

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Милице Маричић**

Одлуком 05-01 бр. 3/13-7 од 20.02.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милице Маричић** под насловом

„Развој методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора“.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милица Маричић је 2015. године уписала докторске студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду (студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Квантитативни менаџмент). Положила је предвиђене испите са просечном оценом 10,00.

Приступни рад на докторским студијама пријавила је 14.02.2018. године. Одлуком 05-01 бр. 3/19-5 од 21.02.2018. године, формирана је Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације. За ментора приступног рада је именована проф. др Милица Булајић, а за коментора проф. др Вељко Јеремић. Приступни рад под насловом „Прилог развоју методолошког оквира за формирање и евалуацију композитних индикатора“ одбрањен је 30.03.2018. године.

Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је на Наставно-научном већу Факултета организационих наука 11.04.2018. године, 05-01 бр. 48-9. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду од 28.05.2018. године бр. 61206-1903/2-18 дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Милице Маричић под називом „Развој методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора“. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је одлуком бр. 3/82-8 од 30.05.2018. године одобрило израду докторске дисертације кандидата Милице Маричић. За ментора је именована проф. др Милица Булајић, а за коментора проф. др Вељко Јеремић.

Ментор др Милица Булајић, редовни професор, и коментор др Вељко Јеремић, ванредни професор, су 04.02.2019. године известили Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је Милица Маричић завршила израду докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је одлуком 05-01 бр. 3/13-7 од 20.02.2019. године именовало Комисију за преглед, оцену и одбрану завршене докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације је унапређење методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора коју су креирали експерти из Организације за економску сарадњу и развој (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – ОЕЦД) и Обједињеног истраживачког центра Европске Комисије (*Joint Research Center* – ЈРЦ) креирањем нове методе додељивања тежинских коефицијената која се заснива на релативним доприносима и Ивановићевом одстојању (И-одстојање) са реузорковањем. Проблем истраживања у дисертацији се односи на одређивање тежинских коефицијената, са циљем да се унапреди стабилност композитног индикатора.

Докторска дисертација припада научној области техничке науке и ужој научној области Рачунарска статистика, за коју је Факултет организационих наука, Универзитета у Београду, матичан. Поред ове области, у дисертацији се обрађују и теме из области операционих истраживања и квантитативног менаџмента.

Ментор проф. др Милица Булајић поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду објављених радова у научним часописима међународног значаја из области рачунарске и примењене статистике, мултиваријационе анализе и економетријских метода.

Коментор проф. др Вељко Јеремић поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду објављених радова у научним часописима међународног значаја из области рачунарске и примењене статистике, машинског учења и квантитативног менаџмента.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Милица Маричић је рођена 21.08.1991. године у Београду. Основну школу и гимназију природно-математичког смера је завршила у Београду са одличним успехом као носилац Вукове дипломе. Основне академске студије (ОАС) Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, студијски програм Менаџмент и организација, уписала је школске 2010/11 године. Дипломирала је 2014. године са просечном оценом 9,53 и одбранила је дипломски рад на Катедри за операциона истраживања и статистику. Мастер академске студије (МАС) (студијски програм Пословна аналитика, модул Рачунарска статистика) Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, уписала је 2014. године. Мастер студије је завршила 2015. године са просечном оценом 10,00. МАС (студијски програм Рачунарство у друштвеним наукама) Универзитета у Београду, уписала је 2014. године. Мастер студије је завршила 2016. године са просечном оценом 9,85. МАС (студијски програм Менаџмент и организација, модул Маркетинг инжењеринг и комуникације) Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, уписала је 2015. године. Мастер студије је завршила 2017. године са просечном оценом 9,43.

Кандидат Милица Маричић је 2015. године уписала докторске академске студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду, на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Квантитативни менаџмент. Положила је предвиђене испите са просечном оценом 10,00. У марту 2018. године одбранила је приступни рад за израду докторске дисертације под називом „Прилог развоју методолошког оквира за формирање и евалуацију композитних индикатора“.

Од јануара 2015. године ради на Факултету организационих наука. Тренутно је у звању асистента за ужу научну област Рачунарска статистика. Учествоје на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја, број ИИИ 47003 – Инфраструктура за електронски подржано учење у Србији (научна област – Техничко-технолошке науке – Електроника, телекомуникације и информационе технологије). Аутор је више научних радова, објављених у домаћем и међународним научним часописима, као и у зборницима научних конференција.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, укупног обима 149 страница, садржи 5 слика и графичких приказа, 17 табела и 311 литературних извора. Докторска дисертација садржи теоријски и методолошко-емпиријски део. Структура теоријског дела изложена је у следећим целинама: Методологија за формирање и евалуацију композитних индикатора, Преглед статистичких метода и метода оптимизације за формирање и евалуацију композитних индикатора. Методолошко-емпиријски део садржи дефинисање, имплементацију, примену и евалуацију предложене методе додељивања тежинских коефицијената која је заснована на релативним доприносима, интеграцији Ивановићевог одстојања и методе реузорковања и метахеуристици унапређено распршено претраживање. На почетку дисертације дат је сажетак на српском и енглеском језику, а на крају дисертације налази се биографија и три обавезна прилога: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије рада и Изјава о коришћењу.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља и потпоглавља:

1. Увод
2. Методологија за формирање и евалуацију композитних индикатора
 - 2.1. Додељивање тежинских коефицијената
 - 2.2. Анализа робусности и анализа осетљивости
 - 2.3 Методолошки недостаци композитних индикатора
3. Преглед статистичких метода и метода оптимизације за формирање и евалуацију композитних индикатора
 - 3.1. Ивановићево одстојање
 - 3.2. Реузорковање
 - 3.3. Метахеуристике
 - 3.3.1. Метахеуристика унапређено распршено претраживање (*enhanced Scatter Search – eSS*)
4. Хибридна метода додељивања тежинских коефицијената заснована на релативним доприносима и И-одстојању
 - 4.1. Ограничавање тежинских коефицијената применом И-одстојања са реузорковањем
 - 4.2. Метода унапређено распршено претраживање – Композитни индикатор базиран на И-одстојању (eSS-ЦИДИ)
5. Примена eSS-ЦИДИ методе додељивања тежинских коефицијената
 - 5.1. Примена eSS-ЦИДИ методе за формирање композитних индикатора
 - 5.2. Примена eSS-ЦИДИ методе за евалуацију композитних индикатора
 - 5.2.1. Примена на Академско рангирање светских универзитета (*Academic Ranking of World Universities – ARWU*)
 - 5.2.2. Примена на Индекс спремности за умрежавање (*Networked Readiness Index – НРИ*)
 - 5.2.3. Примена на Индекс одрживог друштва (*Sustainable Society Index – ССИ*)
6. Закључак
7. Литература
- Прилози
- Биографија

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **уводном делу** дисертације је истакнут значај који композитни индикатори имају за ширу друштвену заједницу. Такође су наведени и кораци ОЕЦД-ЈРЦ методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора, при чему је посебно истакнута проблематика додељивања тежинских коефицијената. Описани су предмет и циљеви дисертације, полазне хипотезе (општа и посебне) и примењене методе истраживања.

У **другом** поглављу је представљена методологија за формирање и евалуацију композитних индикатора коју су креирали експерти из ОЕЦД-а и ЈРЦ-а, при чему су посебна потпоглавља

усмерена на два корака методологије: на додељивање тежинских коефицијената и на анализу робусности и анализу осетљивости. У потпоглављу које се односи на методе додељивања тежинских коефицијената представљене су три групе метода додељивања тежинских коефицијената: (i) методе засноване на мишљењима експерата, (ii) методе засноване на статистичким методама и методама оптимизације и (iii) методе засноване на хибридном приступима, при чему је посебан осврт дат на методе засноване на методама оптимизације. У потпоглављу које се односи на анализу робусности и анализу осетљивости, разматрано је спровођене анализе неизвесности, коришћењем релативних доприноса, у циљу мерења робусности композитног индикатора. На крају поглавља је дат и осврт на најчешће навођене методолошке недостатке композитних индикатора.

Треће поглавље представља преглед статистичких метода и метода оптимизације које чине хибридную методу додељивања тежинских коефицијената која је предложена у овој докторској дисертацији. У првом потпоглављу су представљене теоријске основе Ивановићевог одстојања (И-одстојање) које је предложио проф. Бранислав Ивановић, као и методологије Композитног индикатора заснованог на И-одстојању (*Composite I-distance Indicator* – ЦИДИ) која представља даље унапређење и проширење примене И-одстојања. У другом потпоглављу су изложени концепти основних метода реузорковања, при чему је пажња усмерена на бутстрап (*bootstrap*) методу. Последње потпоглавље даје осврт на метахеуристике, а посебно на концепте и алгоритам метахеуристике унапређено распршено претраживање (*enhanced Scatter Search* – еСС) која се у последњих неколико година примењује са успехом за решавање проблема нелинеарне оптимизације.

У **четвртом поглављу** је детаљно представљен методолошки оквир нове методе додељивања тежинских коефицијената. Предложена метода се заснива на математичком моделу базираном на стандардним девијацијама релативних доприноса индикатора, чији је допустиви скуп решења дефинисан имплементацијом И-одстојања са реузорковањем. За решавање математичког модела, коришћена је метахеуристика унапређено распршено претраживање (еСС). Детаљно је описана процедура спровођења предложене методе и наведене су предности и побољшања која се могу остварити њеном применом. Такође, дата је и компаративна анализа предложене методе додељивања тежинских коефицијената са методама додељивања тежинских коефицијената које се могу класификовати у исту групу метода.

У **петом поглављу** су приказане четири студије кроз које је верификована предложена метода додељивања тежинских коефицијената. Прво је анализирана примена методе у процесу формирања композитног индикатора. У студији је предложено формирање Европског индекса задовољства животом (*European Index of Life Satisfaction* – ЕИЛС) који има за циљ да рангира 28 земаља чланица Европске уније на основу опаженог задовољства животом, измереног детаљном анкетом коју је спровео Еуростат. Наредне две студије случаја спроведене су са циљем евалуације шема тежинских коефицијената Академског рангирања светских универзитета (*Academic Ranking of World Universities* – АРВУ) и Индекса спремности за умрежавање (*Networked Readiness Index* – НРИ), два композитна индикатора из различитих сфера друштвеног живота са методолошким оквирима који се разликују по броју индикатора који их чине и примењеној методи додељивања тежинских коефицијената. Четврта студија случаја је спроведена на Индексу одрживог друштва (*Sustainable Society Index* - ССИ). На основу добијених резултата је закључено да се из методолошког оквира могу искључити два индикатора и да се на тај начин стабилност ССИ унапређује. Резултати приказаних студија случаја указују на то да се еСС-ЦИДИ метода може са успехом применити у процесу формирања и евалуације композитних индикатора.

У **шестом поглављу** су дата закључна разматрања о истраживању спроведеном у докторској дисертацији. Такође, дат је преглед научних доприноса који су проистекли из докторске дисертације, као и потенцијални будући правци истраживања у области.

Седмо поглавље чини литература која садржи релевантне референце које су коришћене приликом израде докторске дисертације. У прилогу су дати целокупни резултати експерименталног дела дисертације који, због обимности, нису приказани у петом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Развој методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора“ кандидата Милице Маричић, бави се актуелном проблематиком унапређења ОЕЦД-ЈРЦ методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора креирањем нове методе додељивања тежинских коефицијената у оквиру композитних индикатора.

Докторска дисертација детаљно анализира досадашња истраживања и сазнања из области формирања и евалуације композитних индикатора, са посебним освртом на методе додељивања тежинских коефицијената и на анализу робусности. У последњих 10 година ова два корака ОЕЦД-ЈРЦ методологије привлаче пажњу академске заједнице (Dobbie, M. J., & Dail, D. (2013). Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices. *Ecological Indicators*, 29, 270-277; Becker, W., Saisana, M., Paruolo, P., & Vandecasteele, I. (2017). Weights and importance in composite indicators: Closing the gap. *Ecological indicators*, 80, 12-22). Истраживања су показала да шема тежинских коефицијената има значајан утицај на крајње вредности композитног индикатора (Saisana, M., D’Hombres, B., & Saltelli, A. (2011). Ricketty numbers: Volatility of university rankings and policy implications. *Research Policy*, 40(1), 165–177; Jeremic, V., Bulajic, M., Martic, M., & Radojicic, Z. (2011). A fresh approach to evaluating the academic ranking of world universities. *Scientometrics*, 87(3), 587-596). Полазећи од чињенице да су одређене методе додељивања тежинских коефицијената интуитивне јер представљају став експерата о важности одређених индикатора, савремене методе додељивања тежинских коефицијената теже томе да умање утицај експерата, као и да инкорпорирају анализу робусности и анализу осетљивости у процес одређивања тежинских коефицијената.

На основу прегледа литературе, закључено је да су методе додељивања тежинских коефицијената засноване на методама оптимизације веома погодне за коришћење јер се њима дефинише шема тежинских коефицијената која максимизује или минимизује одређену функцију циља која је везана за квалитет посматраног композитног индикатора и која је подацима вођена (Maricic, M., Egea, J. A., & Jeremic, V. (2019). A hybrid enhanced Scatter Search—Composite I-Distance Indicator (eSS-CIDI) optimization approach for determining weights within composite indicators. *Social Indicators Research*, 1-41). Уочена је потреба за предлогом нове методе додељивања тежинских коефицијената која ће максимизовати стабилност посматране метрике мерену стандардним девијацијама релативних доприноса. Међутим, ако у оптимизациони модел нису укључена ограничења, могуће је да би се посматрани ентитети рангирани само на основу подскупа индикатора. Сходно томе, развијен је оригинални методолошки оквир који ће ограничити вредности тежинских коефицијената. У докторској дисертацији је интегрисана метода И-одстојања (Ивановић, Б. (1977). Теорија класификације. Институт за економику индустрије, Београд; Jeremic, V., Bulajic, M., Martic, M., & Radojicic, Z. (2011). A fresh approach to evaluating the academic ranking of world universities. *Scientometrics*, 87(3), 587-596) са специфичном методом реузорковања, са бутстрап методом (Efron, B., & Tibshirani, R. (1997). Improvements on cross-validation: The 632+ bootstrap method. *Journal of the American Statistical Association*, 92(438), 548–560). На овај начин је смањен степен интуитивности при одређивању значајности појединачних показатеља, јер предложени приступ пружа подацима вођен интервал унутар којих се тежински коефицијенти могу наћи (Dobrota, M., Bulajic, M., Bornmann, L., & Jeremic, V. (2016). A new approach to the QS university ranking using the composite I-distance indicator: Uncertainty and sensitivity analyses. *Journal of the*

Association for Information Science and Technology, 67(1), 200-211; Radojicic, M., Savic, G., & Jeremic, V. (2018). Measuring the efficiency of banks: the bootstrapped I-distance GAR DEA approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(4), 1581-1605. Za решавање дефинисаног оптимizacionог модела коришћена је метахеуристика унапређено распршено претраживање (*enhanced Scatter Search - eCC*) (Egea, J. A., Balsa-Canto, E., García, M.-S. G., & Banga, J. R. (2009). Dynamic optimization of nonlinear processes with an Enhanced Scatter Search method. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(9), 4388-4401).

У складу са *Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду*, Универзитетска библиотека Светозар Марковић је извршила проверу оригиналности дисертације коришћењем програма *iThenticate* и у потпуности је потврђена оригиналност дисертације. Оригиналност у приступу решавања проблема и добијених резултата у оквиру ове дисертације потврђују и радови који су објављени у врхунском међународном часопису (M21) (Maricic, M., Egea, J. A., & Jeremic, V. (2019). A hybrid enhanced Scatter Search—Composite I-Distance Indicator (eSS-CIDI) optimization approach for determining weights within composite indicators. *Social Indicators Research*, 1-41), истакнутом међународном часопису (M22) (Maricic, M., & Kostic-Stankovic, M. (2016). Towards an impartial Responsible Competitiveness Index: a twofold multivariate I-distance approach. *Quality & Quantity*, 50(1), 103-120) и научном часопису (Индексиран у Scopus-у) (Maricic, M. (2018). Assessing the quality of life in the European Union: The European Index of Life Satisfaction (EILS). *Statistical Journal of the IAOS*, 1-7). Поређењем са методама које су описане у литератури и које се примењују у пракси, установљено је да предложена метода, у односу на остале, приликом додељивања тежинских коефицијената узима у обзир стабилност метрике. Због тога, она омогућава креаторима композитних индикатора да буду сигурни да су креирали стабилан композитни индикатор, узимајући у обзир дата ограничења, као и да се предложена метода може користити за побољшање стабилности композитних индикатора.

На основу изложеног, може се закључити да добијени резултати докторске дисертације представљају научни допринос у односу на постојеће стање, и отварају простор за даља истраживања. Значај теме докторске дисертације огледа се и у чињеници да је метода додељивања тежинских коефицијената примењива, како у процесу формирања тако и у процесу евалуације композитних индикатора.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена литература за израду дисертације је релевантна, актуелна и адекватна за дефинисани предмет и циљеве истраживања. Кандидат је приликом писања докторске дисертације користила обимну литературу, која обухвата 311 референци. Међу коришћеним изворима највише је радова објављених у научним часописима са SCIE и SSCI листе.

Литература обухвата радове утицајних аутора, објављених у релевантним научним часописима и публикацијама, у складу са темом дисертације. Поред извора наведених у поглављу 3.1. овог извештаја, неке од референци које су од посебног значаја за садржај ове дисертације су :

1. Costanza, R., Fisher, B., Ali, S., Beer, C., Bond, L., Boumans, R., ... Snapp, R. (2007). Quality of life: An approach integrating opportunities, human needs, and subjective well-being. *Ecological Economics*, 61(2-3), 267-276.
2. Dehon, C., McCathie, A., & Verardi, V. (2010). Uncovering excellence in academic rankings: a closer look at the Shanghai ranking. *Scientometrics*, 83(2), 515-524.
3. Dobrota, M., Martic, M., Bulajic, M., & Jeremic, V. (2015). Two-phased composite I-distance indicator approach for evaluation of countries' information development. *Telecommunications Policy*, 39(5), 406-420.
4. Efron, B. (1981). Nonparametric estimates of standard error: The jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68(3), 589-599.

5. Glover, F., Laguna, M., & Martí, R. (2000). Fundamentals of scatter search and path relinking. *Control and Cybernetics*, 29(3), 652–684.
6. Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., & Torrisi, G. (2018). On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, 1–34.
7. Grupp, H., & Schubert, T. (2010). Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. *Research Policy*, 39(1), 67–78.
8. Kirkman, S., Osorio, A., & Sachs, D. (2002). The Networked Readiness Index: Measuring the preparedness of nations for the networked world. In Kirkman (Ed.), *The Global Information Technology Report 2001-2002 Readiness for the networked world* (pp. 10–29). New York, NY.
9. Paruolo, P., Saisana, M., & Saltelli, A. (2013). Ratings and rankings: voodoo or science? *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*, 176(3), 609–634.
10. Saltelli, A. (2007). Composite indicators between analysis and advocacy. *Social Indicators Research*, 81(1), 65–77.
11. Van de Kerk, G., & Manuel, A. R. (2008). A comprehensive index for a sustainable society: The SSI — the Sustainable Society Index. *Ecological Economics*, 66(2–3), 228–242.

Подаци који су коришћени за потребе студија случаја, преузети су из база података Еуростат-а (<https://ec.europa.eu/eurostat>), Академског рангирања светских универзитета (<http://www.shanghairanking.com/ARWU2017.html>), Светског економског форума (<http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/networked-readiness-index/>) и Фондације одрживог друштва (<http://www.ssfindex.com/>). Поред интерно развијеног софтвера за Ивановићево одстојање и методу реузорковања, коришћен је и софтверски пакет за спровођење метахеуристике унапређено распршено претраживање који је имплементиран у софтверском окружењу R (Egea JA, Henriques D, Villaverde A, Cokelaer T. (2012) MEIGOR: MEIGO - MEtaheuristics for bioinformatics Global Optimization. Преузето са <http://bioconductor.org/packages/release/bioc/html/MEIGOR.html>). У студији случаја у којој је кандидат предложио формирање композитног индикатора, за избор индикатора су коришћени официјелни подаци које је публиковао Еуростат о опаженом квалитету живота, док су у преосталим студијама случаја коришћене официјелне вредности индикатора који чине евалуиране композитне индикаторе.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научне методе, примењене у дисертацији, у потпуности одговарају предмету истраживања и захтевима у погледу провере постављених хипотеза. Основни метод истраживања базирао се на прикупљању, анализи и класификацији постојеће литературе и теоријских и експерименталних резултата у предметној области. За потребе истраживања, сакупљана је и проучавана доступна литература која се односи на процесе формирања и евалуације композитних индикатора, са посебним освртом на додељивање тежинских коефицијената и мерење робуности композитног индикатора. Сакупљена литература је детаљно анализирана и систематизована, са циљем да се покаже оправданост и корисност развоја нове методе додељивања тежинских коефицијената, засноване на релативним доприносима, Ивановићевом одстојању, методи реузорковања и метахеуристици унапређено распршено претраживање.

У циљу тестирања постављених хипотеза у току израде дисертације примењен је већи број научних метода. Примењене су следеће опште методе: методе индукције-дедукције, методе дескриптивне анализе, методе анализе и синтезе, компаративне анализе, статистичке методе (метода реузорковања, корелациона анализа, методе мултиваријационе анализе), методе моделовања, као и методе оптимизације (хеуристике и метахеуристике). У спроведеном истраживању су, поред општих метода истраживања, коришћене и посебне методе чија употреба произилази из формулисаног предмета и циља истраживања: метахеуристика унапређено распршено претраживање (eCC) и метода И-одстојање. Могућност примене предложене методе додељивања тежинских коефицијената је приказана на реалним, официјелним примерима, уз употребу савремених софтверских решења.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, проблему, предмету и циљевима истраживања. Такође, процедура имплементације предложеног модела је јасно и прецизно описана, тако да се експерименти и истраживања могу поновити, а добијени резултати проверити.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације имају широку практичну примену у области формирања и евалуације композитних индикатора који се користе за рангирање различитих ентитета: држава, региона, градова, универзитета, спортских тимова и др. Резултати рангирања, поређења и евалуације ентитета у зависности од оствареног учинка утичу на став појединца о посматраним ентитетима. Из тог разлога је значајно формирати композитне индикаторе који ће бити стабилни, упркос променама у њиховом методолошком оквиру. Један од корака ОЕЦД-ЈРЦ методологије у континуитету привлачи пажњу научне заједнице је додељивање тежинских коефицијената. Иако је до сада развијен велики број метода додељивања тежинских коефицијената, метода предложена у овој докторској дисертацији покушава да превазиђе проблем интуитивности са којим се суочавају методе додељивања тежинских коефицијената и чињеницу да се анализа робусности и анализа осетљивости врло често не спроводе у процесу формирања и евалуације композитних индикатора.

Применљивост методе је приказана у процесу формирања и у процесу евалуације композитних индикатора, као и у процесу редукције броја индикатора који чине композитни индикатор.

Подацима вођене информације о значајности појединачних индикатора које повећавају стабилност композитног индикатора су од значаја првенствено за доносиоце одлука, а затим и за посматране ентитете. Предложена метода гарантује креаторима композитних индикатора да су формирали стабилан композитни индикатор узимајући у обзир одабрана ограничења тежинских коефицијената, као и да је анализа робусности спроведена. Надаље, креатори композитних индикатора не морају резултате предложене методе користити као коначне, већ могу експертима и доносиоцима одлука да укажу на „окружење“ или „средину“ у којој би крајња шема тежинских коефицијената требало да се нађе како би се максимизовала стабилност композитног индикатора. Такође, разлика између официјелних тежинских коефицијената које су доделили креатори композитног индикатора и тежинских коефицијената које предлаже креирана метода омогућавају креаторима композитног индикатора да уоче потенцијалне недостатке официјелног методолошког оквира.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања кандидата Милице Маричић су рачунарска статистика и операциона истраживања. Стекла је педагошко и научно-истраживачко искуство радећи на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду као сарадник у настави и асистент за ужу научну област Рачунарска статистика.

Током израде докторске дисертације Милица Маричић је показала способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и да влада материјом, која је била предмет истраживања. Кандидат је уочио главне недостатке и проблеме постојећих метода додељивања тежинских коефицијената. Показала је способност структурирања проблема истраживања, обликовања теоријског оквира истраживања и развоја оригиналне и применљиве методе додељивања тежинских коефицијената, што је верификовао публикавањем постигнутих резултата у научним часописима. Од укупно 31 рада која је Милица Маричић до сада објавила, резултати истраживања проистекли из рада на докторској дисертацији објављени су у часопису категорије M21, часопису категорије M22 и научном часопису индексираном у Scopus-у.

Потврђене су способности кандидата да адекватно интерпретира, уопштава и дискутује резултате истраживања.

Свеобухватни и систематизовани преглед литературе из области истраживања показује способност кандидата за самостално откривање и сагледавање отворених проблема истраживања, као и критичку анализу постојећих сазнања.

Претходно наведено потврђује оцену да кандидат Милица Маричић поседује потребно стручно, теоријско и практично знање и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни допринос докторске дисертације представља дефинисање оригиналног методолошког оквира нове методе додељивања тежинских коефицијената који се базира на релативним доприносима и И-одстојању са реузорковањем, која је названа Метода унапређено распршено претраживање – Композитни индикатор базиран на И-одстојању (еСС-ЦИДИ метода). Употребљивост предложене еСС-ЦИДИ методе је потврђена кроз тестирање на реалним примерима. Дефинисана је процедура којом се генеришу доње и горње границе за ограничења тежинских коефицијената добијених применом методе И-одстојања са специфичним реузорковањем.

Коначни резултат истраживања је имплементација предложене методе на примерима формирања и евалуације композитних индикатора. Новим моделом се унапређује недостатак који се јавља код већине метода додељивања тежинских коефицијената: висок степен интуитивности методе, као и чињеница да се анализа робусности и анализа осетљивости ретко спроводе у процесу формирања и евалуације композитних индикатора.

Сходно томе, кључни научни доприноси дисертације су верификовани и у објављеним научним радовима, који су наведени у поглављу 4.3 овог извештаја, огледају се у:

- Детаљном прегледу актуелне литературе на тему додељивања тежинских коефицијената коришћењем статистичких метода, као и метода оптимизације;
- Развоју приступа за ограничавање тежинских коефицијената коришћењем И-одстојања са реузорковањем;
- Развоју нове методе додељивања тежинских коефицијената којом се повећава стабилност композитног индикатора мерена стандардним девијацијама релативних доприноса;
- Унапређењу ОЕЦД-ЈРЦ методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора;
- Примени нове методе додељивања тежинских коефицијената у процесу формирања новог композитног индикатора, као и у процесу евалуације композитних индикатора.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је у докторској дисертацији развио нову методу додељивања тежинских коефицијената. Метода се заснива на одређивању шеме тежинских коефицијената која минимизује суму стандардних девијација релативних доприноса индикатора. Ограничења математичког модела су дефинисана имплементацијом Ивановићевог одстојања са реузорковањем, док је за решавање дефинисаног оптимизационог модела коришћена метахеуристика унапређено распршено претраживање. Полазна основа за развој методе били су постојећи научни резултати и проблеми везани за одређивање тежинских коефицијената у оквиру композитних индикатора. Анализирана је обимна литература, различите методе и приступи за одређивање шеме тежинских коефицијената, њихове предности и недостаци. Проблему интуитивности приликом додељивања тежинских коефицијената појединачним

индикаторима и чињеници да се анализа осетљивости креираног композитног индикатора још увек ретко спроводи посвећена је посебна пажња.

Резултат истраживања је нова хибридна метода додељивања тежинских коефицијената којом се унапређује постојећа ОЕЦД-ЈРЦ методологија за формирање и евалуацију композитних индикатора. Нова метода превазилази уочене недостатке који се јављају уколико се користе опште прихваћене методе додељивања тежинских коефицијената. Употребом И-одстојања са реузорковањем, добија се процена значајности, која је вођена подацима, за сваки од појединачних индикатора који чине композитни индикатор, док стандардна девијација релативних доприноса указује на степен стабилности крајњих вредности композитног индикатора. Циљ предложене методе је одређивање шеме тежинских коефицијената које задовољавају дефинисана ограничења и, у исто време, максимизују стабилност композитног индикатора.

Развијена метода је показала конзистентност и применљивост како у процесу формирања, тако и у процесу евалуације композитних индикатора који имају различите методолошке оквире што је и потврђено публикавањем научних радова. Такође, тежински коефицијенти добијени применом нове методе, упоређивани су са официјелним тежинским коефицијентима које су предложили креатори анализираних композитних индикатора. Резултати упоређивања шема тежинских коефицијената и сума стандардних девијација релативних доприноса који настају њиховом применом указују да се официјелне шеме тежинских коефицијената могу кориговати у циљу повећања стабилности метрике.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација научних доприноса је обављена кроз процес ригорозне рецензије и објављивање радова у врхунском међународном часопису (M21), у истакнутом међународном часопису (M22), као и у часопису који је индексиран у бази Scopus.

Рад објављен у врхунском међународном часопису (M21):

Maricic, M., Egea, J. A., & Jeremic, V. (2019). A hybrid enhanced Scatter Search—Composite I-Distance Indicator (eSS-CIDI) optimization approach for determining weights within composite indicators. *Social Indicators Research*, 1-41. DOI: 10.1007/s11205-018-02056-x, ISSN (Print): 0303-8300, ISSN (Online): 1573-0921. IF (2017): 1,648

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22):

Maricic, M., & Kostic-Stankovic, M. (2016). Towards an impartial Responsible Competitiveness Index: a twofold multivariate I-distance approach. *Quality & Quantity*, 50(1), 103-120. DOI: 10.1007/s11135-014-0139-z, ISSN (Print): 0033-5177, ISSN (Online): 1573-7845. IF (2016): 1,094

На такмичењу за најбољи рад студената докторских студија, које су организовали OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development - Организација за економску сарадњу и развој) и IAOS (International Association for Official Statistics – Интернационална асоцијација за официјелну статистику), Милица Маричић освојила је прву награду.

Награђени рад је објављен у часопису који је индексиран у бази Scopus:

Maricic, M. (2018). Assessing the quality of life in the European Union: The European Index of Life Satisfaction (EILS). *Statistical Journal of the IAOS*, 1-7. DOI: 10.3233/SJI-180481. ISSN (Print): 1874-7655, ISSN (Online): 1875-9254. SNIP (2017): 0,682, CiteScore (2017): 0,410, SJR (2017): 0,375

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације под називом „Развој методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора“, кандидата Милице Маричић, Комисија констатује да је докторска дисертација написана у складу са свим захтевима стандарда научно-истраживачког рада, као и да испуњава услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима, правилницима и Статутом Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

Тема докторске дисертације је веома актуелна, а резултати добијени истраживањем одговарају предмету и циљевима истраживања. Све хипотезе постављене у истраживању су тестиране на релевантним примерима из праксе. Такође, резултатима истраживања је потврђена општа хипотеза, тј. доказано је да је могуће унапредити ОЕЦД-ЈРЦ методологију за формирање и евалуацију композитних индикатора креирањем нове методе додељивања тежинских коефицијената која се базира на статистичким методама и методи оптимизације.

Истраживање приказано у дисертацији је оригинално, а резултати пружају допринос развоју науке у домену рачунарске статистике и операционих истраживања. Резултати истраживања могу бити примењени у пракси, у случајевима који се тичу формирања и евалуације композитних индикатора из различитих области живота. Из истраживања приказаног у докторској дисертацији, проистекла су три научна рада, од којих је један објављен у врхунском међународном часопису, а други изабран за најбољи рад студента докторских студија на OECD-IAOS конкурсу. С обзиром на постигнуте резултате, комплексност, актуелност и интердисциплинарност обрађене теме, ова дисертација задовољава највише научне критеријуме и показује способност кандидата Милице Маричић за самосталан научно-истраживачки рад.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука да се докторска дисертација под називом „Развој методологије за формирање и евалуацију композитних индикатора“, кандидата Милице Маричић, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милица Булајић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Вељко Јерemiћ, ванредни професор, коментор
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Мирко Вујошевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Драгана Крагуљ, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Радојка Малетић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет