilj 9.5 u okviru Agende održivog razvoja 2030 stavlja fokus na unapređenje naučnih istraživanja i tehnoloških sposobnosti industrijskog sektora u svim zemljama, posebno zemljama u razvoju, uključujući podsticanje inovacija i značajno povećanje broja istraživača. Pojam I&R obuhvata tri vrste aktivnosti: osnovna istraživanja, primenjena istraživanja i eksperimentalni razvoj. Osnovna istraživanja se odnose na eksperimentalni ili teorijski rad koji se prvenstveno preduzima radi sticanja novih znanja, bez ikakve posebne praktične primene ili upotrebe. Primenjena istraživanja su usmerena na rešavanje konkretnih praktičnih problema. Eksperimentalni razvoj je sistematski rad, oslanja se na znanje stečeno iz istraživanja i praktičnog iskustva i stvaraju se dodatna znanja, radi razvoja novih ili značajno unapređenih proizvoda, procesa ili usluga.

Akcent je i na povećanju javnih i privatnih ulaganja u istraživanje i razvoj. S tim u vezi bitno je razmatrati izdvajanja za I&R kao procenat ukupnog BDP-a. Izdaci za istraživanje i razvoj ili drugim rečima bruto domaći rashodi za istraživanje i razvoj su ukupni rashodi za istraživanje i razvoj koji se obavljaju na nacionalnoj teritoriji tokom određenog referentnog perioda. Pokrivaju sve izdatke za istraživanje i razvoj koji se obavljaju u privredi, uključujući i tekuće troškove i kapitalne izdatke za

istraživanje i razvoj (OECD 2015). Podaci za ovaj indikator se prvenstveno prikupljaju putem nacionalno reprezentativnih izveštaja istraživanja i razvoja, koje sprovode nacionalni zavodi za statistiku ili relevantna resorna ministarstva kao što je ministarstvo nauke i tehnologije. Od 2020. godine, kada je zabeležen pad, globalna potrošnja na istraživanje i razvoj pokazala je oporavak u 2021. godini, dostižući nivo slične onima pre pandemije. Udeo I&R izdvajanja u globalnom BDP-u porastao je sa 1,72% u 2015. na 1,92% u 2021. godini. Ipak, mnoge zemlje u razvoju i dalje beleže nizak nivo ulaganja, sa izdacima za I&R koji su ispod 1% BDP-a. Evropska unija je kontinuirano povećavala ulaganja u istraživanje i razvoj što ukazuje na njen rastući fokus na inovacije kao ključnom faktoru ekonomskog razvoja. Podaci za 2021. godinu pokazuju da su ukupni izdaci EU za istraživanje i razvoj dostigli 328 milijardi evra, što predstavlja povećanje od 6% u odnosu na prethodnu godinu. U 2022. godini, ulaganja su porasla na 352 milijarde evra, što je povećanje od 6,34% u odnosu na 2021. godinu. Udeo globalnog BDP-a koji se ulaže u istraživanje i razvoj beleži zadovoljavajući rast, sa 1,62% u 2010. godini porastao je na 1,78% u 2018. godini. Ipak, većina zemalja i teritorija u razvoju i dalje značajno zaostaje za svetskim prosekom, pri čemu neke ulažu manje od 1% BDP-a u aktivnosti istraživanja i razvoja. Iako je cilj Evropske unije učešće izdataka za I&R u BDPu dostigne 3% BDP-a, intenzitet I&R je nakon sporog rasta tokom prethodnih decenija dostigao 2,28% u 2020. godini, da bi se zatim blago smanjio na 2,26% u 2023. godini. Pad intenziteta posledica je bržeg rasta BDP-a u odnosu na rast izdataka za I&R, zbog čega EU i dalje zaostaje za postavljenim ciljem do 2030. godine (EUROSTAT, 2025). U tom kontekstu, Srbija beleži relativno nizak nivo izdvajanja za istraživanje i razvoj u odnosu na prosek Evropske unije. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku i Eurostata, izdaci za istraživanje i razvoj u Srbiji su u 2021. godini iznosili 0,95% BDP-a, što je znatno ispod proseka Evropske unije, koji je u istom periodu iznosio približno 2,3% BDP-a. U Srbiji je svakako zabeležen rast ulaganja u I&R od 2015. godine kada je iznosio 0,78% BDP-a. Iako je zabeležen postepeni rast ulaganja, dominantno vođen javnim sektorom, nizak intenzitet privatnih ulaganja u I&R i dalje predstavlja jedno od ključnih ograničenja za jačanje inovacionog potencijala zemlje. U poređenju sa zemljama regiona, Srbija se u 2021. godini nalazi ispod proseka većine zemalja Centralne i Istočne Evrope koje su članice Evropske unije, ali iznad većine zemalja koje nisu članice EU. Izdaci za istraživanje i razvoj kao udeo u bruto domaćem proizvodu u Srbiji iznosili su oko 0,9% BDP-a, što je znatno manje u odnosu na Sloveniju (2,14%), Mađarsku (1,64%) i Hrvatsku (1,24%), koje se izdvajaju kao inovaciono naprednije zemlje regiona. Sa druge strane, Bugarska (0,77%) i Rumunija (0,47%) ostvarile su niže ili uporedive vrednosti u odnosu na Srbiju, dok su Severna Makedonija (0,37%), Crna Gora (0,51%) i Bosna i Hercegovina (0,19%) beležile znatno niži nivo izdvajanja. Ovakvo poređenje pokazuje da se Srbija nalazi u sredini regionalne raspodele, ali i dalje značajno zaostaje za državama sa razvijenijim inovacionim kapacitetima, kao što su Češka, Estonija, Poljska, Slovačka i Litvanija, koje ostvaruju viši intenzitet ulaganja u istraživanje i razvoj i pokazuju snažnije inovacione performanse.

Ključna stvar za realizaciju Cilja 9.5 je i broj naučnih radnika, odnosno istraživača na milion stanovnika. Ovaj indikator je definisan kao broj istraživača (u ekvivalentu punog radnog vremena) na nacionalnoj teritoriji tokom određenog referentnog perioda, izražen kao proporcija od milion stanovnika. Obuhvata ne samo istraživače, već i tehničare i drugo pomoćno osoblje koje doprinosi realizaciji I&R aktivnosti. Njegov značaj prevazilazi samu tehnološku sferu jer ima direktan uticaj na sposobnost zemlje da odgovori na razvojne izazove i ostvari ciljeve održivog razvoja (UNESCO, 2023). Istraživači su profesionalci koji se bave koncepcijom ili stvaranjem novog znanja. Oni sprovode istraživanja i poboljšavaju ili razvijaju koncepte, teorije, modele, tehnike, softver ili operativne metode. Broj istraživača na milion stanovnika globalno je porastao sa 1 136,91 u 2015. na 1 375,63 u 2021. godini, što ukazuje na postepeno jačanje globalnog istraživačkog kapaciteta. Ipak, raspodela istraživača izrazito je neujednačena. Najveću koncentraciju istraživača imaju Evropa (3 800) i Severna Amerika (4 883) kao i Australija i Novi Zeland (4 781), što je približno dva i po puta više od svetskog proseka. U zemljama centralne i istočne Evrope, broj istraživača na milion stanovnika u 2021. godini iznosio je u proseku oko 2 376, što je znatno iznad svetskog proseka, ali i dalje ispod proseka Evropske unije. Izdvajaju se Estonija sa 4 036, Litvanija 3 946, Češka 4 560 i

Mađarska 4 452 istraživača na million stanovnika. U poređenju sa zemljama Balkana, Srbija ima relativno povoljniju poziciju, sa oko 2 220 istraživača u 2021. godini. Bugarska i Rumunija beleže niži ili sličan broj istraživača na milion stanovnika, dok Bosna i Hercegovina, Severna Makedonija, Crna Gora i Albanija imaju znatno niže vrednosti, ispod 1 000 istraživača na million stanovnika. Sa druge strane, Slovenija i Hrvatska izdvajaju se na Balkanu kao zemlje sa znatno razvijenijim istraživačkim kapacitetima, pri čemu Slovenija (5 235) dostiže nivo uporediv sa inovacionim liderima EU (UNESCO, 2023).

Proizvodi visoke tehnologije predstavljaju najdinamičniju komponentu međunarodne trgovine poslednjih godina. Sposobnost zemlje da bude prisutna na tržištu visoke tehnologije važna je za stvaranje njene konkurentne prednosti u svetskoj ekonomiji. Konkurentna prednost se meri i količinom izvoza proizvoda visoke tehnologije. Izvoz visoke tehnologije jedne zemlje zavisi od dosta faktora, od stranih direktnih investicija, izdataka za I&R, patentnih prijava od konkurencije u okruženju. Izvoz visoke tehnologije smatra se važnim faktorom održivog ekonomskog rasta jedne zemlje. Jedan od najvažnijih preduslova za visokotehnološku proizvodnju i izvoz je vlasništvo nad tehnologijom. Agenda 2030 promoviše tehnološki razvoj kroz istraživanje i inovacije, posebno u zemljama u razvoju. Napredak ka postizanju tog cilja meri se udelom dodane vrednosti industrije srednje i visoke tehnologije u ukupnoj dodatnoj vrednosti proizvodnje. Ovaj indikator pokazuje pomak sa niže na višu dodatnu vrednost tehnologije, podižući prosečnu dodatnu vrednost po radniku. Istraživanje i razvoj i inovacije igraju ključnu ulogu u ovoj transformaciji obezbeđujući osnovu za korišćenje novih i efikasnijih tehnologija. Izvoz visoke tehnologije se smatra jednom od osnovnih snaga ekonomskog razvoja, naročito u zemljama koje praktikuju strategije rasta vođene izvozom.

Podaci o patentima prilično su dobar pokazatelj tehnološke sposobnosti zemlje i njenoj poziciji sa aspekta inovacija i I&R. Pavitt & Soete (1980) su koristili podatke o patentima da analiziraju relativnu konkurentnost različitih zemalja, da konstruišu indekse „otkrivene tehnološke prednosti“ za različite zemlje i da opišu i uporede međunarodnu lokaciju inventivne aktivnosti u različitim industrijama. Patenti nisu jedini način zaštite prava intelektualne svojine. Zakoni o autorskim pravima i poslovnim tajnama takođe štite određene vrste intelektualne svojine. Na primer, kompjuterski programi i konfiguracije integrisanih kola su obično zaštićeni autorskim pravima. Međutim, pošto je patentiranje primarni oblik zaštite intelektualne svojine, podaci o patentima se smatraju najdostupnijim, objektivnijim i kvantitativnim merilom inovativnog rezultata (Griliches, 1990). Stoga je patentna aktivnost neke zemlje pokazatelj snage njenog istraživačkog preduzeća i tehnoloških prednosti, kako u celini, tako i u određenim oblastima tehnologije. U potrazi za rešenjima za stimulisanje ekonomskog rasta, kreatori politike sada se u velikoj meri oslanjaju na jake patentne sisteme. Dodeljivanjem ekskluzivnih prava na eksploataciju, zemlje se nadaju da će učesnicima na tržištu ponuditi izgleda za adekvatan povraćaj i na taj način stimulisati dugoročne inovacione aktivnosti neke zemlje. Broj patentnih prijava beleži gotovo kontinuirani rast od 2011. godine, iako je tempo rasta u poslednjim godinama usporen, s obzirom na to da je u periodu 2019-2024. zabeležen porast od svega 3,3%. Posmatrano u odnosu na broj stanovnika, najviši intenzitet patentnih prijava u 2024. godini ostvaren je u Danskoj, Švedskoj i Holandiji, sa 431, 405 i 389 patentnih prijava na milion stanovnika, respektivno (EUROSTAT, 2025). Na evropskom nivou, patentna aktivnost jasno potvrđuje snažnu povezanost između razvijenih inovacionih sistema i intenzivne zaštite intelektualne svojine. Prema podacima Svetske banke, u 2021. godini Nemačka je zabeležila oko 39 800 patentnih prijava rezidenata, dok je Francuska imala približno 13 500 prijava, što ukazuje na visok stepen komercijalizacije istraživačkih rezultata i snažno učešće privatnog sektora u I&R aktivnostima. Holandija je ostvarila oko 2 000 prijava, dok su nordijske zemlje beležile nekoliko hiljada patentnih prijava godišnje. Nasuprot tome, Srbija je u istoj godini imala svega 138 patentnih prijava rezidenata, što je višestruko manje ne samo u poređenju sa razvijenim evropskim ekonomijama, već i sa pojedinim zemljama centralne i istočne Evrope. Tako je Poljska zabeležila oko 3 380 prijava, Češka 541, Mađarska 433, Rumunija 772, dok su Hrvatska i Bosna i Hercegovina imale manje od 100 prijava.

4.5 Evaluacija efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja

Na osnovu teorijskih implikacija napravljena su dva modela koja mere efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja u cilju praćenja napretka ostvarenja cilja 9.5. Prvi je model sa konstantnim prinosom na obim (CRS), a drugi je model sa varijabilnim prinosom na obim (VRS). Istraživanjem su obuhvaćene 33 zemlje, kroz vremenski period od 2010. do 2021. godina. Cilj je bio da se obuhvate sve zemlje Evrope, ali zbog nedostupnosti i nepotpunosti podataka, pojedine zemlje su morale biti eliminisane. U Tabeli 4.1 dat je prikaz ulaznih i izlaznih promenljivih koje su korišćene u istraživanju.

Tabela 4.1 Ulazne i izlazne promenljive

	Promenljive	Izvori podatka
Ulazi	Izdvajanja za istraživanje i razvoj kao % BDP	Svetska banka, UNESCO
	Broj istraživača	Svetska banka, UNESCO
Izlazi	Izvoz visoke tehnologije	Svetska banka
	Broj patenata	Svetska banka

Izbor ulaznih i izlaznih promenljivih u DEA modelu zasniva se na relevantnoj teorijskoj i empirijskoj literaturi o efikasnosti sistema istraživanja i razvoja. Kao ulazna promenljiva korišćena su izdvajanja za istraživanje i razvoj kao procenat BDP-a, koja predstavljaju standardnu meru intenziteta ulaganja u I&R i jedan su od ključnih indikatora u okviru Cilja održivog razvoja 9.5 (Chen et al., 2018; Kou et al., 2016). Kao drugi ulaz korišćen je broj istraživača, takođe eksplicitno definisan u okviru Cilja 9.5 (Lee et al., 2009; G. Li et al., 2022; Mimović et al., 2019). Za prvi izlaz modela uzet je broj patentnih prijava (G. Li et al., 2022; Liang et al., 2025). Kao drugi izlaz u analizi se koristi izvoz proizvoda visoke tehnologije, koji u literaturi predstavljaju pokazatelje inovacionih performansi i komercijalizacije rezultata I&R aktivnosti (Kou et al., 2016). Ovakav izbor promenljivih omogućava procenu efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, uz jasno konceptualno usklađivanje sa ciljevima održivog razvoja.

Da bi se adekvatno procenila efikasnost istraživanja i razvoja u posmatranim zemljama Evrope, meri se relativna efikasnost kroz vremenski period od 12 godina. Shodno tome, kao i u skladu sa ciljevima rada, prvo se formira i primenjuje odgovarajući CRS DEA window model koji je izlazno orijentisan, za izračunavanje proseka tehničke efikasnosti u pojedinim periodima i godinama i za analizu glavnih izvora neefikasnosti. Model je izabran imajući u vidu da nacionalni istraživački sistemi funkcionišu kao veliki, zreli i institucionalno stabilni sistemi, u kojima su istraživački ulazi i izlazi u dugom roku približno proporcionalno povezani. Primena CRS window modela dodatno omogućava konzistentno vremensko poređenje efikasnosti u okviru stabilnog referentnog okvira. Za potrebe istraživanja korišćen je softverski paket DEA Solver.

Prvi korak u analizi je odrediti širinu prozora. Charnes et al. (1994) su predložili da širina prozora od tri ili četiri vremenska perioda daje najbolji balans informativnosti i stabilnosti mere efikasnosti. U istraživanju širina prozora je 4 kako bi se dobili verodostojni rezultati za efikasnosti zemalja u oblasti istraživanja i razvoja. To znači da prve četiri godine (2010-2013.) čine prvi prozor. Zatim se prozor pomera za jedan period tako što se prva godina (2010.) izostavlja a dodaje naredna (2014.) Proces se nastavlja do poslednjeg prozora koji sadrži poslednje četiri godine posmatranja (2018-2021). Tako da se posmatra ukupno 9 prozora. Shodno pretpostavkama CRS DEA window analize, model sa širinom prozora 4 (p), 9 prozora (w) i 33 zemlje koje obuhvata analiza (n), ukupno obuhvata $n \cdot p \cdot w$, odnosno 1 188 jedinica posmatranja. Efikasnost se meri u rasponu od 0 do 1.

Prvo je formiran CRS DEA model i sprovedena je sveobuhvatna analiza efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja. Nakon toga je izvršena bootstrap procedura u cilju provere robusnosti i statističke pouzdanosti dobijenih rezultata. Zatim je efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja izračunata i primenom VRS DEA modela i na kraju je analizirana dinamika promena primenom Malmkvistovog indeksa produktivnosti. Na kraju, u cilju identifikovanja faktora koji utiču na efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, sprovedena je Tobit regresiona analiza, pri čemu su kao zavisna promenljiva korišćeni rezultati efikasnosti dobijeni u CRS modelu.

4.5.1 Rezultati analize efikasnosti – CRS DEA model

Analiza omogućava sagledavanje relativne tehničke efikasnosti posmatranih zemalja kroz vremenski period od 2010. do 2021. godine, kao i identifikaciju promena u efikasnosti kroz različite vremenske prozore. Rezultati su najpre prikazani po pojedinačnim godinama, a zatim i po definisanim vremenskim prozorima. U Tabeli 4.2 predstavljene su *Efikasnosti po godinama*.

Tabela 4.2 Efikasnost po godinama 2010-2021 – CRS model

Zemlja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Austrija	0,078	0,089	0,084	0,094	0,093	0,08	0,076	0,079	0,076	0,074	0,074	0,077
Belgija	0,119	0,123	0,109	0,131	0,149	0,124	0,146	0,132	0,145	0,153	0,157	0,261
Bugarska	0,023	0,028	0,023	0,026	0,019	0,017	0,024	0,032	0,038	0,037	0,037	0,05
Hrvatska	0,018	0,016	0,017	0,017	0,016	0,015	0,021	0,015	0,015	0,215	0,19	0,202
Češka Republika	0,205	0,23	0,19	0,173	0,181	0,173	0,203	0,232	0,271	0,284	0,293	0,305
Danska	0,041	0,047	0,044	0,046	0,048	0,045	0,044	0,041	0,045	0,047	0,052	0,067
Estonija	0,011	0,015	0,015	0,02	0,025	0,019	0,023	0,02	0,019	0,016	0,018	0,022
Finska	0,027	0,026	0,026	0,025	0,024	0,024	0,024	0,028	0,028	0,028	0,03	0,031
Francuska	0,656	0,687	0,687	0,709	0,707	0,655	0,674	0,698	0,773	0,8	0,565	0,647
Nemačka	1,000	1,000	0,965	0,996	1,000	0,958	0,984	0,948	0,98	0,958	0,879	0,997
Grčka	0,054	0,048	0,04	0,036	0,036	0,028	0,03	0,023	0,022	0,02	0,02	0,045
Mađarska	0,239	0,256	0,185	0,164	0,154	0,145	0,181	0,176	0,168	0,182	0,168	0,177
Island	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Irska	0,276	0,238	0,224	0,213	0,225	0,349	0,445	0,424	0,46	0,493	0,552	0,661
Italija	0,439	0,434	0,403	0,382	0,394	0,391	0,385	0,374	0,405	0,373	0,418	0,434
Latvija	0,014	0,014	0,017	0,024	0,026	0,028	0,037	0,039	0,043	0,033	0,037	0,038
Litvanija	0,022	0,023	0,025	0,027	0,027	0,025	0,032	0,036	0,038	0,037	0,034	0,042
Luksemburg	0,009	0,01	0,01	0,008	0,007	0,007	0,009	0,008	0,01	0,01	0,008	0,011
Malta	0,026	0,026	0,021	0,018	0,016	0,012	0,014	0,016	0,019	0,02	0,019	0,017
Holandija	0,612	0,61	0,567	0,559	0,568	0,474	0,488	0,555	0,572	0,58	0,553	0,657
Severna Makedonija	0,006	0,009	0,008	0,006	0,006	0,007	0,009	0,009	0,012	0,012	0,012	0,011
Norveška	0,04	0,044	0,042	0,043	0,044	0,036	0,033	0,032	0,032	0,031	0,028	0,036
Poljska	0,227	0,251	0,244	0,256	0,246	0,257	0,257	0,262	0,265	0,218	0,212	0,245
Rumunija	0,164	0,164	0,115	0,141	0,155	0,123	0,15	0,155	0,19	0,212	0,219	0,252
Rusija	0,969	0,933	0,996	1,000	0,831	0,996	0,963	0,865	0,987	0,931	0,952	0,802
Srbija	0,019	0,012	0,011	0,014	0,013	0,01	0,011	0,01	0,01	0,01	0,012	0,014
Republika Slovačka	0,09	0,101	0,106	0,131	0,127	0,086	0,13	0,14	0,156	0,143	0,129	0,135
Slovenija	0,011	0,01	0,011	0,011	0,011	0,013	0,014	0,013	0,016	0,017	0,017	0,017
Španija	0,139	0,147	0,147	0,152	0,157	0,145	0,18	0,174	0,181	0,175	0,164	0,245
Švedska	0,097	0,107	0,09	0,088	0,09	0,078	0,08	0,072	0,075	0,075	0,075	0,082

Ukrajina	0,17	0,193	0,184	0,219	0,218	0,212	0,219	0,241	0,229	0,258	0,177	0,248
Velika Britanija	0,551	0,615	0,62	0,613	0,451	0,449	0,445	0,457	0,411	0,419	0,313	0,359
Portugal	0,017	0,021	0,023	0,026	0,029	0,035	0,031	0,03	0,031	0,037	0,031	0,031

Izvor: Sopstveno istraživanje

U Tabeli 4.2 prikazane su prosečne efikasnosti zemalja po godinama, što omogućava uvid u dinamiku kretanja efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja tokom posmatranog perioda. Važno je naglasiti da DEA metoda meri relativnu efikasnost jedinica odlučivanja u odnosu na najbolju praksu unutar posmatranog uzorka. Zbog toga niži skor efikasnosti ne mora nužno ukazivati na nizak nivo inovativnosti ili tehnološkog razvoja, već može biti posledica nesrazmere između nivoa ulaganja u istraživanje i razvoj i ostvarenih inovacionih rezultata. Stoga rezultati efikasnosti treba da se tumače kao pokazatelj relativne sposobnosti zemalja da raspoložive resurse istraživanja i razvoja transformišu u inovacione rezultate, a ne kao direktna mera ukupnog nivoa tehnološke razvijenosti.

U Tabeli 4.2 se mogu pratiti prosečne efikasnosti koje su zemlje ostvarile u pogledu posmatranih indikatora i na taj način sagledati trend koji prati svaka pojedinačna zemlja. Takođe se može dobiti informacija gde treba poboljšati performanse a gde one imaju stabilan trend. Rezultati DEA analize zasnovane na CRS modelu orijentisanom na izlaze ukazuju na značajne razlike u efikasnosti nacionalnih inovacionih sistema, pri čemu se vrednosti efikasnosti kreću od nešto iznad 0% do blizu 100%, što ukazuje na izrazitu heterogenost u sposobnosti transformacije istraživačkih resursa u inovacione i ekonomske rezultate.

Na samom vrhu nalaze se Nemačka i Rusija, koje u većem delu posmatranog perioda ostvaruju efikasnost između 95% i 100%, čime se pozicioniraju kao referentne zemlje u uzorku. Visok nivo efikasnosti ovih zemalja proizilazi iz njihove sposobnosti da relativno velika ulaganja u istraživanje i razvoj, kao i značajan broj istraživača, efikasno transformišu u visoke nivoe inovacionih izlaza, pre svega kroz patente i izvoz visoke tehnologije. U slučaju Nemačke, analiza sirovih podataka pokazuje da su visoki nivoi ulaganja praćeni proporcionalno visokim nivoima izvoza visoke tehnologije, što ukazuje na snažnu povezanost između istraživačkog sektora i industrije. Privremeni pad efikasnosti u 2020. godini, na oko 88%, može se objasniti smanjenjem izvoza usled globalnih poremećaja izazvanih pandemijom COVID-19, dok se već u 2021. godini beleži oporavak na nivo od skoro 100%, što potvrđuje otpornost sistema. Slično tome, Rusija ostvaruje visoke vrednosti efikasnosti (iznad 90%), ali uz izraženije oscilacije, što ukazuje na nestabilniju vezu između ulaza i izlaza.

Rezultati analize efikasnosti pokazuju da Rusija ostvaruje visoke vrednosti tehničke efikasnosti u okviru CRS modela tokom većeg dela posmatranog perioda, sa vrednostima koje se često približavaju ili dostižu granicu efikasnosti. Međutim, detaljniji uvid u strukturu ulaza i izlaza ukazuje da ovakva efikasnost nije nužno rezultat izuzetno visokih inovacionih performansi, već pre specifičnog odnosa između uložених resursa i ostvarenih rezultata.

Naime, Rusija raspolaže relativno visokim nivoom ljudskih resursa u istraživanju i razvoju (veliki broj istraživača), dok su izdvajanja za istraživanje i razvoj (% BDP-a) umerena i stabilna (oko 1–1,1%). Istovremeno, izlazi pokazuju izraženu asimetriju: broj патената je veoma visok (npr. preko 28.000 u pojedinim godinama), dok je izvoz visoke tehnologije relativno nizak i znatno ispod nivoa razvijenih evropskih ekonomija. Iako raspolaže velikim istraživačko-razvojnim kapacitetima, njen inovacioni sistem i dalje nosi izražene strukturne karakteristike nasleđene iz sovjetskog perioda, uz dominantnu ulogu države i ograničene tržišne inovacione performanse. Uprkos reformama i naporima da se unapredi sistem i poveća konkurentnost, ključni izazovi ostaju u modernizaciji institucionalnog okvira, zadržavanju mladih istraživača i jačanju veze između nauke i tržišta (Cooper, 2015).

Ovakva struktura ukazuje na ključni fenomen, Rusija je efikasna u smislu generisanja formalnih inovacionih rezultata (patenti), ali znatno manje efikasna u njihovoj komercijalizaciji i međunarodnoj tržišnoj valorizaciji. U kontekstu DEA metodologije, to znači da Rusija uspeva da relativno dobro transformiše ulaze u određene tipove izlaza, što je dovoljno da je pozicionira blizu

efikasne granice. Međutim, zbog same konstrukcije modela, gde se svi izlazi tretiraju kao jednako relevantni, visoki nivoi patenata mogu „kompenzovati” slabije performanse u drugim dimenzijama, posebno u izvozu visoke tehnologije.

Dodatno, uočene oscilacije u efikasnosti (padovi u 2014, 2017. i naročito 2021. godini) mogu se dovesti u vezu sa promenama u strukturi izlaza, posebno sa padom izvoza visoke tehnologije i smanjenjem broja patenata u pojedinim godinama. Ove fluktuacije ukazuju na nestabilnost inovacionog sistema, odnosno na ograničenu sposobnost da se kontinuirano održava efikasna transformacija resursa u tržišno relevantne rezultate.

Sa aspekta skalnih karakteristika, visoka efikasnost u CRS modelu može delimično odražavati i veličinu sistema, budući da Rusija raspolaže velikim istraživačkim kapacitetima. To implicira da deo efikasnosti može biti posledica obima, a ne nužno optimalne organizacije i alokacije resursa, što dodatno naglašava značaj analize u okviru VRS modela.

U poređenju sa vodećim evropskim ekonomijama, poput Nemačke i Francuske, rezultati za Rusiju ukazuju na specifičan obrazac efikasnosti. Iako Rusija ostvaruje nivoe tehničke efikasnosti uporedive sa Nemačkom u okviru CRS modela, struktura ove efikasnosti značajno se razlikuje. Dok Nemačka i Francuska karakteriše snažna veza između istraživanja, inovacija i njihove tržišne primene, što se ogleda u visokom izvozu proizvoda visoke tehnologije, Rusija pokazuje izraženu koncentraciju na formalne inovacione rezultate, pre svega patente, uz relativno nizak nivo njihove komercijalizacije. Kao posledica toga, DEA model identifikuje Rusiju kao efikasnu, iako njeni inovacioni rezultati imaju ograničen ekonomski efekat. Ovakav nalaz ukazuje na postojanje strukturnih ograničenja u nacionalnom inovacionom sistemu, posebno u segmentu transfera znanja i integracije u globalne tržišne tokove, što Rusiju jasno razlikuje od razvijenih inovacionih ekonomija poput Nemačke.

U širem kontekstu ciljeva održivog razvoja, rezultati sugerišu da Rusija poseduje inovacioni potencijal, ali se suočava sa izazovima u pogledu efikasne komercijalizacije znanja i integracije u globalne tehnološke tokove. Stoga, ključni izazov nije povećanje izlaza, već unapređenje kvaliteta inovacionog ekosistema, posebno kroz jačanje veze između istraživanja i industrije, kao i podsticanje izvoza tehnološki intenzivnih proizvoda.

Na suprotnom kraju nalaze se zemlje poput Severne Makedonije i Islanda, čija efikasnost tokom celog perioda ostaje ispod 2%, što ukazuje na izuzetno nizak nivo iskorišćenosti raspoloživih resursa. Pregled podataka sugeriše da ove zemlje raspolažu ograničenim brojem patenata i veoma niskim nivoom izvoza visoke tehnologije, koji nisu proporcionalni čak ni relativno skromnim ulaganjima u istraživanje i razvoj. Ovakvi rezultati ukazuju na strukturne slabosti inovacionog sistema, pre svega u pogledu komercijalizacije istraživanja i povezanosti sa industrijom.

Između ove dve grupe nalazi se veliki broj zemalja sa srednjim nivoom efikasnosti, koji se okvirno kreće između 20% i 70%. Ovu grupu karakterišu različiti razvojni obrasci. Na primer, Irska beleži kontinuiran rast efikasnosti sa oko 28% u 2010. godini na preko 66% u 2021. godini, što ukazuje na značajno unapređenje sposobnosti transformacije istraživačkih resursa u tržišne rezultate. Ovaj trend je u skladu sa rastom izvoza visoke tehnologije, što potvrđuje uspešnu integraciju u globalne proizvodne lance. Češka Republika takođe pokazuje stabilan rast, sa oko 20% na preko 30%, što ukazuje na postepeno jačanje inovacionog sistema. Nasuprot tome, Italija i Holandija karakterišu relativno stabilne, ali stagnirajuće vrednosti efikasnosti (oko 40%–60%), što sugeriše da, uprkos značajnim resursima, ne dolazi do dodatnog unapređenja u njihovoj efikasnoj upotrebi. Analiza podataka ukazuje da je u ovim zemljama problem pre svega u nedovoljno dinamičnom rastu izlaza u odnosu na ulaze.

Što se Srbije tiče, njena efikasnost se tokom celog posmatranog perioda kreće između 1% i 2%, što je svrstava među najmanje efikasne zemlje u uzorku. Iako nivo ulaganja u istraživanje i razvoj nije zanemarljiv, rezultati u vidu patenata i izvoza visoke tehnologije ostaju izrazito niski. To ukazuje na ozbiljan problem u procesu transformacije ulaza u izlaze, odnosno na slabu efikasnost inovacionog

sistema. Ključni izazovi odnose se na nedovoljnu komercijalizaciju istraživanja, slabu povezanost između akademskog sektora i privrede, kao i ograničeno učešće visokotehnoloških sektora u ukupnoj ekonomiji. U tom smislu, povećanje efikasnosti ne zahteva isključivo rast ulaganja, već pre svega unapređenje mehanizama koji omogućavaju njihovu efektivnu upotrebu.

Tabela 4.3 Efikasnost po prozorima 2010-2021 – CRS model

Zemlja	2010-2013	2011-2014	2012-2015	2013-2016	2014-2017	2015-2018	2016-2019	2017-2020	2018-2021
Austrija	0,087	0,09	0,087	0,085	0,08	0,079	0,076	0,077	0,076
Belgija	0,121	0,128	0,128	0,136	0,134	0,139	0,143	0,15	0,18
Bugarska	0,025	0,024	0,021	0,021	0,022	0,028	0,032	0,037	0,041
Hrvatska	0,017	0,016	0,016	0,017	0,016	0,017	0,065	0,11	0,156
Češka Republika	0,201	0,193	0,178	0,18	0,192	0,222	0,246	0,275	0,29
Danska	0,045	0,046	0,045	0,045	0,044	0,045	0,044	0,047	0,053
Estonija	0,015	0,019	0,019	0,021	0,021	0,021	0,02	0,019	0,019
Finska	0,026	0,025	0,025	0,024	0,025	0,026	0,027	0,029	0,03
Francuska	0,689	0,695	0,686	0,678	0,665	0,711	0,734	0,724	0,703
Nemačka	0,992	0,989	0,975	0,976	0,954	0,976	0,959	0,963	0,962
Grčka	0,044	0,04	0,035	0,032	0,029	0,026	0,024	0,022	0,027
Mađarska	0,212	0,189	0,161	0,159	0,159	0,17	0,177	0,177	0,175
Island	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Irska	0,239	0,224	0,251	0,303	0,35	0,426	0,454	0,491	0,545
Italija	0,408	0,406	0,393	0,382	0,373	0,396	0,38	0,399	0,419
Latvija	0,017	0,02	0,023	0,028	0,031	0,037	0,038	0,039	0,038
Litvanija	0,024	0,026	0,026	0,027	0,029	0,033	0,036	0,037	0,038
Luksemburg	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,01
Malta	0,023	0,02	0,016	0,015	0,014	0,015	0,017	0,019	0,019
Holandija	0,591	0,574	0,539	0,516	0,507	0,53	0,547	0,576	0,595
Severna Makedonija	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	0,01	0,011	0,012
Norveška	0,043	0,043	0,041	0,039	0,036	0,033	0,032	0,031	0,032
Poljska	0,245	0,249	0,25	0,252	0,25	0,262	0,249	0,244	0,237
Rumunija	0,146	0,144	0,133	0,14	0,142	0,156	0,176	0,197	0,22
Rusija	0,974	0,938	0,953	0,94	0,909	0,938	0,951	0,944	0,924
Srbija	0,014	0,012	0,012	0,012	0,011	0,01	0,01	0,011	0,011
Republika Slovačka	0,108	0,116	0,112	0,117	0,117	0,13	0,142	0,145	0,142
Slovenija	0,011	0,011	0,012	0,012	0,012	0,014	0,015	0,016	0,017
Španija	0,147	0,15	0,15	0,156	0,16	0,173	0,177	0,177	0,193
Švedska	0,096	0,094	0,086	0,083	0,078	0,078	0,076	0,076	0,077
Ukrajina	0,189	0,205	0,208	0,215	0,218	0,226	0,237	0,229	0,233
Velika Britanija	0,603	0,573	0,53	0,484	0,438	0,448	0,432	0,409	0,379
Portugal	0,022	0,025	0,028	0,03	0,031	0,032	0,032	0,033	0,033

Izvor: Sopstveno istraživanje

Prosečna efikasnost u pogledu istraživanja i razvoja i korišćenja ulaza i izlaza po prozorima za svaku posmatranu zemlju je prikazana u Tabeli 4.3. Rezultati DEA window analize pružaju znatno dublji uvid u performanse nacionalnih inovacionih sistema jer, osim nivoa efikasnosti, omogućavaju i analizu njihove stabilnosti i dinamike kroz vreme. Na osnovu dobijenih vrednosti mogu se jasno izdvojiti tri grupe zemalja: visoko efikasne i stabilne, zemlje srednjeg nivoa sa različitim razvojnim obrascima, kao i zemlje sa hronično niskom efikasnošću.

Na samom vrhu nalaze se Nemačka i Rusija, ali sa bitnom razlikom u stabilnosti. Nemačka ostvaruje izuzetno visok i stabilan nivo efikasnosti u svim posmatranim prozorima, u rasponu od približno 95% do 99%, bez značajnijih oscilacija. Ovakav rezultat ukazuje na snažno strukturiran inovacioni sistem u kome su ulaganja u istraživanje i razvoj i broj istraživača direktno i efikasno povezani sa visokim nivoima patenata i izvoza visoke tehnologije. Drugim rečima, Nemačka ne samo da ima visok nivo izlaza, već ga ostvaruje u proporciji sa svojim ulazima, što je čini referentnom tačkom u uzorku, odnosno, zemljom koja je benčmark. Za razliku od nje, Rusija takođe beleži visoke vrednosti efikasnosti, uglavnom između 90% i 97%, ali uz primetan blagi pad u kasnijim prozorima (na oko 92%). Ovaj obrazac ukazuje da, iako Rusija uspeva da generiše relativno visok nivo izlaza u odnosu na ulaze, taj odnos nije potpuno stabilan, što može biti posledica oscilacija u izvozu ili nedoslednosti u inovacionim rezultatima.

Analiza efikasnosti kroz DEA window pristup dodatno potvrđuje nalaze dobijene primenom standardnog CRS modela za Rusija, ali istovremeno pruža precizniji uvid u dinamiku performansi tokom vremena. Za razliku od statičkog modela, koji ukazuje na izraženije oscilacije efikasnosti, rezultati po prozorima pokazuju relativno stabilan nivo efikasnosti, sa vrednostima koje se kreću u uskom intervalu između 0,909 i 0,974. Ovakav rezultat sugerise da je visoka efikasnost Rusije trajna karakteristika njenog inovacionog sistema, a ne rezultat povremenih eksternih uticaja ili kratkoročnih fluktuacija.

Ipak, uočen je blagi opadajući trend efikasnosti kroz vreme, što ukazuje na postepeno slabljenje sposobnosti transformacije ulaza u izlaze. U kombinaciji sa prethodno identifikovanom strukturom inovacionih rezultata, koju karakteriše visok broj patenata, ali relativno nizak izvoz visoke tehnologije, ovi rezultati potvrđuju postojanje strukturnih ograničenja u procesu komercijalizacije inovacija. Stoga, iako Rusija ostaje blizu efikasne granice u relativnom smislu, njena dugoročna inovaciona performansa može biti ograničena nedovoljnom integracijom istraživačkog sektora sa tržišnim tokovima.

Drugu grupu čine zemlje srednjeg nivoa efikasnosti, ali unutar nje postoje značajne razlike u trendovima. Najpozitivniji primer predstavlja Irska, koja pokazuje najizraženiji i najkonzistentniji rast efikasnosti u celom uzorku, sa oko 24% u prvom prozoru na preko 54% u poslednjem. Ovaj kontinuirani rast bez većih oscilacija ukazuje na sistemsko unapređenje inovacionog modela, posebno u delu koji se odnosi na komercijalizaciju istraživanja i izvoz visoke tehnologije. Sličan, ali blaži obrazac prisutan je kod Češke Republike, gde efikasnost raste sa oko 20% na 29%, što ukazuje na postepeno jačanje kapaciteta za transformaciju ulaza u izlaze. Rumunija takođe pokazuje značajan napredak, naročito u drugoj polovini perioda, gde efikasnost raste sa približno 14% na 22%, što sugerise da su reforme ili investicije počele da daju rezultate tek nakon određenog vremenskog zaostatka.

Nasuprot ovim pozitivnim trendovima, pojedine zemlje srednjeg nivoa karakteriše stagnacija ili čak regresija. Italija se kreće u relativno uskom rasponu od 38% do 42%, bez jasnog uzlaznog trenda, što ukazuje na stabilan, ali inertan sistem u kome dodatna ulaganja ne dovode do proporcionalnog rasta izlaza. Sličan obrazac prisutan je i kod Holandije, gde se beleži pad efikasnosti sa oko 59% na 50%, a zatim oporavak na oko 59%, što ukazuje na privremene poremećaje bez dugoročnog unapređenja. Poljska pokazuje još izraženiju stagnaciju, sa blagim padom u poslednjim prozorima, sa oko 26% na 23%, što sugerise da postoje ograničenja u daljem unapređenju efikasnosti.

Posebno interesantan slučaj predstavlja Hrvatska, koja se u prvim prozorima nalazi na izuzetno niskom nivou efikasnosti, oko 1,6%, ali zatim beleži nagli i kontinuirani rast u poslednjim prozorima, dostižući preko 15%. Ovakav diskontinuitet ukazuje na značajnu promenu u odnosu između ulaza i izlaza, verovatno usled rasta izvoza visoke tehnologije ili povećanja inovacionih rezultata. Međutim, s obzirom na naglost ove promene, neophodno je dodatno ispitati da li je reč o strukturnom poboljšanju ili eventualnoj anomaliji u podacima. Naglo povećanje efikasnosti Hrvatske u CRS modelu posledica je diskontinuiteta u odnosu između ulaza i izlaza, a ne postepenog unapređenja inovacionog sistema. Na osnovu sirovih podataka i prethodnih analiza, ovaj skok je pre

svega rezultat značajnog rasta jednog izlaznog indikatora, izvoza visoke tehnologije, dok ulazne varijable (izdvajanja za I&R i broj istraživača) nisu pratile isti intenzitet rasta.

U DEA okviru, ovakav nesrazmeran rast izlaza u odnosu na ulaze dovodi do naglog približavanja efikasnoj granici, posebno u CRS modelu koji je osetljiv na odnos obima proizvodnje. Dodatno, DEA window analiza pojačava ovaj efekat jer se zemlja posmatra kroz više preklapajućih vremenskih prozora, pa se efekat rasta prenosi i multiplikuje kroz više posmatranja. Međutim, činjenica da ovaj rast nije praćen sličnim povećanjem drugih inovacionih indikatora, poput broja patenata, ukazuje da se ne radi o sveobuhvatnom jačanju inovacionog sistema, već o promeni u strukturi ekonomije ili izvoza. To može biti posledica dolaska stranih kompanija, integracije u globalne lance vrednosti ili statističkog efekta u klasifikaciji izvoza. Zbog toga se može zaključiti da je skok efikasnosti Hrvatske u CRS modelu pre svega rezultat jednokratnog ili sektorski koncentrisanog poboljšanja izlaza, a ne stabilnog i strukturnog unapređenja inovacionih performansi.

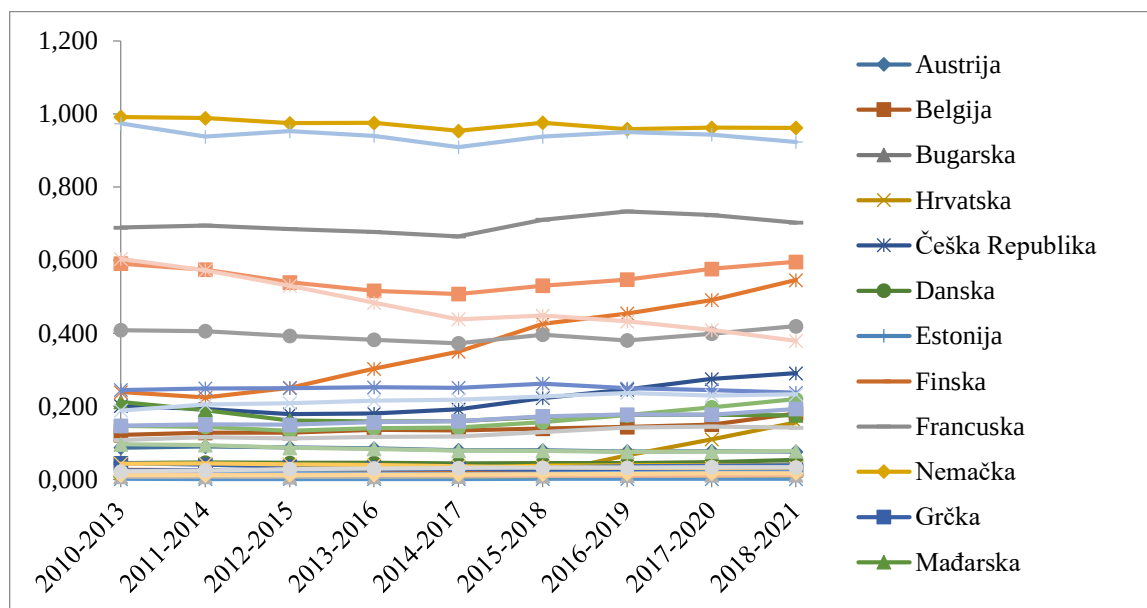
U grupi zemalja sa opadajućim trendom posebno se izdvaja Velika Britanija, čija efikasnost kontinuirano opada sa oko 60% na ispod 40%, što ukazuje na pogoršanje sposobnosti da se istraživački resursi pretvore u tržišne rezultate. Sličan, ali manje izražen pad prisutan je kod Grčke i Norveške, gde se beleži postepeno smanjenje efikasnosti kroz vreme, što može ukazivati na strukturne probleme u inovacionim sistemima.

Na samom dnu nalaze se zemlje sa hronično niskom efikasnošću, među kojima se posebno izdvajaju Srbija, Severna Makedonija i Island. Srbija tokom celog perioda beleži efikasnost između 1% i 1,4%, bez ikakvog značajnog trenda rasta ili pada. Ovakav stabilno nizak nivo efikasnosti ukazuje na duboko ukorenjene strukturne probleme u inovacionom sistemu. Konkretno, dostupni podaci ukazuju da postoje ulaganja i istraživački kapaciteti, ali da oni ne rezultiraju adekvatnim brojem patenata niti značajnim izvozom visoke tehnologije. To znači da je osnovni problem u fazi transformacije, odnosno u nedovoljnoj povezanosti između istraživanja i privrede, slaboj komercijalizaciji inovacija i ograničenom prisustvu visokotehnoloških sektora. Severna Makedonija pokazuje blagi rast sa oko 0,7% na 1,2%, ali i dalje ostaje na izuzetno niskom nivou, dok Island, u posmatranom periodu beleži gotovo konstantnu efikasnost od oko 0,1%, što ga čini ekstremnim slučajem neefikasnosti. Tokom posmatranog perioda Island je održavao relativno visok nivo ulaganja u istraživanje i razvoj, uglavnom između 2% i 2,5% BDP-a, uz privremeni pad 2013. godine (1,69% BDP-a) i ponovni rast nakon 2018, kada je 2020. dostignuto 2,47% BDP-a. Pored toga, broj istraživača u odnosu na broj stanovnika bio je kontinuirano visok, što ukazuje na snažan istraživački kapacitet. Međutim, posmatrani izlazi, poput broja patenata i izvoza visoke tehnologije, karakterističniji su za velike industrijske ekonomije. Island, kao mala i strukturno specifična ekonomija zasnovana na uslugama, energetici i ribarstvu, nema razvijenu široku industrijsku bazu niti veliki broj patentno intenzivnih kompanija, pa se njegovi inovacioni rezultati ne reflektuju uvek kroz ove tradicionalne pokazatelje. Zbog toga dolazi do nesklada između relativno visokih ulaza i nižih vrednosti izlaza, što DEA metod registruje kao nižu efikasnost u odnosu na zemlje poput Nemačke, Francuske ili Holandije. Stoga se nizak DEA skor Islanda ne može tumačiti kao slabost inovacionog sistema, već pre kao posledica ograničenja izabranih indikatora i specifične ekonomske strukture zemlje.

Ukupno posmatrano, DEA window analiza jasno pokazuje da se razlike između zemalja ne ogledaju samo u nivou efikasnosti, već pre svega u njihovoj sposobnosti da tu efikasnost održavaju ili unapređuju kroz vreme. Dok zemlje poput Nemačke demonstriraju visok i stabilan nivo performansi, a zemlje poput Irske i Češke uspešan proces konvergencije, zemlje poput Srbije ostaju zarobljene u stanju trajno niske efikasnosti, bez vidljivih znakova napretka, što ukazuje na potrebu za dubinskim reformama inovacionog sistema.

Velike razlike u efikasnosti između zemalja delimično su posledica metodološke postavke DEA window analize, posebno odnosa broja DMU i varijabli, kao i dugog vremenskog horizonta koji povećava diskriminacionu moć modela i pooštrava kriterijume efikasnosti. Dodatno, DEA meri

relativnu efikasnost i favorizuje stabilne performanse kroz vreme, zbog čega dolazi do izraženijih razlika među jedinicama odlučivanja.



Slika 4.1 Efikasnost po prozorima 2010-2021

Izvor: Autor

Tabela 4.4 Rezultati *bootstrap* analize za CRS model

Zemlja	Prosečna efikasnost	Bootstrap procena	Donja granica intervala	Gornja granica intervala	Pristrasnost	Korigovana prosečna efikasnost
Nemačka	0,9721	0,9723	0,9514	0,9883	0,0002	0,9719
Rusija	0,9354	0,9356	0,8991	0,9688	0,0002	0,9352
Francuska	0,6882	0,6883	0,6557	0,7214	0,0001	0,6881
Holandija	0,5663	0,566	0,5376	0,5914	-0,0003	0,5666
Velika Britanija	0,4752	0,4746	0,421	0,5328	-0,0006	0,4758
Italija	0,4027	0,4028	0,3905	0,4149	0,0001	0,4026
Irska	0,38	0,3798	0,3003	0,4624	-0,0002	0,3802
Poljska	0,245	0,2448	0,2342	0,2558	-0,0002	0,2452
Češka Republika	0,2283	0,2282	0,2037	0,2551	-0,0001	0,2284
Ukrajina	0,214	0,214	0,1988	0,2287	0	0,214
Mađarska	0,1829	0,1828	0,1647	0,202	-0,0001	0,183
Rumunija	0,17	0,1702	0,1483	0,1938	0,0002	0,1698
Španija	0,1672	0,1671	0,1526	0,182	-0,0001	0,1673
Belgija	0,1458	0,1457	0,1267	0,17	-0,0001	0,1459
Republika Slovačka	0,1228	0,1228	0,111	0,1354	0	0,1228
Švedska	0,0841	0,0841	0,0787	0,0894	0	0,0841
Austrija	0,0812	0,0811	0,0774	0,0852	-0,0001	0,0813
Hrvatska	0,0631	0,0633	0,016	0,1103	0,0002	0,0629
Danska	0,0473	0,0473	0,044	0,051	0	0,0473
Norveška	0,0368	0,0368	0,0338	0,0398	0	0,0368
Grčka	0,0335	0,0334	0,0285	0,0388	-0,0001	0,0336
Litvanija	0,0307	0,0307	0,0275	0,0342	0	0,0307
Bugarska	0,0298	0,0298	0,0247	0,0352	0	0,0298
Latvija	0,0292	0,0292	0,0239	0,0349	0	0,0292

Portugal	0,0285	0,0285	0,0253	0,0318	0	0,0285
Finska	0,0268	0,0268	0,0255	0,0282	0	0,0268
Malta	0,0187	0,0187	0,0164	0,0212	0	0,0187
Estonija	0,0186	0,0186	0,0162	0,021	0	0,0186
Slovenija	0,0134	0,0134	0,0123	0,0147	0	0,0134
Srbija	0,0122	0,0122	0,0106	0,014	0	0,0122
Luksemburg	0,0089	0,0089	0,0082	0,0098	0	0,0089
Severna Makedonija	0,0089	0,0089	0,0077	0,0103	0	0,0089
Island	0,0011	0,0011	0,001	0,0013	0	0,0011

Izvor: Sopstveno istraživanje

Na dobijenim rezultatima se primenjuje *bootstrap* metoda, kako bi se proverila robustnost i statistička valjanost rezultata. Izračunavanje efikasnosti putem DEA window analize može dovesti do pojave pristrasnosti u rezultatima zbog nedovoljnog uzorka. Zato se uvodi korišćenje *bootstrap* metoda. Primena *bootstrap* metode za određivanje raspodele uzorka omogućava simulaciju raspodele originalnog procenjivača uzorka i korekciju pristrasnih procena vrednosti efikasnosti (Song et al., 2013). Za $n=2000$ pseudo uzoraka izračunata je korigovana efikasnost sa intervalom poverenja 0,05. Kada su procenjene vrednosti efikasnosti ispod izračunate prosečne efikasnosti, dolazi do precenjivanja efikasnosti, odnosno model daje višu vrednost prosečne efikasnosti od realno očekivane. U slučaju većih vrednosti procenjenih efikasnosti od dobijenih u modelu dolazi do potcenjenosti vrednosti rezultata modela. Ova odstupanja odražavaju tačnost izmerenih vrednosti efikasnosti, u smislu da veće odstupanje ukazuje na manju tačnost.

Rezultati *bootstrap* analize efikasnosti ukazuju na relativno visok stepen stabilnosti procena, s obzirom na to da su vrednosti prosečne efikasnosti i bootstrap procene u većini slučajeva gotovo identične. Ovakav nalaz sugerise da početne DEA procene ne sadrže značajnu sistematsku grešku, što dodatno potvrđuju i niske vrednosti pristrasnosti, koje su kod većine zemalja bliske nuli. Generalno odstupanja su uglavnom neznatna, što ukazuje na validnost i tačnost DEA rezultata i odsustvo pristrasnosti u proceni

Intervali poverenja dodatno omogućavaju procenu pouzdanosti rezultata. Uočava se da zemlje sa višim nivoom efikasnosti, poput Nemačke i Rusije, imaju relativno uske intervale poverenja, što ukazuje na stabilnost njihovih performansi. Nasuprot tome, kod pojedinih zemalja, kao što je Hrvatska, prisutni su znatno širi intervali poverenja, što ukazuje na veću varijabilnost rezultata i potencijalnu osetljivost modela na promene u podacima.

Korigovane vrednosti efikasnosti u većini slučajeva ne odstupaju značajno od originalnih procena, što potvrđuje robustnost modela. Ukupno posmatrano, *bootstrap* analiza potvrđuje validnost i pouzdanost DEA rezultata, ali istovremeno ukazuje na postojanje razlika u stabilnosti efikasnosti između zemalja, što je posebno izraženo kod onih sa nižim nivoom efikasnosti ili većom varijabilnošću izlaznih varijabli.

Rezultati *bootstrap* analize ukazuju na značajne razlike između zemalja ne samo u nivou efikasnosti, već i u nenoj stabilnosti. Hrvatska se izdvaja po visokoj varijabilnosti i širokim intervalima poverenja, što da njeni visoki rezultati proizilaze pre svega iz naglih promena u pojedinačnim izlaznim varijablama, posebno izvozu visoke tehnologije, a ne iz stabilnog razvoja inovacionog sistema. Nasuprot tome, Srbija beleži izuzetno nizak, ali stabilan nivo efikasnosti, sa uskim intervalima poverenja, što ukazuje na strukturno slab inovacioni sistem bez značajnih oscilacija. Nemačka predstavlja primer stabilno visokog i robusnog sistema, dok zemlje poput Irske i Velike Britanije pokazuju veću varijabilnost i zavisnost od promena u izlazima, a Poljska stabilne, ali niske performanse. Ovi nalazi potvrđuju da stabilnost efikasnosti predstavlja ključnu dimenziju u oceni inovacionih sistema, jer razlikuje održive performanse od onih koje su rezultat privremenih i nestabilnih promena.

Primena DEA metodologije u analizi nacionalnih sistema istraživanja i razvoja zahteva dodatne procedure provere robustnosti, budući da DEA predstavlja deterministički pristup osetljiv na ekstremne jedinice i strukturu uzorka. Iz tog razloga pored *bootstrap* metoda za validaciju rezultat primenjena je i *Jackknife* analiza². *Jackknife* analiza korišćena je za ispitivanje uticaja dominantnih benčmark zemalja na formiranje granice efikasnosti i relativnu poziciju ostalih jedinica odlučivanja, dok je *bootstrap* metod primenjen radi korekcije pristrasnosti DEA skorova i procene njihove statističke pouzdanosti putem intervala poverenja (Cinaroglu, 2021; Coelho Junior et al., 2026; Ondrich & Ruggiero, 2002). Na taj način obezbeđena je istovremena provera strukturne i statističke stabilnosti rezultata, čime se značajno povećava validnost interpretacije efikasnosti nacionalnih I&R sistema.

S obzirom na postojanje izrazito dominantnih zemalja, sprovedena je *Jackknife* analiza u kojoj su iz uzorka privremeno isključene Nemačka i Rusija. Cilj je bio da se ispita u kojoj meri njihovo prisustvo utiče na formiranje granice efikasnosti i relativne skorove ostalih zemalja. Kada su Nemačka i Rusija uključene u uzorak, one zauzimaju prva dva mesta sa prosečnim efikasnostima od 0,9720 i 0,9354, formirajući izrazito dominantnu granicu efikasnosti. Njihove visoke vrednosti ulaza, ali posebno visoke vrednosti izlaza, pomeraju granicu efikasnosti naviše i dovode do nižih relativnih efikasnosti ostalih zemalja. U takvim uslovima, čak i zemlje sa razvijenim inovacionim sistemima, poput Francuske, Holandije, Velike Britanije i Italije, beleže znatno niže efikasnosti u odnosu na scenario bez ovih zemalja. Na primer, efikasnost Francuske raste sa 0,6882 na 0,9735, Italije sa 0,4025 na 0,9741, a Velike Britanije sa 0,4752 na 0,8842 nakon njihovog isključivanja. Ovakve promene ukazuju da su ostale zemlje u uzorku međusobno relativno slične po nivou performansi, dok Nemačka i Rusija predstavljaju izrazito dominantne jedinice koje značajno pomeraju granicu efikasnosti naviše. Samim tim, deo uočene neefikasnosti ostalih zemalja proizlazi iz poređenja sa ovim ekstremno efikasnim referentnim jedinicama.

Isključivanjem Nemačke i Rusije dolazi do relaksacije granice efikasnosti, odnosno ona se formira među preostalim, međusobno strukturno sličnijim zemljama. Time se jasnije uočavaju razlike među zemljama srednjeg i višeg nivoa razvijenosti, a model postaje pogodniji za analizu unutrašnje heterogenosti uzorka. Ovo je posebno značajno za interpretaciju kod Srbije. U prisustvu dominantnih zemalja Srbija ostvaruje prosečnu efikasnost od 0,012 i nalazi se na 30. mestu, dok nakon njihovog isključivanja skor raste na 0,0298 u CRS modelu (i dodatno u VRS modelu). Iako dolazi do blagog poboljšanja rezultata, efikasnost Srbije ostaje izrazito niska u odnosu na ostale zemlje u uzorku, što ukazuje da njena neefikasnost nije primarno posledica prisustva dominantnih referentnih jedinica, već znatno slabijih performansi nacionalnog inovacionog sistema u odnosu na većinu posmatranih zemalja.

Može se zaključiti da uključivanje vodećih inovacionih ekonomija pruža strožu, globalno orijentisanu procenu efikasnosti, dok njihovo isključivanje omogućava realističniju komparaciju među zemljama sličnijeg nivoa razvijenosti. Obe perspektive imaju analitičku vrednost: prva ukazuje na udaljenost od lidera, dok druga omogućava preciznije rangiranje i identifikaciju prostora za unapređenje unutar uporedive grupe zemalja.

² Suština *Jackknife* analize u ovom slučaju (za razliku od *leave-one-out* *Jackknife* po godinama), je u tome da se iz uzorka privremeno uklone pojedine jedinice odlučivanja (najčešće one koje predstavljaju ekstremno efikasne jedinice ili benčmarke) kako bi se ispitalo koliko njihovo prisustvo utiče na rezultate efikasnosti i rangiranje ostalih jedinica.

4.5.2 Rezultati analize efikasnosti – VRS model

Cilj ove analize jeste procena tehničke efikasnosti primenom VRS modela, sa ciljem izdvajanja efekata ekonomije obima. Kao i u prethodnom modelu, primenjen je izlazno orijentisan pristup, a rezultati su analizirani kako na godišnjem nivou, tako i kroz DEA window metod po vremenskim prozorima. U Tabeli 4.5 prikazane su efikasnosti po godinama.

Tabela 4.5 Efikasnost po godinama 2010-2021 – VRS model

Zemlja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Austrija	0,078	0,090	0,086	0,097	0,100	0,084	0,081	0,081	0,079	0,076	0,076	0,080
Belgija	0,123	0,126	0,112	0,135	0,153	0,127	0,149	0,133	0,146	0,157	0,163	0,287
Bugarska	0,034	0,044	0,037	0,041	0,028	0,023	0,038	0,052	0,06	0,054	0,053	0,071
Hrvatska	0,023	0,021	0,023	0,023	0,023	0,022	0,031	0,022	0,02	0,275	0,229	0,236
Češka Republika	0,226	0,247	0,202	0,183	0,191	0,185	0,224	0,254	0,291	0,305	0,313	0,322
Danska	0,043	0,049	0,045	0,048	0,049	0,047	0,047	0,043	0,046	0,048	0,052	0,068
Estonija	0,011	0,016	0,015	0,021	0,029	0,022	0,028	0,024	0,022	0,017	0,020	0,024
Finska	0,037	0,035	0,035	0,033	0,029	0,027	0,027	0,03	0,031	0,029	0,035	0,034
Francuska	0,672	0,705	0,707	0,731	0,729	0,679	0,702	0,731	0,81	0,839	0,589	0,673
Nemačka	1,000	1,000	0,974	0,996	1,000	0,985	1,000	0,989	1,000	0,997	0,901	1,000
Grčka	0,072	0,061	0,052	0,043	0,046	0,034	0,036	0,027	0,027	0,024	0,022	0,051
Mađarska	0,272	0,290	0,211	0,185	0,177	0,170	0,223	0,210	0,190	0,209	0,188	0,193
Island	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
Irska	0,331	0,255	0,243	0,233	0,251	0,43	0,555	0,534	0,576	0,613	0,683	0,799
Italija	0,524	0,515	0,488	0,465	0,493	0,489	0,474	0,454	0,485	0,413	0,464	0,469
Latvija	0,019	0,018	0,024	0,039	0,041	0,053	0,149	0,108	0,082	0,061	0,059	0,055
Litvanija	0,028	0,028	0,033	0,034	0,034	0,032	0,047	0,052	0,053	0,049	0,043	0,050
Luksemburg	0,009	0,011	0,011	0,009	0,008	0,009	0,010	0,010	0,012	0,012	0,010	0,014
Malta	0,038	0,036	0,027	0,025	0,025	0,019	0,032	0,035	0,041	0,043	0,034	0,027
Holandija	0,647	0,637	0,596	0,59	0,6	0,504	0,52	0,593	0,601	0,609	0,575	0,681
Severna Makedonija	1,000	1,000	0,349	0,269	0,023	0,033	0,049	1,000	0,234	0,149	0,117	0,035
Norveška	0,043	0,047	0,046	0,047	0,048	0,038	0,034	0,033	0,033	0,033	0,029	0,038
Poljska	0,289	0,31	0,293	0,326	0,324	0,33	0,348	0,348	0,325	0,259	0,246	0,277
Rumunija	0,280	0,322	0,227	0,541	0,816	0,485	0,548	0,655	0,764	0,755	0,627	0,547
Rusija	0,971	0,936	0,997	1,000	0,835	0,996	0,978	0,888	1,000	0,937	0,962	0,808
Srbija	0,023	0,015	0,014	0,019	0,018	0,014	0,014	0,013	0,012	0,014	0,016	0,017
Republika Slovačka	0,127	0,139	0,143	0,178	0,173	0,106	0,202	0,204	0,231	0,212	0,178	0,175
Slovenija	0,011	0,011	0,011	0,012	0,012	0,013	0,014	0,014	0,017	0,018	0,018	0,018
Španija	0,148	0,160	0,166	0,175	0,187	0,177	0,224	0,216	0,220	0,211	0,190	0,277
Švedska	0,111	0,122	0,104	0,102	0,099	0,088	0,090	0,082	0,083	0,083	0,084	0,090
Ukrajina	0,222	0,259	0,269	0,365	0,485	0,557	0,579	0,685	0,568	0,824	0,622	1,000
Velika Britanija	0,584	0,653	0,672	0,666	0,466	0,465	0,46	0,474	0,417	0,426	0,319	0,365
Portugal	0,017	0,022	0,025	0,028	0,033	0,039	0,036	0,036	0,037	0,043	0,034	0,034

Izvor: Sopstveno istraživanje

Rezultati VRS izlazno orijentisanog modela pružaju dodatni uvid u efikasnost nacionalnih inovacionih sistema, jer eliminišu uticaj veličine zemlje i omogućavaju analizu čiste tehničke efikasnosti. U poređenju sa CRS modelom, uočava se da određene zemlje ostvaruju više vrednosti efikasnosti, što ukazuje na neefikasnost usled neodgovarajućeg obima poslovanja, dok kod drugih razlike gotovo da ne postoje, što znači da su problemi dublje, strukturne prirode.

Na samom vrhu ponovo se nalazi Nemačka, koja i u VRS modelu ostvaruje efikasnost od gotovo 100% u većini godina, uz minimalan pad na oko 90% u 2020. godini. Ovaj rezultat potvrđuje da efikasnost Nemačke nije posledica veličine sistema, već njegove unutrašnje organizacije i sposobnosti da efikasno transformiše istraživačke resurse u inovacione i izvozne rezultate. Drugim rečima, Nemačka je istovremeno i tehnički i skalno efikasna. Sličan obrazac, ali sa većim oscilacijama, prisutan je kod Rusije, gde efikasnost varira između 80% i 100%, što ukazuje da je sistem u osnovi efikasan, ali podložan promenama u odnosu ulaz - izlaz.

U grupi visoko efikasnih zemalja sada se još jasnije izdvaja Irska, kod koje dolazi do značajnog povećanja efikasnosti u odnosu na CRS model. U VRS modelu efikasnost raste sa oko 33% na čak 80% u 2021. godini, što je jedan od najviših nivoa u uzorku. Ovakav rezultat jasno pokazuje da ograničenja u CRS modelu nisu bila posledica lošeg upravljanja resursima, već specifične veličine i strukture ekonomije. Drugim rečima, Irska je tehnički veoma efikasna, ali nije radila na optimalnom obimu aktivnosti, što VRS model uspešno otkriva. Ovakav rezultat pokazuje da ograničenja u CRS modelu nisu bila posledica lošeg upravljanja resursima, već specifične veličine i strukture ekonomije. Drugim rečima, Irska je tehnički veoma efikasna, ali nije radila na optimalnom obimu aktivnosti, što VRS model uspešno otkriva. To ukazuje da bi razvojne politike u Irskoj trebalo prvenstveno usmeriti na održavanje optimalne strukture i stabilnosti inovacionog sistema, a ne isključivo na povećanje obima ulaganja. Sličan obrazac, ali sa većim oscilacijama, prisutan je kod Rumunije, gde efikasnost dostiže i preko 80% (2014), ali zatim značajno varira, što ukazuje na nestabilnost u korišćenju resursa i zavisnost od pojedinačnih skokova u izlazima. Za Rumuniju to znači da je potrebno obezbediti veću kontinuitet i stabilnost inovacionih politika kako bi se ostvarili dugoročniji i održiviji rezultati.

U srednjoj grupi zemalja dolazi do značajnih razlika u odnosu na CRS model. Češka Republika pokazuje stabilan rast efikasnosti sa oko 22% na 32%, što potvrđuje postepeno unapređenje tehničke efikasnosti. Poljska takođe beleži relativno visoke vrednosti, do 34%, ali sa padom u kasnijem periodu, što ukazuje na gubitak efikasnosti u korišćenju resursa. Italija se sada nalazi na nivou od oko 45% - 52%, što je više nego u CRS modelu, ali i dalje bez jasnog uzlaznog trenda, što potvrđuje da problem nije u veličini sistema, već u nedovoljno efikasnoj transformaciji ulaza u izlaze. Holandija pokazuje stabilno visoke vrednosti, 50% - 68%, uz blagi pad i oporavak, što ukazuje na relativno efikasan, ali ne i dinamično unapređujući sistem.

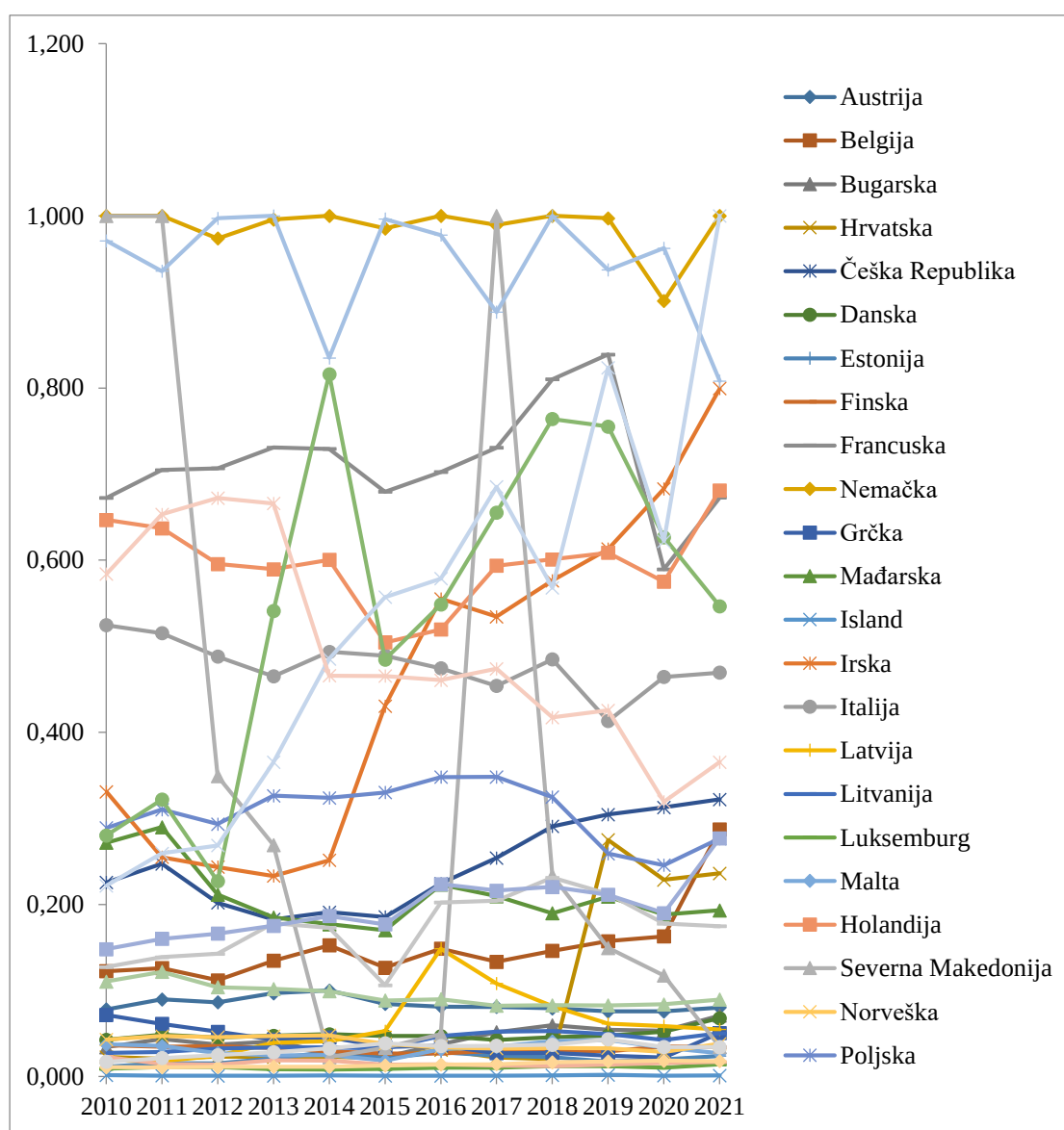
Posebno zanimljiv slučaj predstavlja Hrvatska, gde se u VRS modelu još izraženije vidi nagli skok efikasnosti u 2019. godini, na čak 27,5%, nakon dugog perioda stagnacije na nivou od oko 2%. Ovaj rezultat potvrđuje da je došlo do značajne promene u odnosu između izlaza i ulaza, ali i otvara pitanje održivosti ovog rasta, s obzirom na njegovu naglost.

Kod pojedinih zemalja prisutne su izrazite oscilacije efikasnosti koje zahtevaju oprez u interpretaciji rezultata. Posebno se izdvaja Severna Makedonija, koja u pojedinim godinama (2010, 2011. i 2017) ostvaruje efikasnost od 100%, dok u većini ostalih perioda beleži veoma niske vrednosti efikasnosti, uglavnom između 2% i 5%. Ovakav obrazac ukazuje da su rezultati verovatno posledica specifične strukture podataka, odnosno veoma niskih vrednosti ulaza u odnosu na ostvarene izlaze u tim godinama. U VRS modelu male i strukturno specifične ekonomije mogu formirati lokalnu granicu efikasnosti, iako apsolutni nivo inovacionih performansi ostaje relativno nizak. Zbog toga visoke vrednosti efikasnosti kod Severne Makedonije ne treba tumačiti kao pokazatelj stabilno superiornog inovacionog sistema, već kao rezultat relativnog odnosa ulaza i izlaza u posmatranim godinama. Takvi rezultati istovremeno predstavljaju jedno od ograničenja interpretacije VRS modela kod malih i nestabilnih sistema, jer ekstremne vrednosti mogu biti pod značajnim uticajem specifičnih karakteristika podataka u pojedinim godinama. Slična situacija prisutna je i kod Ukraine, koja dostiže efikasnost od 100% u 2021. godini uprkos značajnim oscilacijama tokom prethodnog perioda, što dodatno potvrđuje relativni karakter DEA efikasnosti.

Na samom dnu nalaze se zemlje sa hronično niskom efikasnošću, među kojima se posebno izdvaja Srbija. U VRS modelu efikasnost Srbije se kreće između 1,2% i 2,3%, što predstavlja blago

povećanje u odnosu na CRS model. Ovo je izuzetno važan nalaz, jer pokazuje da problem Srbije nije posledica neodgovarajuće veličine sistema, već izrazito niske tehničke efikasnosti. Drugim rečima, čak i kada se eliminiše uticaj skale, Srbija i dalje ne uspeva da efikasno transformiše raspoložive resurse u inovacione i ekonomske rezultate. To ukazuje na duboke strukturne probleme, pre svega u oblasti komercijalizacije istraživanja, povezanosti između akademskog sektora i privrede, kao i nedovoljne razvijenosti visokotehnoških industrija.

Ukupno posmatrano, poređenje CRS i VRS modela jasno pokazuje da se razlike između zemalja ne mogu objasniti samo veličinom sistema, već pre svega načinom na koji se raspoloživi resursi koriste. Dok zemlje poput Nemačke i Irske pokazuju visok nivo tehničke efikasnosti, zemlje poput Srbije ostaju neefikasne čak i nakon eliminacije skalnih efekata, što ukazuje na potrebu za dubinskim reformama inovacionog sistema.



Slika 4.2 Efikasnost po godinama
Izvor: Autor

Tabela 4.6 Efikasnost po prozorima 2010-2021 – VRS model

Zemlja	2010-2013	2011-2014	2012-2015	2013-2016	2014-2017	2015-2018	2016-2019	2017-2020	2018-2021
Austrija	0,089	0,093	0,091	0,09	0,086	0,083	0,08	0,078	0,077
Belgija	0,124	0,13	0,131	0,139	0,136	0,141	0,147	0,153	0,189
Bugarska	0,037	0,035	0,035	0,033	0,034	0,044	0,052	0,058	0,057
Hrvatska	0,022	0,021	0,024	0,025	0,024	0,025	0,087	0,142	0,186
Češka Republika	0,214	0,203	0,191	0,194	0,207	0,242	0,268	0,299	0,307
Danska	0,047	0,047	0,047	0,047	0,046	0,046	0,046	0,047	0,054
Estonija	0,016	0,02	0,022	0,025	0,025	0,025	0,023	0,022	0,021
Finska	0,035	0,033	0,031	0,029	0,028	0,028	0,029	0,031	0,033
Francuska	0,705	0,712	0,71	0,703	0,69	0,743	0,768	0,763	0,731
Nemačka	0,996	0,991	0,987	0,993	0,991	0,996	0,995	0,973	0,977
Grčka	0,056	0,048	0,046	0,04	0,036	0,032	0,029	0,026	0,031
Mađarska	0,238	0,211	0,189	0,187	0,189	0,203	0,209	0,206	0,194
Island	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Irska	0,265	0,241	0,29	0,361	0,425	0,537	0,574	0,627	0,654
Italija	0,481	0,475	0,49	0,481	0,465	0,495	0,459	0,472	0,457
Latvija	0,023	0,027	0,041	0,067	0,078	0,106	0,107	0,084	0,058
Litvanija	0,03	0,031	0,034	0,037	0,04	0,048	0,051	0,052	0,047
Luksemburg	0,01	0,01	0,009	0,009	0,009	0,011	0,011	0,012	0,012
Malta	0,03	0,026	0,025	0,025	0,026	0,033	0,039	0,042	0,032
Holandija	0,617	0,599	0,574	0,549	0,539	0,564	0,579	0,611	0,618
Severna Makedonija	0,509	0,262	0,272	0,28	0,279	0,346	0,386	0,431	0,034
Norveška	0,046	0,046	0,045	0,042	0,038	0,035	0,033	0,033	0,033
Poljska	0,297	0,3	0,328	0,335	0,33	0,345	0,322	0,306	0,272
Rumunija	0,27	0,288	0,573	0,737	0,632	0,67	0,74	0,83	0,487
Rusija	0,976	0,94	0,954	0,946	0,927	0,964	0,959	0,95	0,927
Srbija	0,017	0,015	0,017	0,017	0,015	0,014	0,013	0,014	0,014
Republika Slovačka	0,142	0,148	0,158	0,167	0,165	0,192	0,217	0,218	0,189
Slovenija	0,011	0,011	0,012	0,012	0,013	0,015	0,016	0,017	0,018
Španija	0,161	0,167	0,179	0,19	0,194	0,214	0,219	0,218	0,221
Švedska	0,111	0,106	0,098	0,094	0,089	0,087	0,085	0,083	0,084
Ukrajina	0,257	0,292	0,4	0,528	0,616	0,643	0,717	0,805	0,546
Velika Britanija	0,642	0,606	0,572	0,511	0,453	0,463	0,443	0,42	0,385
Portugal	0,023	0,026	0,031	0,034	0,035	0,037	0,038	0,039	0,037

Izvor: Sopstveno istraživanje

Prosečna efikasnost u pogledu istraživanja i razvoja i korišćenja ulaza i izlaza po prozorima za svaku posmatranu zemlju je prikazana u Tabeli 4.6. Rezultati DEA window analize zasnovane na VRS modelu pružaju precizniji uvid u performanse nacionalnih inovacionih sistema, jer istovremeno eliminišu uticaj veličine zemlje i omogućavaju praćenje stabilnosti efikasnosti kroz vreme. Na osnovu dobijenih vrednosti moguće je jasno diferencirati zemlje sa stabilno visokom efikasnošću, zemlje sa izraženim trendovima rasta ili pada, kao i one sa hronično niskim performansama.

U grupi najefikasnijih i najstabilnijih zemalja jasno se izdvaja Nemačka, koja tokom svih posmatranih prozora ostvaruje efikasnost između 97% i 100%, uz minimalne oscilacije. Ovakav obrazac potvrđuje da nemački inovacioni sistem funkcioniše na visokom nivou tehničke efikasnosti i da je sposoban da kontinuirano i stabilno transformiše istraživačke resurse u inovacione i izvozne

rezultate. Kod Rusije se efikasnost kreće između 92% i 97%, uz blagi opadajući trend u kasnijim prozorima.

Među zemljama koje beleže najznačajnije unapređenje efikasnosti posebno se izdvaja Irska, koja pokazuje jasan i kontinuiran rast kroz sve vremenske prozore, sa oko 26% u početnom periodu na preko 65% u završnom. Ovaj obrazac predstavlja najčistiji primer sistemskog poboljšanja inovacionog sistema, gde rast efikasnosti nije rezultat pojedinačnih skokova, već stabilnog unapređenja sposobnosti konverzije ulaza u izlaze. Sličan, ali blaži trend prisutan je kod Češke Republike, gde efikasnost raste sa oko 21% na preko 30%, kao i kod Španije, koja beleži stabilan rast sa približno 16% na 22%, bez značajnih oscilacija. Ovi rezultati ukazuju na proces postepene konvergencije ka efikasnijim inovacionim sistemima.

Nasuprot ovim stabilnim rastućim trendovima, pojedine zemlje karakterišu izražene oscilacije koje ukazuju na nestabilnost sistema. Najizraženiji primer je Rumunija, gde efikasnost naglo raste sa oko 27% na čak 83%, ali zatim pada na oko 49% u poslednjem prozoru. Ovakav obrazac jasno ukazuje da visoke vrednosti efikasnosti nisu rezultat stabilnog sistema, već verovatno pojedinačnih skokova u izlazima, što zahteva oprez u interpretaciji. Slična situacija prisutna je kod Ukrajine, gde efikasnost raste do preko 80%, ali zatim značajno opada, što potvrđuje nestabilnost u performansama.

Posebno interesantan slučaj predstavlja Hrvatska, koja beleži veoma nizak nivo efikasnosti u početnim prozorima, oko 2%, ali zatim ostvaruje značajan i kontinuiran rast, dostižući oko 18,6% u poslednjem prozoru. Za razliku od Rumunije, ovaj rast je postepen kroz više uzastopnih prozora, što ukazuje na verovatnije strukturno unapređenje inovacionog sistema, a ne na jednokratni efekat.

U grupi zemalja srednjeg nivoa efikasnosti, ali bez jasnog napretka, nalaze se Italija i Holandija. Italija se kreće u relativno stabilnom rasponu od 45% do 49%, bez izraženog trenda rasta, što ukazuje na stabilan, ali ne i dinamičan sistem. Holandija pokazuje blagi pad sa oko 62% na 54%, a zatim oporavak na oko 62%, što ukazuje na privremene poremećaje, ali bez dugoročnog unapređenja efikasnosti. Poljska takođe pokazuje stagnaciju, uz blagi pad u poslednjim prozorima, što ukazuje na ograničenja u daljem razvoju inovacionog sistema.

U grupi zemalja sa opadajućim trendom posebno se izdvaja Velika Britanija, gde efikasnost kontinuirano opada sa oko 64% na ispod 40%, što ukazuje na sistematsko pogoršanje sposobnosti transformacije ulaza u izlaze. Sličan, ali manje izražen negativan trend prisutan je kod Grčke i Norveške, gde dolazi do postepenog smanjenja efikasnosti kroz vreme.

Na samom dnu nalaze se zemlje sa hronično niskom i stabilnom neefikasnošću, među kojima se posebno izdvaja Srbija. Efikasnost Srbije u svim prozorima ostaje između 1,3% i 1,7%, bez ikakvog trenda rasta ili značajnih oscilacija. Ovakav obrazac ukazuje na duboko ukorenjene strukturne slabosti inovacionog sistema. Za razliku od nekih drugih zemalja, gde se niska efikasnost može objasniti veličinom sistema, VRS model jasno pokazuje da u slučaju Srbije problem nije skalne prirode, već se odnosi na izuzetno nisku tehničku efikasnost. To znači da postojeći istraživački resursi ne uspevaju da generišu adekvatne inovacione i izvozne rezultate, što ukazuje na slabu povezanost između istraživačkog sektora i privrede, kao i na nedovoljnu komercijalizaciju istraživanja.

Ukupno posmatrano, DEA window analiza zasnovana na VRS modelu jasno pokazuje da se razlike između zemalja ne ogledaju samo u nivou efikasnosti, već i u njenoj stabilnosti i dinamici kroz vreme. Dok zemlje poput Nemačke i Irske demonstriraju visok i stabilan nivo tehničke efikasnosti, zemlje poput Rumunije i Ukrajine pokazuju nestabilne obrasce, a zemlje poput Srbije ostaju zarobljene u stanju trajno niske efikasnosti, bez vidljivih znakova napretka.

Pandemija COVID-19 imala je izraženiji negativan uticaj na rezultate CRS modela, s obzirom na to da ovaj model uključuje efekat veličine i osetljiv je na makroekonomske poremećaje. Nasuprot tome, VRS model pokazuje veću stabilnost, jer meri čistu tehničku efikasnost, što ukazuje da su promene u efikasnosti tokom pandemije delimično posledica skalnih, a ne isključivo tehničkih faktora. Najveći negativni uticaj pandemije COVID-19 uočen je kod razvijenih i izvozno orijentisanih

ekonomija, poput Nemačke, Francuske i Velike Britanije, gde dolazi do pada efikasnosti usled poremećaja u globalnim lancima vrednosti. Nasuprot tome, zemlje sa stabilno niskim nivoom efikasnosti, poput Srbije, ne pokazuju značajne promene, što ukazuje da je njihov problem strukturne, a ne ciklične prirode.

Spearmanov koeficijent korelacije ranga od 0,96 ukazuje na veoma jaku podudarnost rangiranja zemalja između CRS i VRS modela, što potvrđuje visok nivo robusnosti i stabilnosti rezultata. To znači da promene u metodološkim pretpostavkama ne utiču značajno na poredak zemalja, već se razlike svode na manja pomeranja bez promene ukupne strukture efikasnosti. Visoka korelacija takođe ukazuje da efekti obima nemaju dominantnu ulogu, već da su razlike u efikasnosti prvenstveno rezultat tehničke efikasnosti, odnosno načina korišćenja resursa. Ipak, manja odstupanja kod pojedinih zemalja sugerišu prisustvo neefikasnosti obima, dok zemlje sa stabilno niskim rangovima, poput Srbije, potvrđuju da je problem strukturne prirode, a ne povezan sa veličinom sistema.

Rezultati *bootstrap* analize VRS modela sa 2000 ponavljanja ukazuju na visok stepen pouzdanosti procena efikasnosti, s obzirom na minimalne razlike između originalnih i *bootstrap* vrednosti, što potvrđuje nisku pristrasnost i robusnost rezultata. Uklanjanjem efekta obima, VRS model omogućava preciznije sagledavanje čiste tehničke efikasnosti, pri čemu dolazi do izraženijih razlika u varijabilnosti između zemalja u odnosu na CRS model.

Na vrhu rang liste izdvajaju se Nemačka i Rusija, koje ostvaruju visoke vrednosti efikasnosti uz uske intervale poverenja i niske standardne greške, što ukazuje na stabilne i robusne inovacione sisteme. S obzirom na to da su njihove vrednosti efikasnosti visoke i u CRS modelu, može se zaključiti da su ove zemlje blizu optimalne skale i tehnički efikasne. Nasuprot tome, zemlje poput Rumunije i Ukrajine beleže značajan rast efikasnosti u VRS modelu u odnosu na CRS, što ukazuje da njihov osnovni problem nije tehnička efikasnost, već neoptimalna veličina sistema, odnosno izražena skalna neefikasnost.

Bootstrap analiza potvrđuje da kod pojedinih zemalja postoji izražena nestabilnost procenjenih efikasnosti. To je posebno uočljivo kod Severne Makedonije, gde veoma široki intervale poverenja ukazuju na visoku osetljivost rezultata na promene u podacima i nestabilnost procenjene granice efikasnosti. Takvi nalazi potvrđuju da ekstremno visoke DEA vrednosti ostvarene u pojedinim godinama treba interpretirati sa rezervom, jer mogu biti posledica specifičnih karakteristika podataka i male veličine sistema, a ne nužno stabilno visokih inovacionih performansi. Hrvatska u VRS modelu pokazuje umereniju varijabilnost u odnosu na CRS, što potvrđuje da su prethodna odstupanja bila delimično posledica efekata skale, dok i dalje postoji određena zavisnost rezultata od kretanja pojedinačnih izlaznih varijabli.

U srednjem delu distribucije nalaze se zemlje poput Italije, Holandije i Velike Britanije, koje pokazuju relativno stabilne performanse uz umerene intervale poverenja, dok Irska beleži veću varijabilnost, što ukazuje na dinamičan razvoj i promene u inovacionom sistemu. Na donjem delu rang liste nalaze se zemlje sa niskim nivoom efikasnosti, među kojima se posebno izdvaja Srbija, koja beleži stabilno niske vrednosti uz uske intervale poverenja, što ukazuje na strukturno slab inovacioni sistem i odsustvo značajnih oscilacija.

Ukupno posmatrano, *bootstrap* analiza VRS modela potvrđuje pouzdanost DEA rezultata i omogućava jasnije razlikovanje između tehničke i skalne neefikasnosti. Dok male razlike između CRS i VRS rezultata ukazuju na dominaciju tehničke efikasnosti, značajna odstupanja potvrđuju prisustvo skalne neefikasnosti, čime se obezbeđuje čvrsta osnova za dalju analizu determinanti efikasnosti u drugoj fazi istraživanja.

Poređenje prosečnih VRS efikasnosti sa i bez Nemačka i Rusija kao benčmark zemalja potvrđuje njihov snažan uticaj na formiranje granice efikasnosti i relativne pozicije ostalih zemalja. Kada su uključene u uzorak, ove zemlje zauzimaju prva mesta sa gotovo punom efikasnošću (0,9869 i 0,9424) i deluju kao dominantne referentne jedinice. Nakon njihovog isključivanja kroz *Jackknife*

analizu dolazi do značajnog rasta prosečnih VRS efikasnosti gotovo svih zemalja. Francuska raste sa 0,7139 na 0,9738 i dolazi na prvo mesto, Italija sa 0,4779 na 0,9726 prelazi na drugo mesto, dok Velika Britanija raste sa 0,4973 na 0,8854 i zauzima treću poziciju. Holandija takođe beleži rast efikasnosti i zadržava visoku poziciju. Ove promene ukazuju da je deo njihove relativne neefikasnosti posledica poređenja sa izrazito dominantnim referentnim jedinicama, a ne nužno slabijih performansi.

Zanimljiv je slučaj Severna Makedonija, koja sa uključenim Nemačkom i Rusijom zauzima 10. mesto (0,3548), dok nakon njihovog isključivanja pada na 29. mesto (0,0223), što ukazuje na promenu relativne pozicije u odnosu na strukturno sličnije zemlje. Srbija beleži rast efikasnosti sa 0,0158 na 0,0304 i napreduje sa 30. na 25. mesto, što sugerise da deo uočene neefikasnosti proizlazi iz stroge referentne granice. Island ostaje poslednje rangiran, što potvrđuje da tradicionalni izlazi ne obuhvataju u potpunosti specifičnosti njegovog inovacionog sistema.

Tabela 4.7 Rezultati *bootstrap* analize za VRS model

Zemlja	Prosečna efikasnost	Bootstrap procena	Donja granica intervala	Gornja granica Interval	Priistrasnost	Korigovana Prosečna efikasnost
Nemačka	0,9868	0,987	0,9693	0,9978	0,0002	0,9866
Rusija	0,9423	0,9425	0,9071	0,975	0,0002	0,9421
Francuska	0,7139	0,7141	0,6798	0,7505	0,0002	0,7137
Holandija	0,5961	0,5958	0,5679	0,6203	-0,0003	0,5964
Rumunija	0,5473	0,5461	0,4384	0,6436	-0,0012	0,5485
Ukrajina	0,5363	0,5354	0,4096	0,6658	-0,0009	0,5372
Velika Britanija	0,4973	0,4965	0,4384	0,5592	-0,0008	0,4981
Italija	0,4778	0,4782	0,459	0,496	0,0004	0,4774
Irska	0,4586	0,4584	0,3664	0,5552	-0,0002	0,4588
Poljska	0,3063	0,3062	0,2859	0,3266	-0,0001	0,3064
Češka Republika	0,2453	0,2452	0,2184	0,2717	-0,0001	0,2454
Mađarska	0,209	0,2088	0,187	0,2325	-0,0002	0,2092
Severna Makedonija	0,3548	0,3558	0,1417	0,5898	0,001	0,3538
Španija	0,1959	0,1958	0,1748	0,2185	-0,0001	0,196
Slovačka Republika	0,1723	0,1722	0,1523	0,1935	-0,0001	0,1724
Belgija	0,1509	0,1508	0,1283	0,1803	-0,0001	0,151
Švedska	0,0948	0,0947	0,0878	0,1018	-0,0001	0,0949
Austrija	0,0832	0,0831	0,0788	0,088	-0,0001	0,0833
Hrvatska	0,079	0,0792	0,022	0,1424	0,0002	0,0788
Latvija	0,059	0,0591	0,0384	0,0843	0,0001	0,0589
Bulgarska	0,0446	0,0445	0,0367	0,053	-0,0001	0,0447
Danska	0,0488	0,0488	0,0452	0,0527	0	0,0488
Grčka	0,0413	0,0412	0,034	0,049	-0,0001	0,0414
Litvanija	0,0403	0,0403	0,0355	0,0451	0	0,0403
Norveška	0,0393	0,0393	0,0359	0,0428	0	0,0393
Finska	0,0318	0,0318	0,0296	0,0342	0	0,0318
Malta	0,0318	0,0318	0,0273	0,0368	0	0,0318
Portugal	0,0321	0,0321	0,0284	0,0359	0	0,0321
Estonija	0,0208	0,0208	0,0181	0,0238	0	0,0208
Srbija	0,0158	0,0158	0,0138	0,0178	0	0,0158
Slovenija	0,0141	0,0141	0,0128	0,0155	0	0,0141
Luksemburg	0,0104	0,0104	0,0095	0,0114	0	0,0104
Island	0,0012	0,0012	0,001	0,0014	0	0,0012

Izvor: Sopstveno istraživanje

4.5.3 Rezultati Malmkvistovog indeksa produktivnosti

Kao što je navedeno u metodološkom delu Malmkvistov indeks produktivnosti omogućava procenu promene ukupne faktorske produktivnosti kroz vreme. Sastoji se od dve komponente, prve koja meri promene tehničke efikasnosti, odnosno sposobnost zemlje da se približi najboljoj praksi (*Catch up* efekat) i druge koja mere promene tehnoloških granica, odnosno napredak inovacija i novih tehnologija (*Frontier shift* efekat).

U Tabeli 4.8 prikazani su rezultati Malmkvistovog indeksa produktivnosti i njegove dekompozicije na promenu tehničke efikasnosti (EC) i tehnološku promenu (TC). Malmkvistov indeks meri promene ukupne faktorske produktivnosti kroz vreme, pri čemu vrednosti $MI > 1$ ukazuju na rast produktivnosti, $MI = 1$ na stagnaciju, dok $MI < 1$ označava pad produktivnosti. Komponenta EC odražava promene u relativnoj efikasnosti korišćenja raspoloživih resursa, dok TC meri pomeranje proizvodne granice usled tehnološkog napretka. Vrednosti $EC > 1$ i $TC > 1$ ukazuju na poboljšanje efikasnosti i tehnološki progres, dok vrednosti manje od jedan signaliziraju pogoršanje efikasnosti, odnosno tehnološku stagnaciju ili regresiju. Na osnovu ovih pokazatelja u nastavku se analizira struktura i izvori promena produktivnosti po zemljama. Rezultati pokazuju da pojedine zemlje istovremeno beleže poboljšanje tehničke efikasnosti i tehnološki napredak.

Rezultati Malmkvistovog indeksa produktivnosti ukazuju na izražene razlike u dinamici razvoja nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, pri čemu se zemlje mogu diferencirati na one koje beleže rast, stagnaciju ili pad produktivnosti. Prosečna vrednost indeksa iznosi 1,144, što ukazuje na ukupni rast produktivnosti u uzorku, ali struktura indeksa pokazuje da je ovaj rast dominantno rezultat poboljšanja tehničke efikasnosti ($EC = 1,200$), dok tehnološka komponenta ($TC = 0,957$) ukazuje na blago nazadovanje tehnološke granice. To potvrđuje da većina zemalja napreduje kroz bolje korišćenje postojećih resursa, a ne kroz stvarni tehnološki iskorak.

U grupi zemalja sa rastom produktivnosti izdvajaju se one kod kojih dominira tzv. „catch-up” efekat, odnosno približavanje granici efikasnosti. Irska predstavlja najkonzistentniji primer, sa stabilnim rastom produktivnosti zasnovanim na efikasnoj transformaciji istraživačkih resursa u tržišne rezultate, što je u skladu sa njenom integracijom u globalne lance vrednosti. Sličan, ali umereniji obrazac prisutan je kod Češke Republike, Španije i Slovačke, što ukazuje na postepenu konvergenciju ka efikasnijim sistemima. Takođe, zemlje poput Portugala, Latvije i Rumunije ostvaruju relativno visok rast, pre svega zahvaljujući poboljšanju tehničke efikasnosti, ali bez značajnog tehnološkog napretka.

Poseban slučaj predstavlja Hrvatska, koja ostvaruje ekstremno visoku vrednost Malmkvistovog indeksa ($MI = 4,524$), što predstavlja značajno odstupanje u odnosu na ostale zemlje. Ovaj rezultat je gotovo u potpunosti posledica naglog rasta tehničke efikasnosti ($EC = 4,770$), dok tehnološka komponenta ostaje ispod jedinice ($TC < 1$), što jasno ukazuje da rast produktivnosti nije rezultat tehnološkog napretka, već promene u odnosu između ulaza i izlaza. Analiza sirovih podataka potvrđuje da je ključni faktor ovog rasta snažan i diskontinuiran porast izvoza visoke tehnologije, dok ulazne varijable i broj patenata ne prate isti trend. Ovakav obrazac ukazuje na strukturne promene ili integraciju u međunarodne lance vrednosti, a ne na sistemsko unapređenje inovacionog kapaciteta, zbog čega ove rezultate treba tumačiti sa oprezom.

U srednjoj grupi nalaze se zemlje sa stagnacijom ili ograničenim rastom produktivnosti, poput Finske, Ukrajine, Holandije i Poljske, gde se vrednosti indeksa kreću oko jedinice. U ovim slučajevima izostaje značajniji napredak, što ukazuje na ograničenja u inovacionim sistemima, posebno u pogledu tehnološkog razvoja.

Na suprotnom kraju nalaze se zemlje koje beleže pad produktivnosti, među kojima se izdvajaju Velika Britanija, Grčka, Nemačka i Rusija. Iako neke od ovih zemalja ostvaruju visok nivo DEA efikasnosti, njihov Malmkvistov indeks je manji od 1, što ukazuje da produktivnost opada usled

nepovoljnog pomeranja tehnološke granice. Drugim rečima, ove zemlje ostaju blizu granice efikasnosti, ali sama granica ne napreduje, što ograničava dalji rast produktivnosti.

Analiza Malmkvistovog indeksa dodatno produbljuje razumevanje performansi Rusija i potvrđuje nalaze dobijene primenom DEA i DEA window pristupa. Iako Rusija zadržava stabilan nivo tehničke efikasnosti ($EC = 1,000$), što ukazuje na nepromenenu sposobnost efikasnog korišćenja raspoloživih resursa, ukupna produktivnost opada ($MI = 0,938$). Ovaj pad je u potpunosti posledica negativnih tehnoloških promena ($TC = 0,938$), odnosno tehnološkog zaostajanja u odnosu na druge posmatrane zemlje.

U kombinaciji sa prethodno identifikovanom strukturom izlaza, koju karakteriše visok broj patenata uz relativno nizak nivo izvoza visoke tehnologije, rezultati ukazuju na to da ruski inovacioni sistem, iako tehnički efikasan, ne uspeva da prati globalne tehnološke trendove niti da obezbedi kontinuirani tehnološki napredak. Drugim rečima, problem nije u efikasnosti korišćenja resursa, već u ograničenoj sposobnosti generisanja i difuzije tehnoloških inovacija.

Položaj Srbije je posebno nepovoljan, sa Malmkvistovim indeksom od 0,930, što ukazuje na pad produktivnosti. Struktura indeksa pokazuje da tehnička efikasnost ostaje gotovo nepromenjena ($EC \approx 1$), dok tehnološka komponenta beleži pad ($TC < 1$), što znači da se problem ne nalazi u pogoršanju korišćenja resursa, već u izostanku tehnološkog napretka. Ovaj rezultat je u potpunosti sa DEA window analizom, koja pokazuje stabilno nizak nivo efikasnosti bez ikakvog trenda rasta. Analiza sirovih podataka dodatno potvrđuje da, uprkos relativno stabilnim ili blago rastućim ulaganjima, izlazni indikatori, posebno patent i izvoz visoke tehnologije, ne beleže adekvatan rast. Kao rezultat toga, inovacioni sistem Srbije ne pokazuje sposobnost generisanja ni inkrementalnih ni strukturnih promena.

Rezultati Malmkvistovog indeksa mogu se posmatrati u širem kontekstu rezultata DEA window analize. Dok DEA analiza pruža uvid u relativnu efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja u određenom trenutku, Malmkvistov indeks omogućava sagledavanje promena produktivnosti kroz vreme. Kombinovanjem ova dva pristupa moguće je identifikovati ne samo trenutni nivo efikasnosti, već i dinamiku tehnološkog napretka i sposobnost zemalja da unaprede svoje inovacione performanse. Ovakav analitički okvir posebno je značajan u kontekstu praćenja ostvarivanja cilja održivog razvoja Cilja 9.5, koji naglašava potrebu za jačanjem istraživačkih kapaciteta i podsticanjem inovacija. Rezultati ukazuju da zemlje koje uspevaju da istovremeno unapređuju efikasnost korišćenja resursa i ostvaruju tehnološki napredak imaju najveći potencijal za dugoročni rast inovacionih performansi i održivi razvoj.

Tabela 4.8 Malmkvistov indeks produktivnosti

Zemlja	Tehnička efikasnost-EC	Tehnološke promene-TC	Malmkvistov indeks produktivnosti-MI
Austrija	0,966	0,964	0,935
Belgija	1,190	0,969	1,153
Bugarska	1,277	0,964	1,218
Hrvatska	4,770	0,965	4,524
Češka Republika	1,156	0,972	1,109
Danska	1,089	0,972	1,057
Estonija	1,159	0,971	1,144
Finska	1,080	0,946	1,015
Francuska	1,001	0,972	0,971
Nemačka	1,000	0,927	0,927
Grčka	0,885	0,951	0,836
Mađarska	0,950	0,972	0,910
Island	1,123	0,94	1,053
Irska	1,401	0,969	1,335
Italija	1,030	0,900	0,922
Latvija	1,416	0,967	1,374
Litvanija	1,182	0,972	1,144
Luksemburg	1,033	0,972	0,994
Malta	0,980	0,972	0,939
Holandija	1,009	0,972	0,975

Severna Makedonija	1,217	0,936	1,130
Norveška	0,914	0,961	0,879
Poljska	0,993	0,957	0,951
Rumunija	1,197	0,960	1,144
Rusija	1,000	0,938	0,938
Srbija	0,993	0,941	0,930
Republika Slovačka	1,138	0,972	1,110
Slovenija	1,186	0,944	1,117
Španija	1,118	0,966	1,080
Švedska	0,929	0,970	0,898
Ukrajina	1,125	0,925	1,035
Velika Britanija	0,866	0,965	0,834
Portugal	1,221	0,952	1,168
Prosek	1,200	0,957	1,144
Max	4,770	0,972	4,524
Min	0,866	0,900	0,834
Standardna greška	0,655	0,018	0,621

Izvor: Sopstveno istraživanje

4.6 Tobit regresiona analiza determinanti efikasnosti sistema istraživanja i razvoja

Tobit modeli predstavljaju regresione modele u kojima je domen zavisne promenljive na određeni način ograničen. U ekonomskoj teoriji, ovaj model je prvi put predstavljen u pionirskom radu Tobin (1958). Tobit regresioni model predstavlja ekonometrijski pristup koji se koristi za analizu zavisnih promenljivih čije su vrednosti ograničene unapred definisanim granicama, odnosno koje podležu cenzurisanju. Ovaj model je uveo James Tobin 1958. godine s ciljem da prevaziđe nedostatke klasične linearne regresije u situacijama kada zavisna promenljiva ne može neograničeno da varira u realnom prostoru.

U ekonomskim istraživanjima često se susreću promenljive koje su ograničene donjom ili gornjom granicom i koje kod velikog broja posmatranja poprime upravo graničnu vrednost. Tipičan primer su izdaci domaćinstava za trajna dobra, koji su kod mnogih domaćinstava jednaki nuli, dok se kod ostalih značajno razlikuju po iznosu. U takvim slučajevima standardna višestruka regresija nije adekvatna, jer ne uzima u obzir koncentraciju opažanja na graničnim vrednostima i dovodi do pristrasnih procena.

Tobit regresioni model prevazilazi ovo ograničenje tako što istovremeno modelira verovatnoću pojave graničnih ishoda i veličinu negraničnih opažanja, predstavljajući hibrid probit analize i linearne regresije. Zbog toga Tobit model pruža metodološki ispravan okvir za analizu odnosa između ograničenih zavisnih promenljivih i njihovih determinanti (Tobin, 1958). Osnovna pretpostavka Tobit modela jeste postojanje latentne zavisne promenljive koja se ne može neposredno posmatrati, već se njene realizacije registruju samo unutar određenog intervala. Ukoliko latentna promenljiva premaši zadate granice, posmatrana vrednost biva ograničena na granični nivo, što dovodi do pojave cenzurisanih opažanja. U okviru istraživanja efikasnosti zasnovanih na DEA metodologiji, Tobit regresija je naročito prikladna, budući da se dobijeni skorovi efikasnosti nalaze u intervalu od 0 do 1, pri čemu značajan broj jedinica ostvaruje maksimalnu vrednost efikasnosti.

Primena Tobit regresionog modela omogućava pouzdanu procenu uticaja relevantnih nezavisnih promenljivih na nivo efikasnosti, uz istovremeno uvažavanje ograničene prirode zavisne promenljive. Na taj način se obezbeđuje metodološki konzistentan okvir i povećava statistička validnost empirijskih rezultata.

Analiza obavljanja podataka DEA i Tobit regresiona analiza često se kombinuju u empirijskim istraživanjima efikasnosti kako bi se omogućilo sveobuhvatno sagledavanje performansi i njihovih determinanti. Kako bi se ispitali faktori koji utiču na nivo efikasnosti izračunate DEA

metodom, u drugoj fazi analize primenjuje se regresioni pristup. Međutim, zbog prirode DEA rezultata koji su cenzurirani (ograničeni donjom i/ili gornjom granicom) i često imaju veliki broj vrednosti jednakih jedinici primena standardne linearne regresije nije metodološki opravdana, jer bi u takvim okolnostima standardni pristup dao pristrasne i nekonzistente rezultate (Wu et al., 2024). U tom kontekstu, Tobit regresiona analiza predstavlja adekvatno rešenje.

Kombinovanje DEA metode i Tobit regresije omogućava primenu tzv. dvofaznog (*two-stage*) pristupa, u okviru kojeg se u prvoj fazi procenjuje relativna efikasnost jedinica odlučivanja pomoću DEA, dok se u drugoj fazi analizira uticaj egzogenih promenljivih na dobijene vrednosti efikasnosti. Na ovaj način, istraživanje ne ostaje ograničeno na puko rangiranje efikasnosti, već omogućava dublje razumevanje faktora koji oblikuju razlike u performansama među jedinicama, čime se značajno unapređuje analitička dubina i interpretativna snaga dobijenih rezultata (Hoff, 2007). Značajan deo empirijskih istraživanja koristi dvofazni model (Banker et al., 2019; Kirjavainen & Loikkanen, 1998; Li & Wu, 2024; McDonald, 2009; Sun et al., 2025). Tobit regresioni model, primenjen u drugoj fazi analize, koristi se za identifikaciju uticaja različitih objašnjavajućih promenljivih na nivo efikasnosti. Kombinacija DEA metode i Tobit regresije omogućava istovremeno merenje efikasnosti i analizu njenih determinanti, čime se obezbeđuje relevantna osnova za donošenje politika usmerenih ka unapređenju performansi.

Widiarto et al. (2017) koriste Tobit regresionu analizu kao drugu fazu analize posle računanja relativne efikasnosti mikrofinansijskih institucija, pomoću DEA metode. Wang & Huang (2007) u svom istraživanju primenjuju DEA metod za procenu relativne efikasnosti istraživačko-razvojnih aktivnosti na nivou zemalja, pri čemu su kao ulazi korišćeni I&R kapital i istraživački kadar, a kao izlazi patenti i naučne publikacije. Analiza se zasniva na pristupu koji kombinuje DEA za merenje efikasnosti i Tobit regresiju za kontrolu uticaja faktora eksternog okruženja. Rezultati pokazuju da je manje od polovine analiziranih zemalja potpuno efikasno u oblasti istraživanja i razvoja, dok se većina nalazi u zoni rastućih prinosa na obim, uz izraženiju prednost u produkciji naučnih publikacija u odnosu na patente. Kutlar et al. (2013) analiziraju performanse 31 železničke kompanije u periodu 2000-2009. godine primenom DEA metode, pri čemu se procenjuju tehnička i alokativna efikasnost korišćenjem CRS i VRS modela. U drugoj fazi, DEA rezultati su analizirani Tobit regresijom radi ispitivanja uticaja izlaza na efikasnost, pri čemu se pokazalo da Tobit daje konzistentnije rezultate za alokativnu nego za tehničku efikasnost.

Tobit regresiona analiza omogućava kvantifikovanje uticaja objašnjavajućih promenljivih na nivo efikasnosti, uzimajući u obzir cenzurisanu prirodu zavisne promenljive. Kako bi se obezbedila veća robusnost i interpretativna doslednost rezultata u doktorskom istraživanju, rezultati dobijeni u CRS modelu dodatno su strukturirani primenom klaster analize. U tom cilju izvršena je klasterizacija prosečnih DEA efikasnosti za sve posmatrane zemlje u periodu od 2010. do 2021. godine. Klasterisanje je sprovedeno isključivo na osnovu prosečnih vrednosti DEA efikasnosti, pri čemu dobijeni klasteri predstavljaju grupe zemalja sa sličnim nivoima relativne efikasnosti istraživačko-razvojnih sistema. Rezultati klaster analize ukazuju na postojanje pet dominantnih klastera efikasnosti u okviru evropskog inovacionog prostora, koji se mogu interpretirati kao klasteri vrlo visoke, visoke, srednje, niske i veoma niske relativne DEA efikasnosti. Ovakva podela potvrđuje izraženu heterogenost istraživačko-razvojnih sistema među posmatranim zemljama, pri čemu se efikasna granica formira u ograničenom krugu vodećih ekonomija, dok se najveći broj zemalja nalazi ispod tog nivoa usled značajnih strukturnih i institucionalnih ograničenja. Uvođenje klaster strukture omogućava metodološki konzistentnu interpretaciju DEA rezultata, jer se efikasnost ne posmatra kao izolovana numerička vrednost, već kao deo šireg obrasca sličnih performansi. Srbija pripada petom klasteru, koji obuhvata efikasnost od manju od 0,30. U istom klasteru se nalaze i Poljska, Češka Republika, Ukrajina, Mađarska, Rumunija, Španija, Belgija, Republika Slovačka, Švedska, Austrija, Hrvatska, Danska, Norveška, Grčka, Litvanija, Bugarska, Latvija, Portugal, Finska, Estonija, Malta, Slovenija, Luksemburg, Severna Makedonija, Island. Položaj Srbije u ovom klasteru, sugerise da ona

deli karakteristike tranzicionih i strukturno ograničenih ekonomija, sa potencijalom za napredovanje kroz institucionalne reforme i efikasnije upravljanje inovacionim resursima.

Sledeći korak je primena panel Tobit regresionog modela. Analiza je urađena za ceo klaster u kome se nalazi Srbija, model ima jednu zavisnu i pet nezavisnih promenljivih. Zavisna promenljiva je ostvarena prosečna efikasnost u periodu od 2010. do 2021. godine. Što se tiče objašnjavajućih promenljivih u ovoj fazi analize veoma je bitno pravilno ih izabrati, kako bi se izbegla endogenost modela i narušavanje osnovnih pretpostavki modela. U Tobit model nisu uključene promenljive koje su već korišćene kao ulazi ili izlazi u DEA analizi, poput izdvajanja za istraživanje i razvoj ili broja istraživača, jer bi njihovo ponovno uključivanje dovelo do mehaničke korelacije sa zavisnom promenljivom. U skladu sa ciljevima istraživanja i stavljanja koncepta I&R u širi ekonomski i institucionalni kontekst, kao i shvatanja značaja koji ima u oblasti inovacija, napretka ciljeva održivog razvoja objašnjavajuće promenljive obuhvataju šire ekonomske, institucionalne i inovacione karakteristike sistema koje oblikuju nacionalne rezultate istraživanja i razvoja. Ove promenljive nisu direktno uključene u DEA model, ali se očekuje da utiču na sposobnost zemalja da efikasno transformišu ulaze istraživanja i razvoja u inovativne rezultate. Ukupno posmatrano, izbor objašnjavajućih promenljivih u Tobit modelu zasnovan je na teorijskoj konzistentnosti, dostupnosti uporedivih međunarodnih podataka i metodološkoj potrebi da se izbegne preklapanje sa DEA modelom. Takav pristup omogućava pouzdano tumačenje dobijenih rezultata i jasnije razdvajanje efekata strukturalnih, institucionalnih i međunarodnih faktora na efikasnost nacionalnih I&R sistema.

Objašnjavajuće promenljive koje se koriste u Tobit regresionom modelu su:

- *Strane direktne investicije*, neto prilivi (% BDP-a) – obuhvataju neto prilive kapitala stranih investitora koji ostvaruju trajni upravljački interes u domaćim preduzećima. Ovaj indikator uključuje ulaganja u vlasnički kapital, reinvestiranu dobit i ostale oblike kapitala evidentirane u platnom bilansu. Vrednost se izražava kao neto priliv i standardizuje se u odnosu na bruto domaći proizvod;
- *Naknade za korišćenje prava intelektualne svojine* – obuhvataju naknade za korišćenje prava intelektualne svojine, uključujući patente, žigove, autorska prava, industrijske procese i dizajn, kao i licence za reprodukciju ili distribuciju intelektualne svojine sadržane u originalima ili prototipovima. Vrednosti su izražene u tekućim cenama i u američkim dolarima;
- *Godišnja stopa rasta BDP-a* – posmatrani indikator meri godišnju stopu rasta realnog BDP-a, izraženu kao procentualnu promenu u odnosu na prethodnu godinu;
- *Dodata vrednost industrije* (% BDP-a) – meri doprinos industrijskih delatnosti ekonomskoj aktivnosti i izračunava se kao razlika između ukupne vrednosti proizvedenog izlaza i vrednosti međufazne potrošnje dobara i usluga. Ovaj indikator izražava se kao udeo u bruto domaćem proizvodu, koji predstavlja ukupan dohodak ostvaren proizvodnjom roba i usluga u okviru nacionalne ekonomije tokom obračunskog perioda. Ova promenljiva se koristi kao aproksimacija industrijske baze potrebne za transformaciju istraživačkih rezultata u tržišno primenljive inovacije;
- *Efikasnost vlade* – odnosi se na percepcije kvaliteta javnih usluga, profesionalnosti i nezavisnosti državne administracije od političkih uticaja, kvaliteta kreiranja i implementacije javnih politika, kao i kredibiliteta opredeljenosti vlade ka njihovom sprovođenju. Odražava se i kao sposobnost javnog sektora da formuliše i sprovodi razvojne i inovacione politike. Vrednosti su izražene kroz percentilni rang, koji pokazuje relativni položaj zemlje u odnosu na sve obuhvaćene zemlje, pri čemu 0 označava najniži, a 100 najviši rang.

U ekonometrijskoj analizi panel podataka, posebno u kontekstu međunarodnih poređenja, logaritmovanje određenih promenljivih predstavlja standardnu i metodološki opravdanu praksu (Li & Wu, 2024). U ovom istraživanju, logaritamska transformacija primenjena je na promenljive koje

pokazuju izraženu asimetriju raspodele, velike međudržavne razlike i prisustvo ekstremnih vrednosti. U tom smislu logaritmovana je promenljiva godišnja stopa rasta BDP-a i naknade za korišćenje prava intelektualne svojine. Logaritmovanjem je smanjen uticaj ekstremnih opservacija i ublažena desna asimetrija raspodele. Ova transformacija doprinosi stabilizaciji varijanse i boljem usklađivanju sa pretpostavkama Tobit modela u panel kontekstu, a istovremeno omogućava ekonomsku interpretaciju procenjenih koeficijenata u terminima relativnih promena, što je posebno pogodno u analizi efikasnosti istraživačko-razvojnih sistema zemalja različite ekonomske veličine i strukture.

U istraživanju je primenjen panel Tobit regresioni model, s obzirom da je uključeno 26 zemalja u analizu kao i vremenski period od 2010 - 2021. godine. Podaci o nezavisnim promenljivama prikupljeni su sa sajta Svetske banke. Shodno tome, model glasi:

$$Efikasnost_{it}^* = \beta_0 + \beta_1 SDI_{it} + \beta_2 \ln(Naknade \text{ za korišćenje prava int.svojine}) + \beta_3 \ln(Godišnja \text{ stopa rasta BDP-a}) + \beta_4 \text{Dodata vrednost industrije} + \beta_5 \text{Efikasnost vlade} + \varepsilon_{it}$$

$$Efikasnost_{it} = \begin{cases} 0, & \text{ako } Efikasnost_{it}^* \leq 0 \\ Efikasnost_{it}^*, & \text{ako } 0 < Efikasnost_{it}^* < 1 \\ 1, & \text{ako je } Efikasnost_{it}^* \geq 1 \end{cases}$$

Pri čemu je $i, i=(1,2,...,n; n=26)$ posmatrana zemlja u godini $t, t=(1,2,...,T; T=12)$ a ε_{it} slučajna greška. Broj posmatranih opservacija je 312. Rezultati Tobit regresione analize prikazani su u Tabeli 4.9.

Tabela 4.9 Tobit regresiona analiza

Promenljive	Koeficijent regresije	Standardna greška	Z - statistika	p - vrednost
Konstanta β	-0.334303	0.080794	-4.138	0.0000
Strane direktne investicije	-0.000272	0.000119	-2.292	0.0219
Naknade za korišćenje prava intelektualne svojine	0.021048	0.003994	5.270	0.000
Godišnja stopa rasta BDP-a	0.022852	0.008942	2.556	0.0106
Dodata vrednost industrije	0.003271	0.000999	3.274	0.0011
Efikasnost vlade	-0.001024	0.000317	-3.235	0.0012

* $p < 0,05$; **log-likelihood: 293,48.

Izvor: Proračun autora

Rezultati Tobit regresione analize ukazuju da su razlike u efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja značajno uslovljene strukturnim karakteristikama privrede i sposobnošću ekonomije da transformiše istraživačke ulaze u tržišno vredne inovacione rezultate. S obzirom na to da je zavisna varijabla DEA skor efikasnosti ograničena, primena Tobit modela omogućila je pouzdano identifikovanje determinanti efikasnosti. Svi uključeni faktori pokazali su statističku značajnost ($p < 0,05$), što potvrđuje njihovu relevantnost u objašnjenju varijacija u efikasnosti.

Naknade za korišćenje prava intelektualne svojine imaju snažan pozitivan i visoko statistički značajan uticaj na efikasnost. Ovaj rezultat ukazuje da zemlje koje ostvaruju veće prihode od intelektualne svojine imaju razvijeniji inovacioni sistem i bolju sposobnost komercijalizacije znanja, što direktno doprinosi povećanju efikasnosti i dovodi do ekonomskog rasta (Alpağut, 2024). Godišnja stopa rasta BDP-a takođe ima pozitivan i značajan uticaj, što sugerise da dinamičniji ekonomski rast stvara povoljnije uslove za razvoj inovacionih aktivnosti i efikasnije korišćenje resursa. Sličan efekat ima i dodata vrednost industrije, što potvrđuje značaj industrijske baze za generisanje i primenu inovacija.

Strane direktne investicije imaju negativan i statistički značajan uticaj na efikasnost, što ukazuje da veći priliv stranog kapitala ne mora nužno dovesti do poboljšanja performansi inovacionog sistema. Ovakav rezultat može se objasniti činjenicom da strane investicije u posmatranim zemljama često nisu usmerene ka visokotehnološkim sektorima, već ka radon intenzivnim industrijama sa

ograničenim inovacionim efektima, što smanjuje njihov doprinos efikasnosti. Zanimljivo je da efikasnost vlade pokazuje negativan i statistički značajan uticaj, što može ukazivati na postojanje institucionalnih neefikasnosti ili neadekvatnog usmeravanja javnih politika. Ovaj rezultat sugerise da formalni indikatori kvaliteta upravljanja ne moraju nužno biti povezani sa efektivnim unapređenjem inovacionog sistema, posebno u kontekstu zemalja u razvoju.

Pozitivan i statistički značajan uticaj prihoda od intelektualne svojine ukazuje da niska efikasnost velikog broja zemalja proizlazi iz njihove ograničene sposobnosti da istraživačke aktivnosti transformišu u tržišno valorizovano znanje. Drugim rečima, ključni problem nije samo u nivou ulaganja u istraživanje i razvoj, već prvenstveno u slaboj komercijalizaciji rezultata istraživanja.

Slično tome, pozitivan uticaj industrijske dodate vrednosti potvrđuje da razvijena industrijska baza predstavlja važan preduslov za postizanje visoke efikasnosti. U manje efikasnim ekonomijama istraživački sektor često ostaje nedovoljno povezan sa realnim sektorom, što ograničava apsorpciju znanja i smanjuje sposobnost transformacije inovacija u konkurentne proizvode i izvozne performanse.

Pozitivan efekat privrednog rasta dodatno naglašava značaj makroekonomske stabilnosti, jer dinamičan rast obezbeđuje povoljnije uslove za finansiranje istraživanja i razvoja, kao i za efikasnije korišćenje resursa. Nasuprot tome, sporiji rast ograničava investicione kapacitete i dugoročno negativno utiče na performanse inovacionog sistema.

Sa druge strane, negativan i statistički značajan uticaj stranih direktnih investicija ukazuje da njihov veći priliv ne mora automatski doprineti tehnološkom napretku. U mnogim slučajevima, investicije su usmerene ka sektorima niže tehnološke intenzivnosti, bez značajnijeg transfera znanja i razvoja domaćih inovacionih kapaciteta, što objašnjava zašto pojedine zemlje, uprkos visokim prilivima kapitala, ostaju niskoefikasne.

Negativan koeficijent varijable efikasnosti vlade dodatno potvrđuje da formalni institucionalni kvalitet nije dovoljan uslov za unapređenje efikasnosti. U niskoefikasnim sistemima često postoji institucionalni okvir koji formalno podržava inovacije, ali bez funkcionalne povezanosti između politike, nauke i privrede. Stoga se efikasnost ne postiže samim administrativnim kapacitetom, već sposobnošću institucija da generišu i podrže konkretne inovacione rezultate.

Dobijeni rezultati treba posmatrati u kontekstu činjenice da većina analiziranih zemalja beleži relativno nizak nivo efikasnosti u DEA modelima, što ukazuje na postojanje značajnog neiskorišćenog potencijala. Tobit analiza potvrđuje da ovaj jaz proizilazi pre svega iz ograničene sposobnosti komercijalizacije znanja, slabe povezanosti između istraživačkog sektora i privrede, kao i nedovoljno razvijene industrijske strukture.

Ukupno posmatrano, rezultati ukazuju da efikasnost nacionalnih sistema istraživanja i razvoja zavisi više od kvaliteta njihove integracije u privredni sistem nego od samog nivoa ulaganja. To implicira da politike usmerene ka unapređenju efikasnosti treba da budu fokusirane na jačanje veza između nauke i industrije, razvoj tehnološki intenzivnih sektora i podsticanje komercijalizacije inovacija, a ne isključivo na povećanje izdvajanja za istraživanje i razvoj. Transfer znanja između nauke i privrede podstiče se različitim finansijskim, regulatornim i „mekim“ instrumentima usmerenim ka ključnim akterima inovacionog sistema. Njihova efikasnost ne zavisi samo od pojedinačnih mera, već i od njihove međusobne usklađenosti, pri čemu koherentan pristup omogućava sinergijske efekte, dok neusaglašenost može umanjiti ukupne rezultate (OECD, 2019e).

Kombinovanjem rezultata DEA window analize i Tobit regresione analize moguće je dobiti potpuniju sliku o performansama nacionalnih sistema istraživanja i razvoja. Dok DEA metoda omogućava procenu relativne efikasnosti zemalja u korišćenju raspoloživih istraživačko-razvojnih resursa, Tobit regresija omogućava identifikaciju faktora koji utiču na razlike u efikasnosti među zemljama. Rezultati ukazuju da su međunarodna integracija kroz strane direktne investicije i razvijen

sistem zaštite intelektualne svojine među ključnim faktorima koji doprinose višem nivou efikasnosti istraživačko-razvojnih sistema.

4.7 Implikacije za javne politike u oblasti istraživanja i razvoja

Rezultati empirijske analize ukazuju na značajne razlike u efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja među evropskim zemljama, što ima važne implikacije za oblikovanje javnih politika u oblasti inovacija i tehnološkog razvoja. Primena DEA metodologije omogućila je evaluaciju relativne efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja u pretvaranju istraživačkih ulaza u inovacione izlaze. U tom kontekstu, javne politike treba da budu usmerene ne samo na povećanje ulaganja u istraživanje i razvoj, već i na unapređenje efikasnosti korišćenja postojećih resursa.

Prvo, rezultati DEA window i Malmkvist analize pokazuju da rast produktivnosti u većini zemalja prvenstveno proizlazi iz poboljšanja tehničke efikasnosti, dok tehnološki napredak uglavnom izostaje. To implicira da politike ne treba da budu usmerene isključivo na generisanje novih znanja, već i na efikasnije korišćenje postojećih kapaciteta i resursa. Konkretno, potrebno je razviti sisteme evaluacije istraživačkih institucija koji će, pored naučnih publikacija, vrednovati rezultate u vidu patenata, *spin-off* kompanija i industrijskih projekata.

Drugo, rezultati *bootstrap* analize ukazuju na to da pojedine zemlje, poput Hrvatske, ostvaruju relativno visoke rezultate usled neujednačene strukture inovacionih izlaza, pri čemu se posebno izdvaja izvoz proizvoda visoke tehnologije. Takvi rezultati mogu ukazivati na određeni stepen specijalizacije u pojedinim inovacionim oblastima, što može predstavljati izvor konkurentске prednosti i biti u skladu sa konceptom pametne specijalizacije. Međutim, oslanjanje na ograničen broj inovacionih izlaza može istovremeno povećati ranjivost inovacionog sistema i ukazivati na nedovoljno razvijenu širinu inovacione baze. Politike istraživanja i inovacija u Hrvatskoj oblikuju se na nacionalnom nivou kroz saradnju institucija nadležnih za obrazovanje, nauku, privredu i regionalni razvoj, uz značajnu podršku Evropske unije kroz Nacionalni plan oporavka i otpornosti i evropske fondove. Razvoj inovacionog sistema usmeren je strateškim dokumentima, poput Nacionalne razvojne strategije, Strategije pametne specijalizacije i planova razvoja istraživačke infrastrukture. Iako su reforme doprinele jačanju inovacione politike i prevazilaženju institucionalne inertnosti nakon pristupanja Evropskoj uniji, sistem se i dalje suočava sa izazovima kao što su fragmentacija, nedovoljna saradnja između aktera i ograničena usmerenost ka istraživačkoj izvrsnosti (European Commission, 2023).

Prema Izveštaju WIPO (2025), Globalni indeks inovacija za 2025. godinu pokazuje da Hrvatska ostvaruje postepen napredak u razvoju inovacionog sistema, ali i dalje zaostaje za vodećim evropskim inovatorima. Kao glavne prednosti izdvajaju se izvoz visoke tehnologije, digitalni kapaciteti i određeni oblici poslovnih inovacija, dok su slabosti prisutne u ulaganjima u istraživanje i razvoj, patentnoj aktivnosti i saradnji nauke i privrede. Izveštaj ukazuje na neujednačen razvoj inovacionog sistema, odnosno oslanjanje na pojedine specijalizovane inovacione oblasti, što potvrđuje da visoki rezultati u određenim indikatorima ne moraju nužno ukazivati na ravnomerno razvijen i dugoročno održiv inovacioni sistem.

Jedan od ključnih problema hrvatskog istraživačkog sistema jeste slaba povezanost nauke i privrede, što ograničava komercijalizaciju istraživanja i njihovu tržišnu primenu. Saradnja između univerziteta, istraživačkih organizacija i preduzeća ostaje na relativno niskom nivou, dok istraživači često nemaju dovoljnu institucionalnu i finansijsku podršku za patentiranje i transfer tehnologije. Dodatni izazovi odnose se na fragmentisan i pretežno teorijski orijentisan sistem visokog obrazovanja, nedovoljno razvijene kapacitete za transfer tehnologije i slabo razvijeno tržište rizičnog kapitala. Iako su poslednjih godina pokrenute reforme usmerene ka jačanju transfera tehnologije,

saradnje nauke i privrede i finansiranja inovacija, inovacioni sistem Hrvatske i dalje karakterišu institucionalna rigidnost i ograničena tržišna primena naučnih rezultata (World Bank, 2025). Kao prioriteti za unapređenje izdvajaju se jačanje upravljanja inovacionim politikama, razvoj saradnje između univerziteta i privrede i efikasnije korišćenje evropskih fondova za razvoj inovacija i tehnološke konkurentnosti (OECD, 2014).

U slučaju Srbije, rezultati dobijeni kombinacijom DEA window analize, Malmkvistovog indeksa i Tobit regresije ukazuju na strukturne slabosti u transformaciji istraživačkih ulaza u tržišno relevantne inovacione rezultate. U poređenju sa benčmark zemljama, Srbija ostvaruje slabije performanse u oblasti izvoza proizvoda visoke tehnologije, komercijalizacije istraživanja i povezivanja naučno-istraživačkog sektora sa privredom. Slične zaključke potvrđuje i literatura o nacionalnom inovacionom sistemu Srbije, koja naglašava nedovoljnu koordinaciju između inovacione, industrijske i obrazovne politike, kao i ograničene mehanizme transfera tehnologije (Semenčenko & Kutlača, 2018).

Rezultati analize ukazuju da dalji razvoj nacionalnog sistema nauke, tehnologije i inovacija u Srbiji zahteva jačanje strateški usmerenih politika koje podstiču digitalizaciju, razvoj novih tehnologija i održivu tranziciju, uz istovremeno povećanje javnih i privatnih ulaganja u istraživanje i razvoj. Poseban značaj imaju unapređenje komercijalizacije istraživanja, jačanje saradnje između nauke i privrede i privlačenje investicija u visokotehnološke sektore kroz razvoj centara izvrsnosti i podsticanje istraživačko-intenzivnih aktivnosti privatnog sektora. Takođe, značajnim se pokazuje unapređenje sistema zaštite intelektualne svojine, razvoj mehanizama transfera tehnologije i podsticanje otvorene nauke kroz jačanje istraživačkih kapaciteta, digitalne infrastrukture i saradnje između akademske zajednice, privrede i međunarodnih partnera (OECD, 2024b).

Ovakve preporuke potvrđuju i izveštaji World Bank Svetske banke, u kojima se posebno naglašava potreba za prelaskom sa sistema finansiranja zasnovanog na kvantitetu ka modelu usmerenom na kvalitet i rezultate, kao i značaj razvoja mehanizama komercijalizacije istraživanja i jačanja saradnje između istraživačkih institucija i privrede (World Bank, 2017). Istovremeno, u literaturi se posebno ističe potreba za jačanjem saradnje univerziteta i privrede, kao i usklađivanjem inovacione, industrijske i obrazovne politike kako bi se postojeći istraživački kapaciteti efikasnije transformisali u tržišno relevantne inovacione rezultate (Semenčenko & Kutlača, 2018).

Srbija je u prethodnom periodu sprovedla značajne reformske aktivnosti u oblasti istraživanja, razvoja i inovacija kroz usvajanje Strategije pametne specijalizacije, Strategije naučnog i tehnološkog razvoja „Moć znanja” i Strategije razvoja *startup* ekosistema, kao i kroz unapređenje institucionalnog okvira donošenjem novih zakona i osnivanjem ključnih institucija poput Fonda za nauku i Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija. Iako ove reforme ukazuju na jačanje institucionalne podrške inovacionom sistemu, ključni izazovi i dalje ostaju niski nivoi privatnih ulaganja u istraživanje i razvoj, ograničena komercijalizacija istraživanja i nedovoljna povezanost nauke i privrede. Zbog toga rezultati sugerišu potrebu za daljim jačanjem transfera tehnologije, podsticanjem razvoja visokotehnoloških sektora i efikasnijim povezivanjem istraživačkih institucija sa privredom (European Commission, 2024).

Iskustva efikasnijih evropskih zemalja, poput Nemačke i Irske, pokazuju da integrisano povezivanje istraživanja, industrijske politike i privrede predstavlja važan preduslov za dugoročno povećanje efikasnosti i konkurentnosti nacionalnog inovacionog sistema.

Nemačka predstavlja najjasniji benčmark, jer u svim modelima ostvaruje visok nivo efikasnosti uz izuzetnu stabilnost, dok Malmkvist analiza pokazuje stagnaciju produktivnosti usled dostizanja granice efikasnosti. Ovakav obrazac ukazuje na sistem koji je već optimizovan u pogledu korišćenja resursa. Javne politike u Nemačkoj nisu usmerene samo na finansiranje istraživanja, već i na njegovu primenu kroz dugoročne industrijske strategije, podršku malim i srednjim preduzećima i sistem dualnog obrazovanja koji obezbeđuje kvalifikovanu radnu snagu. Upravo ovakav integrisani pristup omogućava stabilnu i visoku efikasnost. Posebno se ističe visok nivo saradnje između

univerziteta, istraživačkih instituta i industrije, što omogućava efikasnu primenu naučnih rezultata u proizvodnji i njihov uspešan plasman na međunarodnom tržištu. Ovakva struktura sistema doprinosi visokom nivou inovacionih izlaza, kao što su patenti i izvoz proizvoda visoke tehnologije, te objašnjava zašto Nemačka ostvaruje superiorne performanse u odnosu na druge zemlje (Mai, 2025; OECD, 2022). Ipak, pojedini autori ukazuju da dugoročna održivost nemačkog sistema istraživanja i razvoja može biti izazvana visokom koncentracijom u tradicionalnim industrijskim sektorima, poput automobilske, hemijske i mašinske industrije, dok je relativno slabije prisustvo u visokotehnološkim oblastima kao što su farmacija i digitalne tehnologije. Ovakva sektorska specijalizacija ukazuje na značaj postepenog proširivanja inovacionog portfolija i jačeg usmeravanja ka novim tehnološkim oblastima kako bi se očuvala dugoročna konkurentnost i otpornost inovacionog sistema (Belitz, 2022).

Irska predstavlja drugačiji, ali jednako značajan benčmark, jer njeni rezultati pokazuju snažan rast efikasnosti i produktivnosti, što je potvrđeno i kroz Malmkvistov indeks. Za razliku od Nemačke, gde dominira domaća industrijska baza, Irska svoj uspeh zasniva na uspešnoj integraciji u globalne lance vrednosti, posebno kroz privlačenje visokotehnoloških stranih investicija. Prisustvo brojnih tehnoloških lidera dodatno jača inovacioni sistem, budući da oni koriste prednosti lokalnog institucionalnog okruženja, ali istovremeno ostvaruju intenzivnu saradnju sa državnim strukturama. Posebno značajnu ulogu imaju akteri u oblasti nauke, tehnologije i inovacija, koji deluju kao posrednici u prenosu znanja, povezujući istraživače, preduzetnički sektor i donosiocel odluka, čime doprinose efikasnijem funkcionisanju inovacionog sistema (Pontikakis et al., 2006). Poseban fokus stavljen je na ulogu inovacionih politika, obrazovanja, saradnje univerziteta i privrede, kao i značaj stranih direktnih investicija i tehnoloških kompanija u transformaciji irske ekonomije. Literatura takođe ukazuje na izazove poput potrebe za jačanjem domaćih inovacionih kapaciteta i smanjenja zavisnosti od multinacionalnih kompanija (OECD, 2016). Central Statistics Office (2021) navodi da se strategija ekonomskog razvoja Irske zasnivala na privlačenju stranih investicija, ulaganjima u ljudski i fizički kapital, konkurentnom poreskom sistemu i stvaranju povoljnog poslovnog okruženja, pri čemu konkurencija ima važnu ulogu u podsticanju inovacija, efikasnosti i širenja tehnologije. Poseban značaj za rast produktivnosti imaju informaciono-komunikacione tehnologije, razvoj ljudskog kapitala, kao i ulaganja u nauku, istraživanje i inovacije. Takođe, razvoj infrastrukture i prilagođavanje tehnološkim promenama predstavljaju važne faktore budućeg ekonomskog razvoja Irske.

Hrvatska predstavlja poseban slučaj, gde ekstremne vrednosti Malmkvistovog indeksa i varijabilnost u CRS modelu ukazuju na dominantan uticaj jednog indikatora, izvoza proizvoda visoke tehnologije. Iako VRS model ublažava ove ekstreme, analiza sirovih podataka pokazuje da rast nije praćen tehnološkim napretkom, poput rasta patentne aktivnosti, što može ukazivati na to da se deo rasta zasniva na promenama u strukturi izvoza, a ne nužno na ravnomernom jačanju svih komponenti inovacionog sistema. Takvi rezultati ukazuju na značaj jačanja domaćih istraživačkih i inovacionih kapaciteta, kao i razvoja šire i otpornije inovacione baze.

U tom kontekstu, Srbija se nalazi na suprotnom kraju spektra, sa stabilno niskim nivoom efikasnosti i odsustvom rasta produktivnosti. Za razliku od zemalja koje ostvaruju ili stabilno visoke performanse, poput Nemačke, ili dinamičan rast, poput Irske, Srbija ne pokazuje značajniji napredak ni u jednom od ova dva pravca. To ukazuje na ograničen kapacitet sistema da generiše inkrementalne i strukturne promene. Iskustvo Nemačke pokazuje da stabilna efikasnost proizlazi iz integrisanog povezivanja istraživanja, industrijske politike i obrazovnog sistema, što ukazuje da bi Srbija trebalo da razvija dugoročnije mehanizme saradnje između univerziteta i privrede. Istovremeno, iskustvo Irske ukazuje na značaj koordinacije između inovacione, industrijske i obrazovne politike, uz poseban fokus na razvoj visokotehnoloških sektora i privlačenje investicija zasnovanih na znanju. U tom smislu, značajnim se pokazuje unapređenje komercijalizacije istraživanja i razvoja izvoza proizvoda visoke tehnologije kako bi se postojeći istraživački kapaciteti efikasnije transformisali u tržišno relevantne inovacione rezultate.

Ukupno posmatrano, rezultati ukazuju da ne postoji jedinstven model uspeha, ali da sve uspešne zemlje dele nekoliko ključnih karakteristika: snažnu povezanost nauke i industrije, fokus na komercijalizaciju znanja, selektivnu i ciljanu podršku određenim sektorima i efikasan institucionalni okvir. Upravo ovi elementi mogu predstavljati osnovu za redefinisane javnih politika u oblasti istraživanja i razvoja u manje efikasnim zemljama.

5 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sinteza osnovnih rezultata istraživanja

Doktorsko istraživanje bilo je usmereno na razvoj i primenu integrisanog metodološkog okvira za praćenje i unapređenje ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Rezultati istraživanja pokazali su da metode višekriterijumskog odlučivanja predstavljaju adekvatnu osnovu za analizu složenih razvojnih problema karakterističnih za održivi razvoj.

Nalazi istraživanja ukazuju da primena višestapnog benčmarkinga omogućava identifikaciju realističnih razvojnih putanja i postepeno unapređenje performansi u oblasti obrazovanja, dok DEA metodologija omogućava sveobuhvatnu procenu efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja i identifikaciju prostora za unapređenje njihovih performansi.

Dobijeni rezultati potvrđuju da integracija benčmarkinga, višekriterijumskog odlučivanja i analize efikasnosti omogućava objektivnije sagledavanje razvojnih performansi i pruža kvalitetnu osnovu za formulisanje preporuka u procesu ostvarivanja ciljeva održivog razvoja.

Istraživačke hipoteze

Rezultati istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji ukazuju na značajnu ulogu metoda višekriterijumskog odlučivanja u rešavanju kompleksnih problema održivog razvoja. U uslovima velikog broja kriterijuma, ograničenih resursa i izražene neizvesnosti, ove metode omogućavaju strukturiranje problema, evaluaciju alternativa i donošenje racionalnih odluka, čime doprinose unapređenju procesa upravljanja razvojnim politikama. Nalazi istraživanja u skladu su sa pretpostavkama sadržanim u hipotezi H1 da primena metoda operacionih istraživanja i višekriterijumskog odlučivanja omogućava kreatorima javnih politika donošenje efikasnih odluka u upravljanju održivim razvojem.

Tradicionalni pristupi benčmarkingu, zasnovani na poređenju sa najboljom praksom, nisu dovoljno fleksibilni u kontekstu ciljeva održivog razvoja, jer često ne uvažavaju različite početne pozicije i razvojne kapacitete zemalja. Zbog toga je u radu razvijen integrisani metodološki okvir koji povezuje metodu ELECTRE III, višestapni benčmarking i analizu obavljanja podataka. Ovakav pristup omogućava istovremeno merenje performansi, identifikaciju realističnih pravaca unapređenja i sagledavanje međusobnih odnosa između različitih dimenzija održivog razvoja. Na taj način prevazilaze se ograničenja pristupa zasnovanih na pojedinačnim indikatorima i omogućava sistemsko praćenje razvojnih performansi. Empirijski nalazi potvrđuju da višekriterijumsko odlučivanje unapređuje proces benčmarkinga i proširuje opseg njegove primene, što je u skladu sa hipotezom H2.

Posebna pažnja u istraživanju posvećena je analizi ciljeva održivog razvoja koji se odnose na obrazovanje i inovacije, kao ključnih determinanti dugoročnog ekonomskog rasta i društvenog razvoja. Rezultati istraživanja ukazuju na to da obrazovanje i inovacije imaju centralnu ulogu u ostvarivanju održivog razvoja, budući da utiču na razvoj ljudskog kapitala, tehnološki napredak i povećanje produktivnosti.

U oblasti obrazovanja, primena višestapnog benčmarkinga omogućila je identifikaciju optimalnih razvojnih putanja za posmatrane zemlje, pri čemu je pokazano da tradicionalni pristupi zasnovani na poređenju sa najboljom praksom nisu uvek primenljivi. Umesto toga, višestapni pristup omogućava postepeno unapređenje performansi kroz identifikaciju međufaza razvoja, čime se obezbeđuju realniji i dostižniji ciljevi. Ovaj pristup omogućava zemljama da uče od onih koje su im po performansama bliže, čime se povećava verovatnoća uspešne implementacije razvojnih politika.

Primena ELECTRE III metode omogućila je rangiranje zemalja na osnovu više kriterijuma, uz uvažavanje njihovih međusobnih odnosa i konfliktnosti, čime je obezbeđen kvalitetan osnov za primenu višestapnog benčmarkinga. Ovakav pristup omogućava donošenje odluka koje su u skladu

sa kompleksnom prirodom problema održivog razvoja, za razliku od jednostavnih metoda rangiranja koje često zanemaruju ove aspekte.

Ovaj deo doktorskog istraživanja je bio usmeren na predstavljanje alata namenjenog praćenju napretka u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, uz istovremenu mogućnost pružanja strateške podrške u donošenju odluka i definisanju budućih pravaca javnih politika. Metod je primenljiv na bilo koji skup ciljeva definisanih kroz indikatore, a njegov potencijal prikazan je na primeru ciljeva koji se odnose na obrazovanje, sa posebnim akcentom na jednakost obrazovnih mogućnosti. Budući da se višestapni benčmarking zasniva na metodi relacija nadmoći, za formiranje rangiranja 37 evropskih zemalja prema razvijenom skupu kriterijuma vezanih za jednakost obrazovnih mogućnosti primenjena je metoda ELECTRE III. Kroz koncept višestapnog benčmarkinga konstruisane su razvojne putanje za svaku zemlju, dok je na primeru jedne države detaljno prikazano kako se mogu formulisati preporuke za unapređenje performansi, čime je demonstrirana operativna vrednost pristupa.

Višestapni benčmarking pokazuje da unapređenje performansi ne može biti rezultat jednokratnih reformi, već zahteva postepeno i sekvencijalno približavanje razvijenijim sistemima, uz uvažavanje institucionalnog i socio-ekonomskog konteksta zemlje. Istovremeno, rezultati ukazuju da povećanje ulaganja samo po sebi nije dovoljno, već je ključno unaprediti način alokacije resursa, posebno kroz smanjenje socio-ekonomskih nejednakosti koje imaju presudan uticaj na obrazovne ishode. U tom smislu, ključni strateški izazov savremenih sistema jeste transformacija iz mehanizma reprodukcije društvenih nejednakosti u instrument njihovog sistematskog ublažavanja, čime se stvaraju temelji za dugoročno održiv i inkluzivan razvoj. Rezultati istraživanja ukazuju da primena višestapnog benčmarkinga omogućuje identifikaciju nacionalne politike obrazovanja, kao jednog od ključnih faktora ostvarivanja ciljeva održivog razvoja, pružajući na taj način empirijsku podršku hipotezi H3.

Na osnovu sprovedene empirijske analize može se zaključiti da postoje značajne razlike u efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja među evropskim zemljama, kako u pogledu trenutnog nivoa efikasnosti, tako i u pogledu dinamike promena produktivnosti tokom vremena. Primena DEA window analize omogućila je identifikaciju relativno efikasnih i neefikasnih zemalja, dok je Malmkvistov indeks pružio uvid u promene ukupne faktorske produktivnosti i njene glavne izvore. Rezultati pokazuju da je rast produktivnosti u većini zemalja pre svega rezultat unapređenja tehničke efikasnosti, dok je doprinos tehnoloških promena relativno ograničen. Dodatno, Tobit regresiona analiza omogućila je identifikaciju faktora koji utiču na efikasnost istraživačko-razvojnih sistema, pri čemu su strani direktni investicioni prilivi i razvijen sistem zaštite intelektualne svojine identifikovani kao statistički značajni determinanti efikasnosti. Kombinovana primena ovih metodoloških pristupa omogućila je sveobuhvatno sagledavanje performansi nacionalnih sistema istraživanja i razvoja i pružila empirijsku osnovu za formulaciju preporuka za unapređenje inovacionih politika u kontekstu ostvarivanja cilja održivog razvoja 9.5. Kombinovana primena DEA window analize, Malmkvistovog indeksa i Tobit regresije pokazala je da primena analize obavljanja podataka bazirane na benčmarking pristupu, omogućava otkrivanje mesta za poboljšanja inovacionih sistema nacionalnih ekonomija u cilju ostvarivanja ciljeva održivog razvoja, čime su polazne pretpostavke sadržane u hipotezi H4 dobile dodatno metodološko i empirijsko utemeljenje.

Rezultati DEA window analize zasnovane na CRS modelu ukazuju na izražene razlike u efikasnosti i njenoj dinamici kroz vreme, pri čemu se posebno ističe značaj uticaja veličine sistema. U ovom modelu, Nemačka i Rusija ostvaruju najviše vrednosti efikasnosti kroz sve vremenske prozore, što ukazuje na njihovu dominantnu poziciju i sposobnost da efikasno koriste raspoložive resurse. Ipak, dok Nemačka pokazuje stabilno visoke nivoe efikasnosti tokom gotovo celog posmatranog perioda, Rusija beleži izraženije oscilacije, što ukazuje na manje stabilan obrazac korišćenja resursa uprkos veoma visokim prosečnim vrednostima efikasnosti. Međutim, kod određenih zemalja prisutne su značajne oscilacije, što je posebno izraženo kod Hrvatske, gde dolazi do naglog skoka efikasnosti u kasnijim periodima, nakon dugog perioda stagnacije. Ovakav obrazac

ukazuje na osetljivost CRS modela na promene u odnosu ulaza i izlaza, posebno u slučaju manjih ekonomija. Pored toga, zemlje poput Rumunije i Ukrajine pokazuju izražene fluktuacije kroz prozore, što ukazuje na nestabilnost inovacionih sistema i odsustvo kontinuiranog razvoja. Srednje razvijene zemlje, kao što su Italija, Holandija i Poljska, pokazuju relativno stabilne, ali umerene vrednosti efikasnosti, bez značajnog trenda rasta. Na suprotnom kraju nalaze se zemlje sa hronično niskim nivoom efikasnosti, među kojima se posebno izdvaja Srbija, koja kroz sve prozore ostaje na veoma niskom nivou, bez vidljivog napretka.

Rezultati DEA window analize zasnovane na modelu pružaju precizniji uvid u tehničku efikasnost, jer eliminišu uticaj veličine sistema. U ovom okviru, Nemačka i dalje ostaje na samom vrhu sa stabilno visokim nivoom efikasnosti, što potvrđuje da njena efikasnost nije posledica veličine, već stvarne sposobnosti upravljanja resursima. Irska se dodatno izdvaja kao primer zemlje sa kontinuiranim i stabilnim rastom efikasnosti kroz sve prozore, što ukazuje na sistematsko unapređenje inovacionog sistema. Empirijski nalazi ukazuju da zemlje sa stabilnim i visokim nivoom efikasnosti ostvaruju takve rezultate zahvaljujući snažnoj institucionalnoj povezanosti nauke i privrede (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

Naučni doprinosi disertacije

Doprinos doktorske disertacije može se sagledati kroz teorijski, metodološki, empirijski i praktični aspekt.

Teorijski doprinos rada ogleda se u povezivanju koncepta održivog razvoja, benčmarkinga i metoda višekriterijumskog odlučivanja u jedinstven okvir za praćenje i unapređenje ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Time se proširuju postojeća saznanja o mogućnostima primene metoda operacionih istraživanja u analizi složenih razvojnih problema i kreiranju javnih politika usmerenih ka održivom razvoju.

Metodološki doprinos ogleda se u razvoju integrisanog analitičkog okvira koji povezuje metodu ELECTRE III, višestapni benčmarking, DEA i DEA window analizu, Malmkvistov indeks produktivnosti i Tobit regresiju. Poseban doprinos predstavlja primena i prilagođavanje koncepta višestapnog benčmarkinga u kontekstu ciljeva održivog razvoja, čime se omogućava identifikacija realističnih i dostižnih razvojnih putanja za zemlje sa različitim nivoima performansi. Poseban metodološki doprinos rada ogleda se u formiranju razvojnih putanja („mapa puta”) za svaku posmatranu zemlju, čime se omogućava identifikacija direktnih i idealnih benčmarka i definisanje realističnih pravaca unapređenja performansi u skladu sa specifičnostima nacionalnog konteksta. Dodatni metodološki doprinos ogleda se u modifikaciji originalnog modela višestapnog benčmarkinga kako bi se omogućila njegova primena u uslovima različite strukture kriterijuma.

Empirijski doprinos rada ogleda se u sprovođenju sveobuhvatne analize evropskih zemalja u oblastima obrazovanja i inovacija. U oblasti obrazovanja identifikovane su razvojne putanje i referentni zemlje koje predstavljaju preporučenu zemlju za poređenje pri unapređenju jednakosti obrazovnih mogućnosti, dok je u oblasti istraživanja i razvoja izvršena procena efikasnosti nacionalnih inovacionih sistema, analiza promena produktivnosti kroz vreme i identifikacija faktora koji utiču na njihove performanse.

Praktični doprinos istraživanja ogleda se u formulisanju preporuka za unapređenje javnih politika u oblastima obrazovanja, istraživanja i razvoja. Predloženi metodološki okvir može poslužiti kao instrument podrške donosiocima odluka u procesu praćenja i unapređenja ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Poseban značaj rezultati istraživanja imaju za Srbiju, jer omogućavaju identifikaciju ključnih oblasti za unapređenje performansi i definisanje razvojnih prioriteta zasnovanih na objektivnoj analizi i benčmarkingu sa uspešnijim evropskim zemljama.

Implikacije za javne politike

Rezultati sprovedenog istraživanja imaju značajne implikacije za kreiranje, sprovođenje i evaluaciju javnih politika usmerenih ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Dobijeni nalazi ukazuju da uspešnost ostvarivanja razvojnih ciljeva ne zavisi isključivo od obima raspoloživih resursa, već i od njihove efikasne alokacije, institucionalnog okruženja i sposobnosti sistema da uči iz uspešnih praksi drugih zemalja.

U oblasti obrazovanja, rezultati višestapnog benčmarkinga ukazuju da unapređenje jednakosti obrazovnih mogućnosti zahteva postepen i kontinuiran proces reformi, prilagođen specifičnim karakteristikama svake zemlje. Nalazi istraživanja sugerisu da politike zasnovane na neposrednom preuzimanju rešenja iz najuspešnijih obrazovnih sistema često nisu realno ostvarive, dok pristup zasnovan na identifikaciji razvojnih putanja i referentnih zemalja sa sličnim karakteristikama omogućava definisanje dostiznijih i efikasnijih pravaca razvoja. Pri tome je za svaku posmatranu zemlju definisana odgovarajuća razvojna putanja, zasnovana na poređenju sa relevantnim referentnim zemljama, čime su formulisani preporučeni pravci unapređenja performansi prilagođeni njenim razvojnim karakteristikama i nivou dostignutih rezultata. Poseban značaj imaju mere usmerene na smanjenje socio-ekonomskih nejednakosti, budući da rezultati ukazuju na njihov snažan uticaj na obrazovna postignuća i jednakost šansi.

U oblasti istraživanja, razvoja i inovacija, rezultati DEA i DEA window analize ukazuju na postojanje značajnih razlika u efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja među evropskim zemljama. Analiza je identifikovala Nemačku i Rusiju kao referentne zemlje koje formiraju granicu efikasnosti, dok su zemlje poput Irske, Češke Republike i Rumunije pokazale izražen napredak u efikasnosti tokom posmatranog perioda. Nasuprot tome, pojedine zemlje, među kojima je i Srbija, beleže trajno nizak nivo efikasnosti, što ukazuje na ograničenu sposobnost transformacije istraživačko-razvojnih resursa u inovacione rezultate. Rezultati DEA window analize dodatno pokazuju da se razlike između zemalja ne ogledaju samo u nivou efikasnosti, već i u njihovoj sposobnosti da efikasnost održavaju i unapređuju tokom vremena. Takođe, rezultati Tobit regresione analize ukazuju na značaj institucionalnih faktora, posebno zaštite intelektualne svojine i privlačenja stranih direktnih investicija, što predstavlja važnu smernicu za kreatore inovacionih politika.

Poseban značaj rezultati istraživanja imaju za Srbiju. Nalazi ukazuju na potrebu za unapređenjem efikasnosti nacionalnog sistema istraživanja i razvoja, kao i na značaj sistemskih mera usmerenih ka povećanju kvaliteta i inkluzivnosti obrazovanja. Predloženi metodološki okvir omogućava identifikaciju referentnih zemalja i razvojnih prioriteta, čime može poslužiti kao instrument podrške donosiocima odluka u procesu planiranja, sprovođenja i evaluacije politika usmerenih ka ostvarivanju ciljeva održivog razvoja.

Šire posmatrano, razvijeni analitički okvir može biti primenjen i u drugim oblastima održivog razvoja obuhvaćenim Agendom 2030, čime se otvaraju mogućnosti za njegovo korišćenje kao alata za kontinuirano praćenje performansi, identifikaciju razvojnih dispariteta i formulisanje politika zasnovanih na objektivnim i empirijski utemeljenim pokazateljima.

Ograničenja istraživanja

Ograničenja istraživanja odnose se na dostupnost i kvalitet podataka, kao i na izbor indikatora koji mogu uticati na rezultate analize. S obzirom na to da se ciljevi održivog razvoja prate kroz veliki broj indikatora, njihova selekcija i dostupnost predstavljaju značajan metodološki izazov. Takođe, kompleksnost primenjenih metoda zahteva pažljivo tumačenje rezultata i dodatnu validaciju u različitim kontekstima.

Primenjeni model višestapnog benčmarkinga ima statički karakter, jer se zasniva na fiksnom skupu podataka, dok pitanje vremenske robusnosti ostaje otvoreno. To implicira potrebu za periodičnim ažuriranjem razvojnih putanja, na primer uključivanjem podataka iz novih PISA ciklusa (npr. PISA 2022).

Ograničenje DEA pristupa ogleda se u njegovoj osetljivosti na izbor ulaznih i izlaznih varijabli, kao i na prisustvo ekstremnih vrednosti u uzorku. Budući da DEA meri relativnu efikasnost u odnosu na posmatrani skup jedinica, dobijeni rezultati zavise od sastava uzorka i ne predstavljaju apsolutnu meru efikasnosti.

Pravci budućih istraživanja

Buduća istraživanja bi trebalo da budu usmerena ka daljem unapređenju metodoloških pristupa, uključivanju većeg broja indikatora i integraciji metoda operacionih istraživanja sa savremenim analitičkim alatima, uključujući metode mašinskog učenja, čime bi se dodatno unapredila preciznost i primenljivost modela. Takođe, buduća istraživanja mogu proširiti analizu na druge ciljeve održivog razvoja, kao i na različite regionalne i sektorske kontekste, čime bi se dodatno unapredila opšta primenljivost predloženog metodološkog okvira.

Jedan od mogućih pravaca daljeg razvoja jeste uvođenje vremenske komponente u koncept višestapnog benčmarkinga. Uključivanje vremenske dimenzije u višekriterijumsko odlučivanje prepoznato je kao značajan metodološki izazov u savremenim istraživanjima (Campello et al. 2023; Li et al. 2023), te predstavlja interesantnu oblast za buduću primenu i razvoj modela. Sa metodološkog stanovišta, dodatni pravac unapređenja mogao bi podrazumevati uvođenje hijerarhijske strukture kriterijuma, budući da se pitanja javnih politika sve češće organizuju u složenim, višeslojnim okvirima. Konačno, dalja metodološka unapređenja višestapnog benčmarkinga u kontekstu problema sortiranja (Kadziński et al. 2022) mogla bi se primeniti i u ovakvim analizama, što bi omogućilo definisanje geografskih ili tematski usmerenih jedinica na putu ka idealnom referentnom modelu.

Kada je reč o analizi efikasnosti nacionalnih sistema istraživanja i razvoja, buduća istraživanja mogu biti usmerena ka proširenju skupa ulaznih i izlaznih varijabli, uključivanju većeg broja zemalja i dužih vremenskih serija, kako bi se obezbedila veća robusnost rezultata. Dodatno, primena naprednijih DEA modela, kao i kombinovanje DEA pristupa sa metodama mašinskog učenja i drugim kvantitativnim tehnikama, može doprineti preciznijem sagledavanju faktora koji utiču na efikasnost inovacionih sistema. Poseban pravac budućih istraživanja odnosi se na analizu međusobnih veza između efikasnosti sistema istraživanja i razvoja i ostvarivanja drugih ciljeva održivog razvoja, čime bi se omogućilo sveobuhvatnije sagledavanje njihovog doprinosa održivom razvoju.

Na kraju, može se zaključiti da održivi razvoj, kao globalni razvojni imperativ, zahteva primenu savremenih, interdisciplinarnih i kvantitativno zasnovanih pristupa koji omogućavaju njegovo adekvatno razumevanje, merenje i unapređenje. Metode višekriterijumskog odlučivanja imaju ključnu ulogu u ovom procesu, jer omogućavaju donošenje objektivno utemeljenih odluka u uslovima kompleksnosti i konflikta ciljeva. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da integrisani metodološki okvir zasnovan na kombinaciji ovih metoda može značajno doprineti unapređenju javnih politika i efikasnijem ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, čime se stvara osnova za dugoročan, inkluzivan i održiv društveni i ekonomski napredak.

LITERATURA

- Abb, L., Rafiei, M., Kampik, T., & Rehse, J.-R. (2025). Identifying Process Improvement Opportunities Through Process Execution Benchmarking. In R. Guizzardi, L. Pufahl, A. Sturm, & H. van der Aa (Eds.), *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling* (pp. 19–35). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95397-2_2
- Adamson, P. (2013). Child Well-being in Rich Countries: A comparative overview. *Papers*, Article inreca683.
- Afonso, A., & Aubyn, M. (2005). Non-parametric approaches to education and health efficiency in OECD countries. *Journal of Applied Economics*, 8, 227–246.
- Afriana, F. M., & Khoirunurrofik, K. (2024). Measuring research efficiency and its determining factors for Indonesian R&D institutions: Does scientific publication make a difference? *Journal of Science and Technology Policy Management*, 15(1), 200–217. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-04-2022-0076>
- Aghion, P., Boustan, L., & Hoxby, C. (2009). *The Causal Impact of Education on Economic Growth: Evidence from the United States*, Working paper.
- Ahonen, A. K. (2021). Finland: Success Through Equity-The Trajectories in PISA Performance. In N. Crato (Ed.), *Improving a Country's Education: PISA 2018 Results in 10 Countries* (pp. 121–136). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59031-4_6
- Akhilesh, K. B. (2014). *R&D Management*. Springer India. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1946-0>
- Alderman, L., & Murray, S. (2025). Benchmarking: Seeking Best Practice. *New Directions for Evaluation*, 2025(185–186), 25–32. <https://doi.org/10.1002/ev.20634>
- Allen, C., Metternicht, G., & Wiedmann, T. (2018). Initial progress in implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): A review of evidence from countries. *Sustainability Science*, 13(5), 1453–1467. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0572-3>
- Allen, C., Metternicht, G., & Wiedmann, T. (2019). Prioritising SDG targets: Assessing baselines, gaps and interlinkages. *Sustainability Science*, 14(2), 421–438. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0596-8>
- Alpağut, S. (2024). The Impact of Intellectual Property Payments and R&D on Economic Growth: A Panel Analysis on Highly Industrialized Countries. *International Journal of Business and Economic Studies*, 6(4), 249–261. <https://doi.org/10.54821/uiecd.1573013>
- Alsharari, N. M., & Aljohani, M. S. (2023). The benchmarking implementation and management control process as influenced by interplay of environmental and cultural factors: Institutional and contingency perspectives. *Benchmarking: An International Journal*, 31(9), 3327–3348. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2022-0733>
- Anand, G., & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking: An International Journal*, 15(3), 257–291. <https://doi.org/10.1108/14635770810876593>
- Aparicio, J., & Santín, D. (2024). Global and local technical changes: A new decomposition of the Malmquist productivity index using virtual units. *Economic Modelling*, 134, 106674. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2024.106674>

- Arandarenko, M., Corrente, S., Jandrić, M., & Stamenković, M. (2020). Multiple criteria decision aiding as a prediction tool for migration potential of regions. *European Journal of Operational Research*, 284(3), 1154–1166. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.046>
- Aristovnik, A. (2011). The relative efficiency of education and R&D expenditures in the new EU member states. *Journal of Business Economics and Management*, 13(5), 832–848.
- Arrowsmith, J., Sisson, K., & Marginson, P. (2004). What can ‘benchmarking’ offer the open method of co-ordination? *Journal of European Public Policy*, 11(2), 311–328. <https://doi.org/10.1080/1350176042000194458>
- Asmild, M., Paradi, J., Aggarwall, V., & Schaffnit, C. (2004). Combining DEA Window Analysis with the Malmquist Index Approach in a Study of the Canadian Banking Industry. *Journal of Productivity Analysis*, 21, 67–89. <https://doi.org/10.1023/B:PROD.0000012453.91326.ec>
- Backović, M., & Popović, Z. (2012). *Matematičko modeliranje i optimizacija*. Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Baker, S. (2006). *Sustainable Development*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203495933>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R., Natarajan, R., & Zhang, D. (2019). Two-stage estimation of the impact of contextual variables in stochastic frontier production function models using Data Envelopment Analysis: Second stage OLS versus bootstrap approaches. *European Journal of Operational Research*, 278(2), 368–384. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.050>
- Barbier, E. B. (1987). The Concept of Sustainable Economic Development. *Environmental Conservation*, 14(2), 101–110. <https://doi.org/10.1017/S0376892900011449>
- Barbier, E. B., & Burgess, J. C. (2017). The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability. *Economics*, 11(1), 20170028. <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2017-28>
- Barbier, E. B., & Burgess, J. C. (2019). Sustainable development goal indicators: Analyzing trade-offs and complementarities. *World Development*, 122, 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.026>
- Behrman, J. R. (2010). Chapter 73—Investment in Education—Inputs and Incentives*. In D. Rodrik & M. Rosenzweig (Eds.), *Handbook of Development Economics* (Vol. 5, pp. 4883–4975). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52944-2.00011-2>
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200(1), 198–215. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>
- Belahcène, K., Mousseau, V., Ouerdane, W., Pirlot, M., & Sobrie, O. (2023). Multiple criteria sorting models and methods. Part II: Theoretical results and general issues. *4OR*, 21(2), 181–204. <https://doi.org/10.1007/s10288-022-00531-3>
- Belitz, H. (2022). Research and Development in German Industry: High Intensity, Low Growth. *DIW Weekly Report*, 12(51/52), 329–338.
- Benabbou, N., Martin, H., & Perny, P. (2021). Min cost improvement and max gain stability in multicriteria sorting methods on combinatorial domains. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 28(3–4), 170–184. <https://doi.org/10.1002/mcda.1743>

- Bennich, T., Weitz, N., & Carlsen, H. (2020). Deciphering the scientific literature on SDG interactions: A review and reading guide. *Science of The Total Environment*, 728, 138405. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138405>
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (1999). Benchmarking – best practices: An integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, 6(3), 254–268.
- Biermann, F., Kanie, N., & Kim, R. E. (2017). Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Open Issue, Part II*, 26–27, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010>
- Bilbao-Osorio, B., & Rodríguez-Pose, A. (2004). From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. *Growth and Change*, 35(4), 434–455. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2004.00256.x>
- Bizzo, E., Furst, R., Antunes, J. J. M., Wanke, P., & Mixon Jr., F. G. (2022). State-level educational performance in Brazil: A MCDM approach taking a governance perspective. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 29(3–4), 199–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mcda.1765>
- Bogan, C. E., & English, M. J. (1994). *Benchmarking for Best Practices: Winning Through Innovative Adaptation*. McGraw-Hill.
- Borzée, J., Cardoen, B., Cherchye, L., De Rock, B., & Roodhooft, F. (2025). Linking outcomes to costs: A unified measure to advance value-based healthcare. *Omega*, 133, 103270. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103270>
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90331-O](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-O)
- Bouyssou, D. (1990). Building Criteria: A Prerequisite for MCDA. In C. A. Bana e Costa (Ed.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid* (pp. 58–80). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75935-2_4
- Boxwell, R. J. (1994). *Benchmarking for Competitive Advantage*. McGraw-Hill.
- Braathe, H. J., & Otterstad, A. M. (2014). Education for All in Norway: Unpacking Quality and Equity. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 5th World Conference on Educational Sciences*, 116, 1193–1200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.368>
- Brandli, L., Salvia, A., Gasparetto Rebelatto, B., Pretorius, R., Nicolau, M., Sibiya, L., Kom, Z., Raszkowski, A., Eustachio, J., & Pohlman, J. (2024). *Sustainable Development Goal 9 - Industry, Innovation and Infrastructure: Teacher's Manual*. The University of Passo Fundo.
- Brans, J. P., & Vincke, Ph. (1985). A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31(6), 647–656.
- Brans, J. P., Vincke, Ph., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research, Mathematical Programming Multiple Criteria Decision Making*, 24(2), 228–238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)
- Breen, R., Luijckx, R., Müller, W., & Pollak, R. (2009). Nonpersistent Inequality in Educational Attainment: Evidence from Eight European Countries. *American Journal of Sociology*, 114(5), 1475–1521. <https://doi.org/10.1086/595951>
- Brewer, D. J., & McEwan, P. J. (2010). *Economics of Education*. Elsevier.
- Brodny, J., & Tutak, M. (2023). The level of implementing sustainable development goal “Industry, innovation and infrastructure” of Agenda 2030 in the European Union countries: Application of MCDM methods. *Oeconomia Copernicana*, 14(1), 47–102. <https://doi.org/10.24136/oc.2023.002>

- Brooks, T. G., Lahens, N. F., Mrčela, A., & Grant, G. R. (2024). Challenges and best practices in omics benchmarking. *Nature Reviews Genetics*, 25(5), 326–339. <https://doi.org/10.1038/s41576-023-00679-6>
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations General Assembly document.
- Camp, R. C. (1989). *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance*. Quality Press.
- Campello, B. S. C., Duarte, L. T., & Romano, J. M. T. (2023). Exploiting temporal features in multicriteria decision analysis by means of a tensorial formulation of the TOPSIS method. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108915. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108915>
- Campolo, A. (2025). State-of-the-Art: The Temporal Order of Benchmarking Culture. *Digital Society*, 4(2), 35. <https://doi.org/10.1007/s44206-025-00190-x>
- Carayannis, E. G., Grigoroudis, E., & Goletsis, Y. (2016). A multilevel and multistage efficiency evaluation of innovation systems: A multiobjective DEA approach. *Expert Systems with Applications*, 62, 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.017>
- Central Statistics Office. (2021). *Ireland's UN SDGs – Goal 9: Industry, innovation and infrastructure 2021*. <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-sdg9/irelandsunsdgs-goal9industryinnovationandinfrastructure2021/>
- Charles, V., & Emrouznejad, A. (2024). DEA-based index systems for addressing the United Nations' SDGs. *Environmental Science & Policy*, 162, 103950.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Preface to topics in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 2(1), 59–94. <https://doi.org/10.1007/BF01874733>
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., & Cooper, W. Wager. (1962). Programming with linear fractional functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, 9(3–4), 181–186. <https://doi.org/10.1002/nav.3800090303>
- Chen, K., Kou, M., & Fu, X. (2018). Evaluation of multi-period regional R&D efficiency: An application of dynamic DEA to China's regional R&D systems. *Omega*, 74, 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.01.01>
- Chen, Z.-S., Zhang, X., Pedrycz, W., Wang, X.-J., & Skibniewski, M. J. (2020). Bid evaluation in civil construction under uncertainty: A two-stage LSP-ELECTRE III-based approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 94, 103835. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103835>
- Chiu, S.Y., Lee, S. T., Lin, T.Y., Shih, H.Y., & Cheng, J.-S. (2025). Efficiency of innovative research and development among advanced countries based on the two-stage data envelopment analysis. *Journal of Industrial and Business Economics*. <https://doi.org/10.1007/s40812-025-00373-0>
- Chou, Y. C., Shao, B. B. M., & Lin, W. T. (2012). Performance evaluation of production of IT capital goods across OECD countries: A stochastic frontier approach to Malmquist index. *Decision Support Systems*, 54(1), 173–184. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.003>

- Cinaroglu, S. (2021). Oncology services efficiency in the age of pandemic: A jackknife and bootstrap sensitivity analysis for robustness check of DEA scores. *Journal of Cancer Policy*, 27, 100262. <https://doi.org/10.1016/j.jcpo.2020.100262>
- Ciomek, K., Ferretti, V., & Kadziński, M. (2018). Predictive analytics and disused railways requalification: Insights from a Post Factum Analysis perspective. *Decision Support Systems*, 105, 34–51. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.10.010>
- Coelho Junior, L. M., Araújo, A. F. V. de, Nunes, A. M. M., Fuinhas, J. A., & Santos Júnior, E. P. (2026). Regional efficiency of forest-based bioelectricity in Brazil: A DEA and jackstrap approach for low-carbon bioeconomy planning. *Renewable Energy*, 260, 125135. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.125135>
- Cohen, G., & Shinwell, M. (2020). *How far are OECD countries from achieving SDG targets for women and girls? Applying a gender lens to measuring distance to SDG targets*. OECD. <https://doi.org/10.1787/17a25070-en>
- Cook, W. D., Ramón, N., Ruiz, J. L., Sirvent, I., & Zhu, J. (2019). DEA-based benchmarking for performance evaluation in pay-for-performance incentive plans. *Omega*, 84, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.04.004>
- Cook, W. D., & Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
- Cook, W. D., Tone, K., & Zhu, J. (2014). Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *Omega*, 44, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.004>
- Cooper, J. (2015). *National Innovation System of the Russian Federation*. In Wiley Encyclopedia of Management. <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom130046>
- Cooper, W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp. 1–39). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (Vol. 2). Springer.
- Costanza, R., Daly, L., Fioramonti, L., Giovannini, E., Kubiszewski, I., Mortensen, L. F., Pickett, K. E., Ragnarsdottir, K. V., De Vogli, R., & Wilkinson, R. (2016). Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics*, 130, 350–355. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.07.009>
- Cristóbal, J., Ehrenstein, M., Domínguez-Ramos, A., Galán-Martín, Á., Pozo, C., Margallo, M., Aldaco, R., Jiménez, L., Irabien, Á., & Guillén-Gosálbez, G. (2021). Unraveling the links between public spending and Sustainable Development Goals: Insights from data envelopment analysis. *Science of The Total Environment*, 786, 147459. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147459>
- Cullmann, A., Schmidt-Ehmcke, J., & Zloczynski, P. (2009). Innovation, R&D Efficiency and the Impact of the Regulatory Environment: A Two-Stage Semi-Parametric DEA Approach. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1460709>
- Dalampira, E., & Natis, S. A. (2020). Mapping Sustainable Development Goals: A network analysis framework. *Sustainable Development*, 28(1), 46–55. <https://doi.org/10.1002/sd.1964>
- Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: Methodology and Applications* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-35231-2>
- Del Vasto-Terrientes, L., Valls, A., Slowinski, R., & Zielniewicz, P. (2015). ELECTRE-III-H: An outranking-based decision aiding method for hierarchically structured criteria. *Expert Systems with Applications*, 42(11), 4910–4926. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.016>

- Dhahri, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship contribution to the three pillars of sustainable development: What does the evidence really say? *World Development*, 106, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.01.008>
- Diewert, W., Caves, D., & Christensen, L. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50, 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Dominique, K. C., Malik, A. A., & Remoquillo-Jenni, V. (2013). International benchmarking: Politics and policy1. *Science & Public Policy (SPP)*, 40(4), 504–513.
- Dorius, S. (2013). The Rise and Fall of Worldwide Education Inequality from 1870 to 2010 Measurement and Trends. *Sociology of Education*, 86, 158–173.
- Dos Santos, P. H., Neves, S. M., Sant’Anna, D. O., Oliveira, C. H. de, & Carvalho, H. D. (2019). The analytic hierarchy process supporting decision making for sustainable development: An overview of applications. *Journal of Cleaner Production*, 212, 119–138.
- Doyle, J., & Green, R. (1994). Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses. *The Journal of the Operational Research Society*, 45(5), 567–578.
- Đuričin, D. N., Janošević, S. V., & Kaličanin, Đ. M. (2015). *Memandžment i strategija*. Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Centar za izdavačku delatnost.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research, Data Envelopment Analysis*, 132(2), 245–259. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *The Annals of Statistics*, 7(1), 1–26.
- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1994). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429246593>
- Elkington, J. (1994). Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. *California Management Review*, 36(2), 90–100. <https://doi.org/10.2307/41165746>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. New Society Publishers.
- Elmuti, D., & Kathawala, Y. (1997). An overview of benchmarking process: A tool for continuous improvement and competitive advantage. *Benchmarking for Quality Management & Technology*, 4(4), 229–243. <https://doi.org/10.1108/14635779710195087>
- Emrouznejad, A., Petridis, K., & Charles, V. (2023). *Data Envelopment Analysis with GAMS. International Series*. Springer.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- European Commission. (2023). *ERA country report 2023: Croatia*. European Research Area Platform. <https://european-research-area.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/2025-09/ERA%20Country%20Report%202023%20Croatia.pdf>

- European Commission. (2024). *ERA country report 2023: Serbia*. European Research Area Platform. <https://european-research-area.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/2025-09/ERA%20Country%20Report%202023%20Serbia.pdf>
- European Parliament. (2021). *Ten composite indices for policy-making: In depth analysis*. European Parliamentary Research Service (EPRS) Publications Office.
- EUROSTAT. (2025). *Sustainable development in the European Union – Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context – 2025 edition*. Publications Office of the European Union.
- Ezbakhe, F., & Pérez-Foguet, A. (2020). Decision analysis for sustainable development: The case of renewable energy planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.037>
- Fagerberg, J. (2001). Benchmarking: A New and Useful Tool for Policy Learning? *Working Papers on Innovation Studies, Working Papers on Innovation Studies*, Article 20010621.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1), 85–101. <https://doi.org/10.1007/BF00158770>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2343100>
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrogtt, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Science & Business Media. <https://link.springer.com/book/10.1007/b100605>
- Figueira, J. R., Greco, S., Roy, B., & Słowiński, R. (2010). ELECTRE Methods: Main Features and Recent Developments. In C. Zopounidis & P. M. Pardalos (Eds.), *Handbook of Multicriteria Analysis* (pp. 51–89). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92828-7_3
- Figueira, J. R., Greco, S., Roy, B., & Słowiński, R. (2013). An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 20(1–2), 61–85. <https://doi.org/10.1002/mcda.1482>
- Figueira, J. R., Mousseau, V., & Roy, B. (2016). ELECTRE Methods. In S. Greco, M. Ehrgott, & J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 155–185). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_5
- Figueira, J., & Roy, B. (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research, EURO XVI: O.R. for Innovation and Quality of Life*, 139(2), 317–326. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00370-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00370-8)
- Fong, S. W., Cheng, E. W. L., & Ho, D. C. K. (1998). Benchmarking: A general reading for management practitioners. *Management Decision*, 36(6), 407–418.
- Forestal, R. L., & Pi, S. (2022). A hybrid approach based on ELECTRE III-genetic algorithm and TOPSIS method for selection of optimal COVID-19 vaccines. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 29(1–2), 80–91. <https://doi.org/10.1002/mcda.1772>
- Freudenberg, M. (2003). Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2003(16). <https://doi.org/10.1787/405566708255>
- Frønes, T. S., Pettersen, A., Radišić, J., & Buchholtz, N. (2020). Equity, Equality and Diversity in the Nordic Model of Education—Contributions from Large-Scale Studies. In T. S. Frønes, A. Pettersen, J. Radišić, & N. Buchholtz (Eds.), *Equity, Equality and Diversity in the Nordic Model*

- of Education (pp. 1–10). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61648-9_1
- Fuchs, T., Woessmann, L., & Wossmann, L. (2010). Families, schools and primary-school learning: Evidence for Argentina and Colombia in an international perspective. *Applied Economics*, 42, 2645–2665. <https://doi.org/10.1080/00036840801964617>
- Fuller, J., Bessette, R., & Freier, M. (2011). Performance Benchmarking: A Literature Review And Analysis For Atmospheric Fluidized Bed Combustion Plants. *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 1. <https://doi.org/10.19030/iber.v1i9.3980>
- Gamoran, A., & Long, D. (2007). Equality of Educational Opportunity A 40 Year Retrospective. In *International Studies in Educational Inequality, Theory and Policy* (pp. 23–47). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5916-2_2
- Garces-Voisenat, J.-P. (2016). Equality of Opportunity in Education: A Case Study of Chile and Norway. *Journal of Economics and Political Economy*, 3(1), 142–150.
- Gevrek, Z. E., Gevrek, D., & Neumeier, C. (2020). Explaining the gender gaps in mathematics achievement and attitudes: The role of societal gender equality. *Economics of Education Review*, 76, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2020.101978>
- Ghahraman, A., & Prior, D. (2016). A learning ladder toward efficiency: Proposing network-based stepwise benchmark selection. *Omega*, 63, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.10.004>
- Giannoulis, C., & Ishizaka, A. (2010). A Web-based decision support system with ELECTRE III for a personalised ranking of British universities. *Decision Support Systems, New Concepts, Methodologies and Algorithms for Business Education and Research in the 21st Century*, 48(3), 488–497. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.06.008>
- Giddings, B., Hopwood, B., & O'Brien, G. (2002). Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*, 10(4), 187–196. <https://doi.org/10.1002/sd.199>
- Gopisetty, Y. B., & Sama, H. R. (2025). An integrated MCDM approach using double normalization: Introducing the DN-WENSLO and DN-RPEM methods for socio-economic performance evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, 76(12), 2604–2630. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01605682.2025.2486679>
- Govindan, K. (2025). Applications of advances in operations research methods to achieve sustainable development goals (SDGs) in a supply chain management environment: Review and future direction of research. *Annals of Operations Research*, 349(2), 425–450.
- Govindan, K., & Jepsen, M. B. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.019>
- Greco, S., Ehrgott, M., & Figueira, J. (2016). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4>
- Greenland, S., Saleem, M., Misra, R., & Mason, J. (2022). Sustainable management education and an empirical five-pillar model of sustainability. *The International Journal of Management Education*, 20(3), 100658. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100658>
- Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661–1707.
- Guan, J., & Chen, K. (2012). Modeling the relative efficiency of national innovation systems. *Research Policy*, 41(1), 102–115. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.001>

- Guitouni, A., & Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*, 109(2), 501–521. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00073-3)
- Hales, R., & Birdthistle, N. (2022). The Sustainable Development Goals – SDG#9 Industry, Innovation and Infrastructure. In N. Birdthistle & R. Hales (Eds.), *Attaining the 2030 Sustainable Development Goal of Industry, Innovation and Infrastructure* (p. 0). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-80382-573-120221001>
- Hao, X., Wen, S., & Wan, Q. (2025). How does managerial ability affect R&D efficiency of emerging-economy high-tech enterprises. *Technology Analysis & Strategic Management*, 37(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09537325.2024.2306611>
- Harris, A., & Jones, M. (2017). *The Dutch Way in Education. Teach, Learn and Lead the Dutch Way*. OMJS BV, Uitgeverij.
- Heller-Sahlgren, G. (2015). *Real Finnish Lessons: The true story of an education superpower*. Centre for Policy Studies.
- Hermann, Z., & Kopasz, M. (2021). Educational policies and the gender gap in test scores: A cross-country analysis. *Research Papers in Education*, 36(4), 461–482.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill.
- Hoem, J. M. (1986). The impact of education on modern family-union initiation. *European Journal of Population/Revue Européenne de Démographie*, 2(2), 113–133.
- Hoff, A. (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 425–435.
- Holmberg, J., & Sandbrook, R. (2019). *Sustainable Development: What Is to Be Done?* (pp. 19–38). <https://doi.org/10.4324/9780429200465-1>
- Hong, P., Hong, S. W., Jungbae Roh, J., & Park, K. (2012). Evolving benchmarking practices: A review for research perspectives. *Benchmarking: An International Journal*, 19(4/5), 444–462. <https://doi.org/10.1108/14635771211257945>
- Hubinont, J. P., & De Smet, Y. (2021). Long-term multi-criteria improvement planning. *Decision Support Systems*, 149, 113606. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113606>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State of the Art Survey* (Vol. 186). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Jayaraman, R., Colapinto, C., Torre, D. L., & Malik, T. (2015). Multi-criteria model for sustainable development using goal programming applied to the United Arab Emirates. *Energy Policy*, 87, 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.027>
- Johnes, J. (2006). Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993. *European Journal of Operational Research*, 174(1), 443–456. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.02.044>
- Kadziński, M., Ciomek, K., Rychły, P., & Słowiński, R. (2016). Post factum analysis for robust multiple criteria ranking and sorting. *Journal of Global Optimization*, 65(3), 531–562. <https://doi.org/10.1007/s10898-015-0359-3>
- Kadziński, M., Stamenković, M., & Uniejewski, M. (2022). Stepwise benchmarking for multiple criteria sorting. *Omega*, 108, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102579>
- Kajikawa, Y., Tanco, F., & Yamaguchi, K. (2014). Sustainability science: The changing landscape of sustainability research. *Sustainability Science*, 9(4), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0244-x>

- Kaloutsas, M., Kabassi, K., & Martinis, A. (2025). Evaluating the Sustainable Development Goals in higher education institutions using Multi-Criteria Decision Making/Analysis: Calculating the weights of criteria with the Analytic Hierarchy Process. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 21(1), 2475592. <https://doi.org/10.1080/15487733.2025.2475592>
- Kamau, M., Chasek, P., & O'Connor, D. (2018). *Transforming Multilateral Diplomacy: The Inside Story of the Sustainable Development Goals*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429491276>
- Kandakoglu, A., Frini, A., & Ben Amor, S. (2019). Multicriteria decision making for sustainable development: A systematic review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 26(5–6), 202–251. <https://doi.org/10.1002/mcda.1682>
- Kang, H. J., Kim, C., & Choi, K. (2024). Combining bootstrap data envelopment analysis with social networks for rank discrimination and suitable potential benchmarks. *European Journal of Operational Research*, 312(1), 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.06.038>
- Kao, C. (2010). Malmquist productivity index based on common-weights DEA: The case of Taiwan forests after reorganization. *Omega*, 38(6), 484–491.
- Kao, C. (2013). Dynamic data envelopment analysis: A relational analysis. *European Journal of Operational Research*, 227(2), 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.12.012>
- Karadayi, M. A., & Ekinci, Y. (2019). Evaluating R&D performance of EU countries using categorical DEA. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(2), 227–238. <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1493191>
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley.
- Keller, L., Preckel, F., Eccles, J. S., & Brunner, M. (2022). Top-performing math students in 82 countries: An integrative data analysis of gender differences in achievement, achievement profiles, and achievement motivation. *Journal of Educational Psychology*, 114(5), 966–991. <https://doi.org/10.1037/edu0000685>
- Kerstens, K., Sadeghi, J., Van de Woestyne, I., & Zhang, L. (2022). Malmquist productivity indices and plant capacity utilisation: New proposals and empirical application. *Annals of Operations Research*, 315(1), 221–250. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04771-8>
- Keskin, B., Zhu, J., & Yu, A. (2025). Performance analysis of sustainable development goals: A multi-component additive network DEA approach. *Journal of the Operational Research Society*, 76(9), 1749–1764. <https://doi.org/10.1080/01605682.2024.2443097>
- Kim, N., He, F., Nasir, R., & Kwak, S.-I. (2023). Stepwise benchmarking based on production function: Selecting path towards closest target. *Expert Systems with Applications*, 228, 120308. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120308>
- Kirjavainen, T., & Loikkanen, H. A. (1998). Efficiency differences of Finnish senior secondary schools: An application of DEA and Tobit analysis. *Economics of Education Review*, 17(4), 377–394. [https://doi.org/10.1016/S0272-7757\(97\)00048-4](https://doi.org/10.1016/S0272-7757(97)00048-4)
- Klopp, G. A. (1985). *THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF PRODUCTIVE SYSTEMS WITH MULTIPLE INPUTS AND OUTPUTS*. [Thesis]. University of Illinois Chicago.
- Koçak, D., Türe, H., & Atan, M. (2019). Efficiency Measurement with Network DEA: An Application to Sustainable Development Goals 4. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 415–435. <https://doi.org/10.21449/ijate.539487>
- Koçak, E., Kınacı, H., & Shehzad, K. (2021). Environmental efficiency of disaggregated energy R&D expenditures in OECD: a bootstrap DEA approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(15), 19381–19390. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12132-w>

- Kohl, S., & Brunner, J. O. (2020). Benchmarking the benchmarks – Comparing the accuracy of Data Envelopment Analysis models in constant returns to scale settings. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 1042–1057. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.031>
- Komiyama, H., & Takeuchi, K. (2006). Sustainability science: Building a new discipline. *Sustainability Science*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0007-4>
- Kou, M., Chen, K., Wang, S., & Shao, Y. (2016). Measuring efficiencies of multi-period and multi-division systems associated with DEA: An application to OECD countries' national innovation systems. *Expert Systems with Applications*, 46, 494–510.
- Krstić Srejskić, A., Stamenković, M., Vuksanović, N. (2024). Monitoring sustainable development goals: Stepwise benchmarking approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 31: e1838. <https://doi.org/10.1002/mcda.1838>
- Küfeoğlu, S. (2022). SDG-9: Industry, Innovation and Infrastructure. In S. Küfeoğlu (Ed.), *Emerging Technologies: Value Creation for Sustainable Development* (pp. 349–369). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07127-0_11
- Kumar, A., Antony, J., & Dhakar, T. (2006). Integrating quality function deployment and benchmarking to achieve greater profitability. *Benchmarking: An International Journal*, 13, 290–310. <https://doi.org/10.1108/14635770610668794>
- Kumar, R. (2025). A Comprehensive Review of MCDM Methods, Applications, and Emerging Trends. *Decision Making Advances*, 3(1), 185–199. <https://doi.org/10.31181/dma31202569>
- Kutlar, A., Kabasakal, A., & Sarikaya, M. (2013). Determination of the efficiency of the world railway companies by method of DEA and comparison of their efficiency by Tobit analysis. *Quality & Quantity*, 47(6), 3575–3602. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9741-0>
- Kwon, H.-B., & Lee, J. (2025). Exploring the dynamic impact patterns of R&D on firm capability: Asymmetric impact analysis. *Journal of Modelling in Management*, 21(1), 296–317. <https://doi.org/10.1108/JM2-11-2024-0395>
- Kyrö, P. (2004). Benchmarking as an action research process. *Benchmarking: An International Journal*, 11(1), 52–73. <https://doi.org/10.1108/14635770410520302>
- Ladd, H. F. (2012). Education and Poverty: Confronting the Evidence. *Journal of Policy Analysis and Management*, 31(2), 203–227. <https://doi.org/10.1002/pam.21615>
- Lafortune, G., & Fuller, G. (2025). *Europe Sustainable Development Report 2025: SDG Priorities for the New EU Leadership*. Paris: SDSN and Dublin: Dublin University Press. <https://doi.org/10.25546/110692>
- Lai, M. C., Huang, H. C., & Wang, W. K. (2011). Designing a knowledge-based system for benchmarking: A DEA approach. *Knowledge-Based Systems*, 24(5), 662–671. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.02.006>
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(SUPPL. 1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Lankford, W. (2002). Benchmarking: Understanding the Basics. *The Coastal Business Journal*, 1(1). <https://digitalcommons.coastal.edu/cbj/vol1/iss1/8>
- Le, M. H., Afsharian, M., & Ahn, H. (2021). Inverse Frontier-based Benchmarking for Investigating the Efficiency and Achieving the Targets in the Vietnamese Education System. *Omega*, 103, 102427. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102427>

- Lee, H., & Park, Y. (2005). An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2), 207–222.
- Lee, H., & Park, Y. (2011). An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13, 207–222.
- Lee, H., Park, Y., & Choi, H. (2009). Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 847–855. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.016>
- Lélé, S. M. (1991). Sustainable development: A critical review. *World Development*, 19(6), 607–621. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(91\)90197-P](https://doi.org/10.1016/0305-750X(91)90197-P)
- Li, G., Wang, P., & Pal, R. (2022). Measuring sustainable technology R&D innovation in China: A unified approach using DEA-SBM and projection analysis. *Expert Systems with Applications*, 209, 118393. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118393>
- Li, H., & Wu, D. (2024). Online investor attention and firm restructuring performance: Insights from an event-based DEA-Tobit model. *Omega*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2023.102967>
- Li, Y., Guo, M., Kadziński, M., & Zhang, Q. (2023). *Data-driven Preference Learning Methods for Sorting Problems with Multiple Temporal Criteria* (arXiv:2309.12620). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.12620>
- Li, Z., Crook, J., & Andreeva, G. (2017). Dynamic prediction of financial distress using Malmquist DEA. *Expert Systems with Applications*, 80, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.017>
- Liang, N., Shi, Y., & Chen, Y. (2025). R&D and operational efficiency in China's innovative high-tech enterprises: Empirical analysis with two-stage slack based measure data envelopment analysis and threshold regression. *Omega*, 136, 103342.
- Liang, W., Rodriguez, R. M., Wang, Y.-M., Goh, M., & Ye, F. (2023). The extended ELECTRE III group decision making method based on regret theory under probabilistic interval-valued hesitant fuzzy environments. *Expert Systems with Applications*, 231, 120618.
- Liao, H., Wu, X., Mi, X., & Herrera, F. (2020). An integrated method for cognitive complex multiple experts multiple criteria decision making based on ELECTRE III with weighted Borda rule. *Omega*, 93, 102052. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.03.010>
- Lin, S.-W., & Lu, W.-M. (2024). A comparison of chance-constrained data envelopment analysis, stochastic nonparametric envelopment of data and bootstrap method: A case study of cultural regeneration performance of cities. *European Journal of Operational Research*, 316(3), 1179–1191. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.03.018>
- Liu, F.-H. F., & Wang, P.-H. (2008). DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies. *International Journal of Production Economics*, 112(1), 367–379. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.03.015>
- Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M., & Lin, B. J. Y. (2013). A survey of DEA applications. *Omega*, 41(5), 893–902. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.11.004>
- Lozano, S., & Calzada-Infante, L. (2018). Computing gradient-based stepwise benchmarking paths. *Omega*, 81, 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.11.002>
- Lozano, S., & Villa, G. (2010). Gradual technical and scale efficiency improvement in DEA. *Annals of Operations Research*, 173(1), 123–136. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0583-7>
- Maghnooj, S., Salinas, D., Kitchen, H., Guthrie, C., Bethell, G., & Fordham, E. (2020). *OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education: Serbia*. OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/225350d9-en>

- Mahajan, V., Mogha, S. K., & Pannala, R. K. P. K. (2023). Evaluation of efficiency and ranking of Indian hotels and restaurants: A bootstrap DEA approach. *Benchmarking: An International Journal*, 31(1), 186–198. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2021-0443>
- Mahmoodirad, A., Pamucar, D., Niroomand, S., & Simic, V. M. (2025). Data envelopment analysis based performance evaluation of hospitals – Implementation of novel picture fuzzy BCC model. *Expert Systems with Applications*, 263, 125775. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.125775>
- Mahmoudi, R., Emrouznejad, A., Shetab-Boushehri, S.-N., & Hejazi, S. R. (2020). The origins, development and future directions of data envelopment analysis approach in transportation systems. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69, 100672.
- Mai, M. (2025). Innovation Policy in the Federal Republic of Germany. In *Handbook of Innovation* (pp. 1–14). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25143-6_28-1
- Maire, J. (2002). A model of characterization of the performance for a process of benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 9(5), 506–520.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209–242. <https://doi.org/10.1007/BF03006863>
- Mandal, M. C., Mondal, N., & Ray, A. (2024). An expert system based decision-making framework for benchmarking industry in sustainable manufacturing. *Benchmarking: An International Journal*, 32(9), 3439–3467. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2024-0533>
- Maradana, R. P., Pradhan, R. P., Dash, S., Gaurav, K., Jayakumar, M., & Chatterjee, D. (2017). Does innovation promote economic growth? Evidence from European countries. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s13731-016-0061-9>
- Mateusz, P., Danuta, M., Małgorzata, Ł., Mariusz, B., & Kesra, N. (2018). TOPSIS and VIKOR methods in study of sustainable development in the EU countries. *Procedia Computer Science, Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 22nd International Conference, KES-2018, Belgrade, Serbia*, 126, 1683–1692.
- Mayer, A., & Zelenyuk, V. (2014). Aggregation of Malmquist productivity indexes allowing for reallocation of resources. *European Journal of Operational Research*, 238(3), 774–785. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.003>
- McDonald, J. (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792–798.
- Mehisto, P., & Kitsing, M. (2023). *Lessons from Estonia's Education Success Story: Exploring Equity and High Performance through PISA*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003255543>
- Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, 5.
- Mihai, M., Țițan, E., & Manea, D. (2015). Education and Poverty. *Procedia Economics and Finance, Emerging Markets Queries in Finance and Business 2014, EMQFB 2014, 24-25 October 2014, Bucharest, Romania*, 32, 855–860. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01532-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01532-4)
- Mimović, P., Krstić, A., & Jaksić, M. (2019). Dynamic analysis of the efficiency of research and development systems of South-European countries. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 29(3), 415–431. <https://doi.org/10.2298/YJOR180815013M>
- Moriarty, J. P. (2011). A theory of benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 18(4), 588–611. <https://doi.org/10.1108/14635771111147650>
- Munda, G. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis and Sustainable Development. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrogott (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 953–986). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_23

- Munir, F., & Winter-Ebmer, R. (2018). Decomposing international gender test score differences. *Journal for Labour Market Research*, 52(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12651-018-0246-8>
- Munoz, D. A. (2016). Assessing the research efficiency of higher education institutions in Chile: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Educational Management*, 30(6), 809–825. <https://doi.org/10.1108/IJEM-03-2015-0022>
- Murphy, K. (2012). The social pillar of sustainable development: A literature review and framework for policy analysis. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 8(1), 15–29. <https://doi.org/10.1080/15487733.2012.11908081>
- Nagargoje, S., & Patil, S. G. (2024). Multi-Criteria Decision-Making Approaches to Assess SDG Performance in Indian States: A Comparative Evaluation. *Journal of Applied Optics*, 45, 242–260.
- Narbón-Perpiñá, I., & De Witte, K. (2018). Local governments' efficiency: A systematic literature review Part I. *International Transactions in Operational Research*.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. *OECD Statistics Working Papers*, 2005(3). <https://doi.org/10.1787/533411815016>
- Nieto-Isidro, S., & Martínez-Abad, F. (2024). PISA Maths-Reading index and its relationship with gender and levels of performance. *International Journal of Educational Research*, 127, 102440. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102440>
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P., Neumann, B., Stevance, A.-S., Visbeck, M., & Stafford-Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: Lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 13(6), 1489–1503. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>
- Odeck, J. (2009). Statistical precision of DEA and Malmquist indices: A bootstrap application to Norwegian grain producers. *Omega*, 37(5), 1007–1017.
- OECD (2014), *OECD Reviews of Innovation Policy: Croatia 2013*, OECD Reviews of Innovation Policy, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264204362-en>.
- OECD. (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. OECD Publishing.
- OECD. (2016). Netherlands 2016: Foundations for the Future. *Reviews of National Policies for Education*. <https://doi.org/10.1787/9789264257658-en>
- OECD. (2016). Innovating Ireland, in *OECD Observer*, Vol. 2016.
- OECD. (2019a). *Education at a Glance 2019: OECD Indicators*. OECD.
- OECD. (2019b). *Measuring Distance to the SDG Targets 2019: An Assessment of Where OECD Countries Stand*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a8caf3fa-en>
- OECD. (2019c). *PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed*. OECD. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- OECD. (2019d). *PISA 2018 Results (Volume III): What School Life Means for Students' Lives*. OECD. <https://doi.org/10.1787/acd78851-en>
- OECD. (2019e). *University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/e9c1e648-en>
- OECD. (2020). *Education at a Glance 2020: OECD Indicators*. OECD.

- OECD. (2022). *OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions*. OECD. <https://doi.org/10.1787/50b32331-en>
- OECD. (2023a). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption*. *OECD Science, Technology and Innovation Outlook*, 2023. <https://doi.org/10.1787/0b55736e-en>
- OECD. (2023b). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en
- OECD. (2024a). Localising the SDGs in a changing landscape. *OECD Regional Development Papers*. <https://doi.org/10.1787/a76810d7-en>
- OECD (2024b), *Western Balkans Competitiveness Outlook 2024: Serbia*, Competitiveness and Private Sector Development, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/3699c0d5-en>.
- Oh, G. H., & Ryu, G. H. (2025). Efficiency Analysis and Improvement Method of Domestic R&D Business Performance: Through Data Analysis. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 13(2), 195–204. <https://doi.org/10.17703/IJACT.2025.13.2.195>
- Omran, H., Alizadeh, A., Emrouznejad, A., & Teplova, T. V. (2022). A robust credibility DEA model with fuzzy perturbation degree: An application to hospitals performance. *Expert Systems with Applications*, 189, 116021. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116021>
- Ondrich, J., & Ruggiero, J. (2002). Outlier detection in data envelopment analysis: An analysis of jackknifing. *Journal of the Operational Research Society*, 53(3), 342–346. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601290>
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Papaioannou, T., Rush, H., & Bessant, J. (2006). Benchmarking as a policy-making tool: From the private to the public sector. *Science and Public Policy*, 33(2), 91–102. <https://doi.org/10.3152/147154306781779091>
- Paradi, J. C., & Zhu, H. (2013). A survey on bank branch efficiency and performance research with data envelopment analysis. *Omega*, 41(1), 61–79. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.08.010>
- Park, S. (2015). Evaluating the efficiency and productivity change within government subsidy recipients of a national technology innovation research and development program. *R&D Management*, 45(5), 549–568. <https://doi.org/10.1111/radm.12097>
- Partovi, F. Y. (1994). Determining What to Benchmark: An Analytic Hierarchy Process Approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(6), 25–39. <https://doi.org/10.1108/01443579410062068>
- Pavitt, K., & Soete, L. (1980). Innovative Activities and Export Shares: Some Comparisons between Industries and Countries. In K. Pavitt (Ed.), *Technical Innovation and British Economic Performance: Science Policy Research Unit*, Sussex (pp. 38–66). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-06381-9_3
- Peng, H.-G., Shen, K., He, S., Zhang, H., & Wang, J. (2019). Investment risk evaluation for new energy resources: An integrated decision support model based on regret theory and ELECTRE III. *Energy Conversion and Management*, 183, 332–348. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.015>

- Petrović, M., Bojković, N., Anić, I., Stamenković, M., & Tarle, S. P. (2014). An ELECTRE-based decision aid tool for stepwise benchmarking: An application over EU Digital Agenda targets. *Decision Support Systems*, 59, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.12.002>
- Petrović, M., Bojković, N., Stamenković, M., & Anić, I. (2018a). A New Sensitivity Analysis of ELECTRE Based Stepwise Benchmarking for Policy: The Case of EU Digital Agenda. *Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*, 23. <https://doi.org/10.7595/management.fon.2018.0003>
- Petrović, M., Bojković, N., Stamenković, M., & Anić, I. (2018b). Supporting performance appraisal in ELECTRE based stepwise benchmarking model. *Omega*, 78, 237–251. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.002>
- Peykani, P., Farzipoor Saen, R., Seyed Esmaeili, F. S., & Gheidar-Kheljani, J. (2021). Window data envelopment analysis approach: A review and bibliometric analysis. *Expert Systems*, 38(7). <https://doi.org/10.1111/exsy.12721>
- Pfeffer, F. T. (2008). Persistent Inequality in Educational Attainment and its Institutional Context. *European Sociological Review*, 24(5), 543–565. <https://doi.org/10.1093/esr/jcn026>
- Pontikakis, D., McDonnell, T., & Geoghegan, W. (2006). Ireland's National Innovation System: An Exploratory Study of Supporting Institutions and Dynamic Actors. *Prometheus*, 24, 37–58. <https://doi.org/10.1080/08109020600563861>
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. P. (2017). A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions: A SYSTEMATIC STUDY OF SDG INTERACTIONS. *Earth's Future*, 5(11), 1169–1179. <https://doi.org/10.1002/2017EF000632>
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14(3), 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>
- Ramón, N., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2020). Cross-benchmarking for performance evaluation: Looking across best practices of different peer groups using DEA. *Omega*, 92, 102169. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102169>
- Resce, G., & Schiltz, F. (2021). Sustainable Development in Europe: A Multicriteria Decision Analysis. *Review of Income and Wealth*, 67(2), 509–529. <https://doi.org/10.1111/roiw.12475>
- Rodríguez-Cornejo a, V., García-Valderrama, T., Sánchez-Ortiz, J., & Cabrera-Monroy, F. (2024). R&D&I efficiency AS one OF the Sustainable Development Goals (SDGS) in Europe: Application of a dynamic model with network structure and Cumulative Divisional Malmquist index (CDMI). *Expert Systems with Applications*, 238, 122338. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122338>
- Ropero, A. G., Dominguez, I. T., & Jiménez, M. del M. C. (2018). Bootstrapped operating efficiency in container ports: A case study in Spain and Portugal. *Industrial Management & Data Systems*, 119(4), 924–948. (world). <https://doi.org/10.1108/IMDS-03-2018-0132>
- Rousseau, S., & Rousseau, R. (1997). Data envelopment analysis as a tool for constructing scientometric indicators. *Scientometrics*, 40(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/BF02459261>
- Rousseau, S., & Rousseau, R. (1998). The scientific wealth of European nations: Taking effectiveness into account. *Scientometrics*, 42(1), 75–87. <https://doi.org/10.1007/BF02465013>
- Roy, B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle*, 2(8), 57–75.
- Roy, B. (1978). ELECTRE III: Algorithme de Classement Basé sur une Représentation Floue des Préférences en Présence de Critères Multiples. *Cahiers Du CERO*, 20(1), 3–24.

- Roy, B. (1990). Decision-aid and decision-making. *European Journal of Operational Research, OR for Engineers Expert Systems and Decision-Aid*, 45(2), 324–331. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90196-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90196-I)
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding* (Vol. 12). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>
- Roy, B., & Vincke, P. (1984). Relational Systems of Preference with One or More Pseudo-Criteria: Some New Concepts and Results. *Management Science*, 30(11), 1323–1335.
- Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2019). Performance evaluation through DEA benchmarking adjusted to goals. *Omega*, 87, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.08.014>
- Saaty, T. L. (2005). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrogott (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 345–405). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_9
- Saaty, T. L. (2006). The Analytic Network Process. In T. L. Saaty & L. G. Vargas (Eds.), *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks* (pp. 1–26). Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-33987-6_1
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks* (Vol. 195). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7279-7>
- Sachs, J. D. (2012). From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals. *The Lancet*, 379(9832), 2206–2211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60685-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60685-0)
- Sachs, J. D., Lafortune, G., & Fuller, G. (2024). *The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024*. Dublin: Dublin University Press. <https://doi.org/10.25546/108572>
- Sachs, J. D., Lafortune, G., Fuller, G., & Iablonski, G. (2025). *SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT 2025 Financing Sustainable Development to 2030 and Mid-Century*. Dublin University Press. <https://doi.org/10.25546/111909>
- Sadjadi, S. J., & Omrani, H. (2010). A bootstrapped robust data envelopment analysis model for efficiency estimating of telecommunication companies in Iran. *Telecommunications Policy*, 34(4), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.09.003>
- Saini, M., Sengupta, E., Singh, M., Singh, H., & Singh, J. (2023). Sustainable Development Goal for Quality Education (SDG 4): A study on SDG 4 to extract the pattern of association among the indicators of SDG 4 employing a genetic algorithm. *Education and Information Technologies*, 28(2), 2031–2069. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11265-4>
- Schoolman, E. D., Guest, J. S., Bush, K. F., & Bell, A. R. (2012). How interdisciplinary is sustainability research? Analyzing the structure of an emerging scientific field. *Sustainability Science*, 7(1), 67–80. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0139-z>
- Semenčenko, D., Kutlača, Đ. (2018). *Shaping of national innovation system in small, transitional economy: case of Serbia*. Institute Mihajlo Pupin, Science and Technology Policy Research Centre.
- Sharma, S., & Thomas, V. J. (2008). Inter-country R&D efficiency analysis: An application of data envelopment analysis. *Scientometrics*, 76(3), 483–501. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1896-4>

- Shin, D. J., & Kim, B. H. S. (2025). Analyzing the Dynamic Efficiency and Critical Factors of the Regional Innovation System: A Case Study of Korea. *International Regional Science Review*. <https://doi.org/10.1177/01600176251313752>
- Silva, A. F., Sánchez-Hernández, M. I., & Carvalho, L. C. (2026). Monitoring municipalities' performance in advancing sustainable development goal 9: Industry, innovation, and infrastructure. *Heliyon*, 12(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e44415>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, 27(6), 779–802.
- Siskos, E., & Burgherr, P. (2022). Multicriteria decision support for the evaluation of electricity supply resilience: Exploration of interacting criteria. *European Journal of Operational Research*, 2(298), 611–626.
- Song, M.-L., Zhang, L.-L., Liu, W., & Fisher, R. (2013). Bootstrap-DEA analysis of BRICS' energy efficiency based on small sample data. *Applied Energy*, 112, 1049–1055.
- Spendolini, M. J. (1992). The Benchmarking Process. *Compensation & Benefits Review*, 24(5), 21–29. <https://doi.org/10.1177/088636879202400505>
- Staat, M. (2006). Efficiency of hospitals in Germany: A DEA-bootstrap approach. *Applied Economics*, 38(19), 2255–2263. <https://doi.org/10.1080/00036840500427502>
- Stamenković, M. (2021). *Visekriterijumsko odlucivanje - Teorija i primena*. Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Stamenković, M., Anić, I., Petrović, M., & Bojković, N. (2016). An ELECTRE approach for evaluating secondary education profiles: Evidence from PISA survey in Serbia. *Annals of Operations Research*, 245(1), 337–358. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1823-7>
- Stašáková, T., & Vlček, T. (2022). The multiple-criteria decision analysis of the financial and business models for the construction of new nuclear unit in the Czech Republic. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 29(3–4), 230–243. <https://doi.org/10.1002/mcda.1770>
- Stevenson, W. J. (1996). *Production/operations Management*. Irwin.
- Stiglitz, J., Sen, A., & Fitoussi, J. (2009a). *Report of the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress (CMEPSP)*.
- Stiglitz, J., Sen, A., & Fitoussi, J. (2009b). *The Measurement of Economic Performance and Social Progress Revisited. The Measurement of Economic Performance and Social Progress Revisited. Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, Paris*.
- Strange, T., & Bayley, A. (2008). *Sustainable Development: Linking Economy, Society, Environment*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264055742-en>
- Sun, L., Zhang, X., Zhao, Z., & Zhang, J. (2025). ESG is conducive to improving the operating efficiency of fishery enterprises—Based on DEA model and Tobit regression analysis. *Regional Studies in Marine Science*, 85, 104158. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104158>
- Thompson, M. (2018). Social capital, innovation and economic growth. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 73, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2018.01.005>
- Tobin, J. (1958). Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables. *Econometrica*, 26(1), 24. <https://doi.org/10.2307/1907382>
- Toma, P., Miglietta, P. P., Zurlini, G., & Petrosillo, I. (2017). A non-parametric bootstrap-data envelopment analysis approach for environmental policy planning and management of agricultural efficiency in EU countries. *Ecological Indicators*, 83, 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.049>

- Tu, Y., Shi, H., Chen, K., Liang, Y., Zhou, X., & Lev, B. (2022). Three-reference-point based group ELECTRE III method for urban flood resilience evaluation. *Expert Systems with Applications*, 210, 118488. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118488>
- Ulku, H. (2004). *R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis* (SSRN Scholarly Paper ID 879010). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=879010>
- UN. (1992). *Agenda 21*. United Nations.
- UNESCO. (2017). *Unpacking Sustainable Development Goal 4: Education 2030*. UNESCO.
- UNESCO. (2023). *The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition*. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210024914>
- United Nations (Ed.). (2012). *The future we want: Resolution*. UN.
- United Nations. (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations General Assembly.
- United Nations. (2023). *The Sustainable Development Goals Report Special edition*.
- United Nations. (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025>
- Vaseei, M., Daneshmand-Mehr, M., Bazrafshan, M., & Kanafi, A. G. (2024). A network data envelopment analysis to evaluate the performance of a sustainable supply chain using bootstrap simulation. *Journal of Engineering Research*, 12(4), 904–915.
- Vaziri H, K. (1993). Questions to answer before benchmarking. *Planning Review*, 21(1).
- Velazquez, L. (2021). *The Fundamental Concepts of SDG9* (pp. 5–37). <https://doi.org/10.1108/978-1-80117-131-120211002>
- Verspagen, B. (2006, January 19). *Innovation and Economic Growth*. The Oxford Handbook of Innovation. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0018>
- Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid* | Wiley. Wiley: New York.
- Wang, E. C., & Huang, W. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Research Policy*, 36(2), 260–273. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.11.004>
- Wang, K., Yu, S., & Zhang, W. (2013). China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling, The Measurement of Undesirable Outputs: Models Development and Empirical Analyses and Advances in Mobile, Ubiquitous and Cognitive Computing*, 58(5), 1117–1127. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.11.067>
- Wang, Y.-M., & Lan, Y.-X. (2011). Measuring Malmquist productivity index: A new approach based on double frontiers data envelopment analysis. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(11–12), 2760–2771. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.06.064>
- Wanke, P., & Barros, C. (2014). Two-stage DEA: An application to major Brazilian banks. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2337–2344. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.09.031>
- Wanke, P., Rojas, F., Tan, Y., & Moreira, J. (2023). Temporal dependence and bank efficiency drivers in OECD: A stochastic DEA-ratio approach based on generalized auto-regressive moving averages. *Expert Systems with Applications*, 214, 119120.
- Watson, G. H. (with Internet Archive). (1993). *Strategic benchmarking: How to rate your company's performance against the world's best*. New York: J. Wiley and Sons.

- Wei, C., & Yuan, L. (2025). A study on the technological innovation efficiency of China's high-tech industries based on three-stage DEA and Malmquist index. *Operational Research*, 25(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s12351-024-00894-x>
- Widiarto, I., Emrouznejad, A., & Anastasakis, L. (2017). Observing choice of loan methods in not-for-profit microfinance using data envelopment analysis. *Expert Systems with Applications*, 82, 278–290. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.022>
- Wiecek, M. M., Ehrgott, M., & Engau, A. (2016). Continuous Multiobjective Programming. In S. Greco, M. Ehrgott, & J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 739–815). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_18
- Wilkinson, R. G., & Pickett, K. E. (2009). Income Inequality and Social Dysfunction. *Annual Review of Sociology*, 35(Volume 35, 2009), 493–511. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-070308-115926>
- Wilson, P., & Simar, L. (1998). Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*, 44, 49–61.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2025). *Global Innovation Index 2025: Croatia*. <https://www.wipo.int/edocs/gii-ranking/2025/hr.pdf>
- World Bank. (2017). *Serbia Research Innovation Technology Transfer Research for Innovation Strategy 2016-2020*. World Bank
- World Bank. (2025). *Central Europe national innovation systems assessment: Croatia*. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/c0851310b23054177a5343d5ae21e784-0080012026/original/RER11-HR-01-1.pdf>
- Wu, J., Ke, Y., Zhou, Z., & Xu, G. (2024). Assessing the environmental efficiency with complex structure and component processes: An empirical analysis of regional industries in China. *Expert Systems with Applications*, 244, 122854. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122854>
- Xiong, X., Yang, G.-L., & Guan, Z.-cheng. (2018). Assessing R&D efficiency using a two-stage dynamic DEA model: A case study of research institutes in the Chinese Academy of Sciences. *Journal of Informetrics*, 12(3), 784–805. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.07.003>
- Yang, H.-H., & Chang, C.-Y. (2009). Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms. *Telecommunications Policy*, 33(1), 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2008.11.001>
- Yang, K., & Zhang, H. (2024). An Evaluation of the Financing Efficiency among Smart Home Manufacturing Companies: Application of DEA-BCC and Malmquist Index. *Theoretical Economics Letters*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.4236/tel.2024.143039>
- Yen, B. T. H., Mulley, C., & Yeh, C.-J. (2023). Performance evaluation for demand responsive transport services: A two-stage bootstrap-DEA and ordinary least square approach. *Research in Transportation Business & Management*, 46, 100869.
- Zairi, M., & Leonard, P. (1996). *Practical Benchmarking: The Complete Guide*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1284-0>
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., & Chatterjee, P. (2019). Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM) Techniques for Business Processes Information Management. *Information*, 10(1), 4. <https://doi.org/10.3390/info10010004>
- Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: An overview. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397–427. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>

- Zhang, B., Wang, C., Ren, X. Z., & Xia, B. (2024). Evaluating the research and development (R&D) efficiency of the Chinese construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 33(1), 552–577. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2024-0560>
- Zhao, Y., & Morita, H. (2024). Estimating Malmquist-type indices with StoNED. *Expert Systems with Applications*, 250, 123877. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123877>
- Zhou, G., Xu, Y., & Zhang, F. (2024). Measurement of innovation efficiency in logistic enterprises: Evidence from China based on the three-stage DEA-Malmquist index model approach. *The American Journal of Economics and Sociology*, 83(2), 331–381.
- Zhou, Z., Xu, G., Wang, C., & Wu, J. (2019). Modeling undesirable output with a DEA approach based on an exponential transformation: An application to measure the energy efficiency of Chinese industry. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117717.
- Zofio, J. L., Aparicio, J., Barbero, J., & Zabala-Iturriagoitia, J. M. (2024). Benchmarking performance through efficiency analysis trees: Improvement strategies for colombian higher education institutions. *Socio-Economic Planning Sciences*, 92, 101845.
- Zopounidis, C., & Pardalos, P. M. (Eds.). (2010). *Handbook of Multicriteria Analysis* (Vol. 103). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92828-7>

Biografija autora

Ana (Nenad) Krstić Srejskić je rođena, 23.09.1990. u Kragujevcu gde je završila osnovnu školu i Prvu kragujevačku gimnaziju, kao nosilac diplome „Vuk Karadžić”. Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu upisala je školske 2009/2010. godine. Osnovne akademske studije prvog stepena na studijskom programu Poslovna ekonomija i menadžment, modul Menadžment, završila je 2013. godine, sa prosečnom ocenom 9,50.

Master akademske studije na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu, na studijskom programu Elektronsko poslovanje, završila je položivši ispite sa prosečnom ocenom 9,80. Master rad pod naslovom „Višekriterijumska analiza u menadžmentu - integrisana primena DEA i AHP metoda“, odbranila je “sa pohvalom” 2015. godine.

Od oktobra 2015. godine student je doktorskih akademskih studije na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Ekonomija, položila je sve ispite predviđene planom i programom i prijavila doktorsku disertaciju pod nazivom „Uloga višekriterijumskog odlučivanja u praćenju napretka realizacije ciljeva održivog razvoja“.

U toku trajanja studija bila je nagrađivana više puta, od strane Ekonomskog fakulteta u Kragujevcu, Fonda „Akademik Dragoslav Srejskić“ i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Počevši od 1.10.2014. godine zaposlena je na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu, kao saradnik u nastavi. Dana 1.10.2016. godine izabrana je u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Statistika i informatika, nastavni predmet Operaciona istraživanja. Odlukom Nastavno - naučnog veća angažovana je za izvođenje nastave i na predmetu Finansijska i aktuarska matematika.

Učestvuje u projektu Ekonomskog fakulteta u Kragujevcu „Održivi razvoj privrede Republike Srbije u uslovima globalnih promena“, kao i projekta „Inteligentni sistemi za razvoj softverskih proizvoda i podršku poslovanja zasnovani na modelima“, koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja“.

Spisak objavljenih radova kandidata

- **Krstić Srejskić, A., Mimović, P. (2026).** Waste management efficiency within the circular economy framework: a macro-level SBM-DEA analysis of European countries with evidence from Serbia. *Journal of Economic Studies*, Vol. ahead of print No. ahead of print pp.1-17 <https://doi.org/10.1108/JES-01-2026-0083> **(M21)**
- Jakšić, M., **Krstić Srejskić, A.**, Milanović, M., Mimović, P. (2024). Measuring the economic performance of transition economies: DEA-bootstrapping approach. *Journal of Economic Studies*. Vol. 51 (1): 238–260. <https://doi.org/10.1108/JES-01-2023-0037> **(M21)**
- **Krstić Srejskić, A.**, Stamenković, M., Vuksanović, N. (2024). Monitoring Sustainable Development Goals: Stepwise Benchmarking Approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. Vol. 31(3-4): e1838. <https://doi.org/10.1002/mcda.1838> **(M22)**
- Rejman Petrović, D., **Krstić Srejskić, A.**, Nedeljković, I., Mimović, P. (2024). Efficiency of digital business transformation in the Republic of Serbia. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems* vol. 54 (4). str. 725 – 744. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-12-2021-0292> **(M21)**

- **Krstić Srejojić**, A., Mimović, P., Jakšić, M. (2024). The Non-Parameter Evaluation of the Quality of Education in European Countries Based on Panel Data. *Journal of Public Governance*, 69(3), 7-25. <https://doi.org/10.15678/PG.2024.69.3.02>
- **Krstić Srejojić**, A., Rejman-Petrović, D., Nedeljković, I., Mimović, P. (2023). Efficiency of the use of information and communication technologies as a determinant of the digital business transformation process. *Benchmarking: An International Journal*. Vol. 30 (10), str. 3860–3883. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2022-0439> (M21)
- **Krstić**, A., Jakšić, M., Mimović, P., & Tadić, D. (2022). Dynamic analysis of macroeconomic performance of the Balkan countries. *Acta Oeconomica*, vol. 72(3), 367-391. <https://doi.org/10.1556/032.2022.00027> (M22)
- **Krstić**, A., Mimović, P., Rejman Petrović, D. (2021). Integrating expert judgments into the process of measuring the efficiency of the national economy : DEA-AHP approach. *International Journal for Quality Research*, vol. 15(3), str. 923–939. <https://doi.org/10.24874/IJQR15.03-15> (M23)
- **Krstić**, A., & Mimović, P. (2021). Efikasnost i produktivnost istraživanja i razvoja u Republici Srbiji : DEA Window analiza i Malmquist-ov Indeks produktivnosti. *Mogućnosti i Perspektive Privrede Republike Srbije U Procesu Evropskih Integracija*. Kragujevac:Ekonomski fakultet Univerziteta. str. 505-522, [COBISS.SR-ID 45590793]
- **Krstić**, A., Mimović, P. (2021). The impact of the new global reality on the European integration process - the case of the Republic Serbia. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 13(3), 423–436. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i3.883> (M24+)
- **Krstić**, A., Mimović, P. (2020). Hibridni model za merenje tehničke efikasnosti nacionalne ekonomije Republike Srbije, *Aktuelni makroekonomski i mikroekonomski aspekti evropskih integracija Republike Srbije*, Kragujevac: Ekonomski fakultet, str. 514-527, [COBISS.SR-ID 20489737]
- Đurić, Z., Jakšić, M., **Krstić**, A. (2020). Dea Window Analysis of Insurance Sector Efficiency in the Republic Of Serbia, *Economic Themes*, Vol. 58, No. 3, str. 291-310. <https://doi.org/10.2478/ethemes-2020-0017> (M51)
- **Krstić**, A., Mimović, P. (2020). Evaluacija i rangiranje država prema efikasnosti publikovanja naučnih radova, *XLVII simpozijum o operacionim istraživanjima*, Beograd, 20-23. septembar, Zbornik radova, str. 515-519, ISBN: 978-86-7395-429-5
- Bošković A., **Krstić** A. (2020). The Combined Use of Balanced Scorecard and Data Envelopment Analysis in the Banking Industry, *Business Systems Research | Vol. 11 No. 1*, str. 4-15. <https://doi.org/10.2478/bsrj-2020-0001> (M22)
- **Krstić**, A., Mimović, P., Rejman Petrović, D. (2019). Measurement of the technical efficiency of the national economy of the Republic of Serbia, *XLVI simpozijum o operacionim istraživanjima*, Kladovo, 15-18. septembar, Zbornik radova, str. 759-764, ISBN: 978-86-7680-363-7
- Mimović, P., **Krstić**, A. (2019). Dinamički model za merenje performansi nacionalnog istraživačkog i inovacionog sistema, *Ekonomski efekti tranzicije i restrukturiranja privrede Srbije u funkciji evropskih integracija*, Kragujevac: Ekonomski fakultet, str. 463-478, [COBISS.SR-ID 513945436]
- Mimović, P., **Krstić**, A., Savić, J. (2019). Serbia joining the European Union : an ANP model for forecasting date, *International journal of the analytic hierarchy process*, ISSN 1936-6744, Vol. 11, No. 1, str. 2-19, <https://doi.org/10.13033/ijahp.v11i1.616> [COBISS.SR-ID 513909084] (M24)

- Mimović, P., **Krstić, A.**, Jakšić, M. (2019). DYNAMIC ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF RESEARCH AND DEVELOPMENT SYSTEMS OF SOUTH-EUROPEAN COUNTRIES, *Yugoslav Journal of Operations Research*, Number nn, 1-18, DOI: <https://doi.org/10.2298/YJOR180815013M> (M24+)
- **Krstić, A.** (2018). Efikasnost obrazovnih institucija kao faktor razvoja ekonomije znanja, *Implikacije ekonomije znanja za razvojne procese u Republici Srbiji*. Kragujevac: Ekonomski fakultet Univerziteta, str. 923-933, [COBISS.SR-ID [513794140](#)]
- **Krstić, A.**, Savić, J., Mimović, P. (2018). Forecasting the accession of the Republic of Serbia to the European Union by using the analytic network process, *XIII Balkan Conference on Operational Research*, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts (SANU), str. 243-250 [COBISS.SR-ID [513799516](#)]
- **Krstić, A.** (2018). [Salvatore Greco, Matthias Ehrgott, José Rui Figueira, editors]: Multicriteria decision analysis: state of the art surveys , [2016, New York : Springer]. *Ekonomski horizonti*, ISSN 1450-863X, No. 20, Vol. 2, str. 189-191. doi: [10.5937/ekonhor1802189K](#). [COBISS.SR-ID [513830236](#)] (M51)
- **Krstić, A.**, Mimović, P. (2018). Measuring efficiency of the Serbian national innovation system : DEA approach, *Fifth International Scientific Conference: Contemporary Issues in Economics, Business and Management [EBM 2018]*, Kragujevac: Faculty of Economics, str. 521-527, [COBISS.SR-ID [513875292](#)]
- Mimović, P., **Krstić, A.** (2017). Višekriterijumski BOCR Model izbora dobavljača, *Uticaj globalizacije na poslovno upravljanje i ekonomski razvoj Šumadije i Pomoravlja*. Kragujevac: Ekonomski fakultet, str. 481-496, [COBISS.SR-ID [513686108](#)]
- **Krstić, A.**, Mimović, P., Rejman Petrović, D. (2017). Merenje istraživačko-razvojnih performansi Republike Srbije, *XLIV Simpozijumu za operaciona istraživanja, Zbornik radova*, Beograd: Visoka građevinsko-geodetska škola, str. 208-213, [COBISS.SR-ID [513733980](#)]
- Mimović, P., **Krstić, A.** (2016). Integrisana primena DEA i AHP metoda u evaluaciji organizacionih performansi, *Unapređenje konkurentnosti privrede Republike Srbije*. Kragujevac: Ekonomski fakultet Univerziteta, str. 505-529, [COBISS.SR-ID [513555548](#)]
- Mimović, P., Marković, S., **Krstić, A.** (2016). BOCR model za podršku strategijskom odlučivanju u univerzitetskim spinof poduhvatima, *Teme*, ISSN 0353-7919, br. 2, str. 781-805. [COBISS.SR-ID [513557340](#)] (M24)
- Mimović, P., **Krstić, A.** (2016). Integrisana primena metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa i Analize obavljanja podataka u vrednovanju performansi visokog obrazovanja u Republici Srbiji, *Ekonomski horizonti*, ISSN 1450-863X. 18, Vol. 18, No. 1, str.71-85, doi:[10.5937/ekonhor1601071M](#). [COBISS.SR-ID [222839308](#)] (M51)
- Mimović, P., **Krstić, A.** (2016). Primena višekriterijumske analize u optimizaciji postupka javnih nabavki, *Ekonomске teme*, ISSN 0353-8648.. [COBISS.SR-ID [513525596](#)] (M51)
- Tomić, N., **Krstić, A.** (2016). Application of “Digital Wallets” Based on NFC Technology, *Anali Ekonomskog fakulteta u Subotici*, 52(36) , 195-209. (M51)
- **Krstić, A.**, Mimović, P., Zdravković, K. (2016). Measuring the efficiency of economy of the Republic of Serbia using DEA method, *Fourth International Scientific Conference: Contemporary Issues in Economics, Business and Management [EBM 2016]*, Kragujevac: Faculty of Economics, str. 255-261, [COBISS.SR-ID [513635932](#)] (M33)

- **Krstić, A.**, Mimović, P., Jakšić, M. (2016). DEAHP metod za vrednovanje performansi u bankarskom sektoru Republike Srbije, *Četrdeset treći simpozijum o operacionim istraživanjima, Zbornik radova*, Beograd: Medija centar "Odbrana", 2016, str. 99-104.
- **Krstić, A.**, Mimović, P. (2015). Multi-criteria approach to the evaluation of the key success factors of university spin-offs - the model of analytic network process, *Third International Scientific Conference: Contemporary Issues in Economics, Business and Management [EBM 2014]*, Kragujevac: Faculty of Economics, str. 717-733, [COBISS.SR-ID [513409628](#)]

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписана **Ана Крстић Срејовић**

број индекса 3004/2015

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Улога вишекритеријумског одлучивања у праћењу напретка реализације циљева одрживог развоја

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 2026.

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Ана Крстић Срејовић

Број индекса: 3004/2015

Студијски програм: Економија

Наслов рада: **Улога вишекритеријумског одлучивања у праћењу напретка реализације циљева одрживог развоја**

Ментор: др Младен Стаменковић, ванредни професор

Потписани/а Ана Крстић Срејовић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 2026.

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Улога вишекритеријумског одлучивања у праћењу напретка реализације циљева одрживог развоја

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 2026.
