



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА**

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Немање Миленковића**

Одлуком 05-01 бр. 3/102-9 од 04.09.2019. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Немање Миленковића** под насловом

**„Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“.**

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**

**Немања Миленковић** је уписао докторске студије школске 2014/2015 године на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду (студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент – изборно подручје Операциона истраживања). Положио је планом и програмом предвиђене испите са просечном оценом 10.00.

Приступни рад на докторским студијама пријавио је 09.03.2018. године. Одлуком 05-01 бр. 3/30-11 од 14.03.2018. године, формирана је Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације. За ментора приступног рада је именован проф. др Зоран Радојичић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду. Приступни рад под насловом „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ одбрањен је 19.10.2018. године.

Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је на Наставно-научном већу Факултета организационих наука, Универзитет у Београду, 05.12.2018. године, 05-01 бр. 3/210-5. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду од 24.12.2018. године бр. 61206-5658/2-18 дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације **Немање Миленковића** под називом

Јове Илића 154, 11000 Београд, Србија, Tel.: (011) 3950-800, Faks: (011) 2461-221

PIB: 100383934, Matični broj: 07004044, Tekući račun: 840-1344666-69

E pošta: dekanat@fon.bg.ac.rs; Posetite: www.fon.bg.ac.rs

„Методологија откривања нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору“. Наставно-научно веће Факултета организационих наука, Универзитет у Београду је одлуком бр. 3/3-2 од 23.01.2019. године одобрило израду докторске дисертације кандидата Немање Миленковића. За ментора је именован проф. др Зоран Радојичић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду.

Ментор др Зоран Радојичић известио је Наставно-научно веће Факултета организационих наука, Универзитет у Београду, да је Немања Миленковић завршио израду докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука, Универзитет у Београду је одлуком 05-01 бр. 3/102-9 од 04.09.2019. године именовало Комисију за преглед, оцену и одбрану завршене докторске дисертације у саставу:

1. др Зоран Радојичић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду
2. др Драган Вукмировић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду
3. др Милица Булајић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду
4. др Александар Ђоковић, ванредни професор Факултета организационих наука, Универзитет у Београду
5. др Свјетлана Јанковић-Шоја, доцент Пољопривредног факултета, Универзитет у Београду

## **1.2 Научна област дисертације**

Предмет истраживања докторске дисертације је унапређење методологије Ивановићевог одстојања кроз дефинисање секвенцијалних процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедуре “корак по корак”, која представља модификацију дефинисане процедуре селекције. Свака од процедура приказана је кроз одговарајуће алгоритме. Проблем истраживања у дисертацији се односи на откривање нестандартних опсервација коришћењем дефинисаних процедура секвенцијалног Ивановићевог одстојања.

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 мултиваријационе статистичке анализе и откривања нестандартних опсервација.

Ментор проф. др Зоран Радојичић поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду објављених радова у научним часописима међународног значаја из области рачунарске и примењене статистике и мултиваријационе анализе. Списак радова који квалификују ментора за вођење ове дисертације:

- Išljamović, S., Jeremić, V., Petrović, N., & **Radojčić, Z.** (2015). Colouring the socio-economic development into green: I-distance framework for countries' welfare evaluation. *Quality & Quantity*, 49(2), 617-629. DOI: 10.1007/s11135-014-0012-0. IF:1.094. Times Cited: 17.
- Dobrota, M., Jeremić, V., Bulajić, M., & **Radojčić, Z.** (2015). Uncertainty and Sensitivity Analyses of PISA Efficiency: Distance Based Analysis Approach. *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(3), 41-58. DOI: 10.12700/APH.12.3.2015.3.3. IF:0.745. Times Cited: 4.
- Stanković, S., Vasković, V., Petrović, N., **Radojčić, Z.**, & Ljubojević, M. (2015). Urban Traffic air pollution: Case study of Banja Luka. *Environmental Engineering and*

Management Journal, 14(12), 2783-2791. DOI: 10.30638/eemj.2015.295. IF:1.096. Times Cited: 10.

- **Radojičić, Z.**, Išljamović, S., Petrović, N., & Jeremić, V. (2012). A Novel Approach to Evaluating Sustainable Development. *Problemy Ekorożwoju*, 7(1), 81-85. IF:1.28. Times Cited: 31.
- **Radojičić, Z.**, & Jeremić, V. (2012). Quantity or quality: what matters more in ranking higher education institutions?. *Current Science*, 103, 158-162. IF: 0.935, Times Cited: 17.

### **1.3 Биографски подаци о кандидату**

Кандидат Немања Миленковић је рођен 25.06.1986. године у Београду. Основну школу “Бранислав Нушић” и Дванаесту београдску гимназију “Димитрије Туцовић” је завршио у Београду. Факултет организационих наука уписује 2005. године на одсеку Информациони системи и технологије. Дипломирао је у јуну 2010. године са оценом 10 на дипломском раду са називом “Основне поставке научног рада професора доктора Бранислава Ивановића”. Школске 2010/2011 је уписао дипломске академске студије – Мастер на Факултету организационих наука, смер Операциона истраживања и рачунарска статистика, студијска група – Рачунарска статистика. Завршни мастер рад на тему "Теорија и пракса Ивановићевог одстојања", одбранио је у јануару 2012. године.

Докторске студије уписао је школске 2014/2015 године на Факултету организационих наука на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент – изборно подручје Операциона истраживања. Положио је све испите са просечном оценом 10.00. У октобру 2018. године одбранио је приступни рад за израду дисертације под називом „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“.

У радни однос на Факултету организационих наука као стручни сарадник ступио је новембру 2011. године. У априлу 2013. године изабран је у звање сарадника у настави за ужу научну област Рачунарска статистика. У априлу 2015. године изабран је у звање асистента за ужу научну област Рачунарска статистика.

На Thomson Reuters листи, идентификациони истраживачки број Немање Миленковића је O-2082-2013 (ResearcherID). У оквиру свог научног рада ангажован је као рецензент у часописима са SCI листе: Technological and Economic Development of Economy (ISSN: 2029-4913, IF – 3.244, издавач: Taylor & Francis) и Economic modelling (ISSN: 0264-9993, IF – 1.696, издавач: Elsevier).

Од маја до септембра 2018. године учествовао је на пројекту Европске уније “Support for the Improvement of Statistical Information System – Albania (EuropeAid/136334/ИH/SER/AL)” као експерт за пројектовање и имплементацију статистичког регистра пољопривредних газдинстава.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1 Садржај дисертације**

Докторска дисертација, укупног обима 143 странице, садржи 7 слика, 30 табела и 166 литературних извора. Докторска дисертација садржи теоријски и методолошко-емпиријски део. Структура теоријског дела изложена је у следећим целинама: Мултиваријациона анализа, Нестандардне опсервације и Ивановићево одстојање. Методолошко-емпиријски део садржи

дефинисање, имплементацију, примену и евалуацију предложеног унапређења методе Ивановићевог одстојања кроз дефинисање процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и методе „корак по корак“, које су коришћене у циљу откривања мултиваријационих нестандартних опсервација. 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. МУЛТИВАРИЈАЦИОНА АНАЛИЗА
  - 2.1 Анализа главних компонената
  - 2.2 Факторска анализа
  - 2.3 Вишеструка линеарна регресија
  - 2.4 Дискриминациона анализа
3. НЕСТАНДАРДНЕ ОПСЕРВАЦИЈЕ
  - 3.1 Методе откривања униваријационих нестандартних опсервација
  - 3.2 Методе откривања мултиваријационих нестандартних опсервација
4. ИВАНОВИЋЕВО ОДСТОЈАЊЕ
  - 4.1 Дефиниција и особине И-одстојања
  - 4.2 Обично И-одстојање
  - 4.3 Квадратно И-одстојање
  - 4.4 Структурно И-одстојање
  - 4.5 Редоследна класификација и И-одстојање
5. СЕКВЕНЦИЈАЛНО ИВАНОВИЋЕВО ОДСТОЈАЊЕ
  - 5.1 Процедура Ивановићевог одстојања за постепену елиминацију индикатора
  - 5.2 Процедура Ивановићевог одстојања за постепену селекцију индикатора
  - 5.3 Процедура Ивановићевог одстојања „корак по корак“
6. ПРИМЕНА СЕКВЕНЦИЈАЛНОГ ИВАНОВИЋЕВОГ ОДСТОЈАЊА
  - 6.1 Откривање нестандартних опсервација – економска развијеност
  - 6.2 Откривање нестандартних опсервација – пољопривредна производња
  - 6.3 Откривање нестандартних опсервација – перформансе кошаркаша
7. ЗАКЉУЧАК
- ЛИТЕРАТУРА
- ПРИЛОЗИ

## **2.2 Кратак приказ појединачних поглавља**

**Уводно поглавље** садржи опис предмета и циљева докторске дисертације, полазне хипотезе и методе истраживања. Приказане су основне поделе метода откривања нестандартних опсервација, а након тога је укратко објашњена методологија Ивановићевог одстојања. Дефинисани су основни појмови и кључна објашњења везана за тему докторске дисертације.

**Друго поглавље** посвећено је методама мултиваријационе анализе које се најчешће користе у статистичким истраживањима. Дефинисане су основне методе зависности и међусобне зависности. Детаљније су описане мултиваријационе методе које врше редукцију димензије проблема (анализа главних компонената и факторска анализа), као и методе које имају

дефинисане процедуре за постепену селекцију и елиминацију променљивих из модела (вишеструка линеарна регресија и дискриминациона анализа).

У **трећем поглављу** објашњени су основни концепти униваријационих и мултиваријационих нестандардних опсервација, као и методе за њихово откривање. У потпоглављу које се односи на методе откривања униваријационих нестандардних опсервација, представљени су метод стандардне девијације, Z-скорови и Боксплот метода. У потпоглављу које се односи на методе откривања мултиваријационих нестандардних опсервација, детаљније су објашњене методе засноване на одстојању (Махаланобисово одстојање, Куково одстојање, Утицајне вредности). Посебна пажња је посвећена методи Махаланобисовог одстојања, као најчешће коришћеној методи за идентификацију мултиваријационих нестандардних опсервација.

У **четвртом поглављу** је дат детаљан опис методологије Ивановићевог одстојања, која пружа могућност интегрисања великог броја индикатора у јединствену вредност, која након тога представља меру интензитета посматране појаве сваке опсервације посебно. Дефинисани су и детаљно објашњени услови које је потребно испунити како би посматрани  $k$ -димензиони простор био метричан. Приказани су различити типови Ивановићевог одстојања, који се користе у зависности од концепта постављеног мултидимензионог проблема.

У **петом поглављу**, методологија Ивановићевог одстојања је унапређена кроз дефинисање процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедуре „корак по корак”, која представља модификацију процедуре за постепену селекцију. Формирани су и одговарајући алгоритми за сваку од процедура. Овако дефинисано секвенцијално Ивановићево одстојање пружа могућност редукције димензије посматраног проблема, кроз елиминацију индикатора који нису статистички значајни. Процедуре су детаљно објашњене кроз пример економске развијености земаља Европске уније.

**Шесто поглавље** чине студије случаја, у којима је секвенцијално Ивановићево одстојање коришћено у циљу откривања мултиваријационих нестандардних опсервација. У свим примерима, дат је упоредни приказ са резултатима добијеним употребом Махаланобисовог одстојања. У првој студији случаја, коришћени су индикатори економске развијености земаља Европске уније. Друга студија случаја се односи на откривање нестандардних опсервација коришћењем индикатора развијености пољопривредне производње. У трећој студији случаја, коришћени су индикатори перформанси кошаркаша, на основу којих су идентификовани играчи који одступају у односу на преостале из посматраног скупа. На основу добијених резултата, закључено је да се секвенцијално Ивановићево одстојање може користити у циљу идентификације мултиваријационих нестандардних опсервација.

У **седмом поглављу** су дата закључна разматрања, научни доприноси докторске дисертације, као и могући правци будућих истраживања.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ кандидата Немање Миленковића се бави актуелном проблематиком откривања мултиваријационих нестандардних опсервација, као и редукцијом димензије посматраних вишедимензионих комплексних проблема.

Докторска дисертација детаљно анализира досадашња истраживања из области мултиваријационих нестандардних опсервација. Овај тип опсервација може изазвати проблеме при спровођењу статистичких анализа (Choi, Y., Park, C. G., & Lee, K. E. (2018).

Evaluation of outlier detection methods for multiple linear regression model. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, 29(6), 1663-1677) јер доводи до погрешног израчунавања параметара узорка (Liu, Y., Zumbo, B. D., & Wu, A. D. (2012). A Demonstration of the Impact of Outliers on the Decisions About the Number of Factors in Exploratory Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 72(2), 181–199), а самим тим и лоше процене параметара популације. Због тога је важно идентификовати овај тип опсервација пре спровођења статистичких анализа (Liu H., Shah S., & Jiang W. (2004). On-line outlier detection and data cleaning. *Computers and Chemical Engineering*, 28, 1635–1647).

На основу прегледа литературе, закључено је да постојеће методе откривања нестандартних опсервација, засноване на мерама одстојања, не узимају у обзир значајност одабраних индикатора. У складу са тиме, коришћена је метода Ивановићевог одстојања (Ивановић, Б. (1977). *Теорија класификације*. Београд: Институт за економику индустрије), која издваја дискриминациони ефекат сваког индикатора посебно (Ивановић, Б. (1956). Пројекат за класификацију срезова ФНРЈ према степену економске развијености. *Статистичка ревија*, 4, 287-297), агрегирајући га након тога у јединствену вредност за сваку од посматраних опсервација. Са повећањем броја индикатора, повећава се и ризик да ће доћи до мешања праве и привидне зависности, а тиме и до одстрањивања извесне количине информација које заправо нису биле дуплициране (Ивановић, Б. (1988). Груписање обележја преко метода аутоматске класификације. *Статистичка ревија*, 1-2, 11-20). Узимајући у обзир поменуте чињенице, један од основних циљева дисертације је одређивање оптималног броја индикатора, јер је с једне стране важно ограничити њихов број, а с друге стране пружити што већу информацију о посматраном проблему (Ивановић, Б. (1972). Класификација и избор статистичких обележја. *Статистичка ревија*, 1-263-74.). Из тог разлога, формирана је методологија секвенцијалног Ивановићевог одстојања, која је унапредила постојећу методу кроз дефинисање процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедуре „корак по корак”. Након тога, Секвенцијално Ивановићево одстојање је коришћено у циљу откривања мултиваријационих нестандартних опсервација.

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 публиковани у међународном часопису (M23) (Milenković, N., Vukmirović, J., Bulajić, M., & Radojičić, Z. (2014). A multivariate approach in measuring socio-economic development of MENA countries. *Economic Modelling*, 38, 604-608.) и презентовани на међународном научном скупу (M33) (Milenković, N., Đoković, A., & Vukmirović, A. (2016) Europe 2020 Strategy – A multivariate approach, XV International Symposium SymOrg 2016: Reshaping the future through sustainable business development and entrepreneurship, Zlatibor, 2016, 228-233).

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 секвенцијалног Ивановићевог одстојања применљива, како у циљу редукције димензије посматраног проблема, тако и у откривању мултиваријационих нестандартних опсервација.

### **3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу**

Литература коју је кандидат користио приликом писања докторске дисертације обухвата 166 референци. Међу коришћеним изворима највише је радова објављених у научним часописима

са SCIE и SSCI листе. Коришћена литература за израду дисертације је савремена, релевантна и адекватна за дефинисани предмет и циљеве истраживања.

Литература обухвата радове утицајних аутора из области којима се дисертација бави, који су објављени у релевантним научним часописима и публикацијама. Литература обухвата и критике постојећих метода за редукцију димензије проблема, као и за идентификацију мултиваријационих нестандардних опсервација. Поред извора наведених у поглављу 3.1. овог извештаја, неке од референци које су од посебног значаја за садржај ове дисертације су :

1. Algur, S. P., & Biradar, J. G. (2017). Cooks Distance and Mahanobolis Distance Outlier Detection Methods to identify Review Spam, *International Journal of Engineering and Computer Science*, 6(6), 21638-21649.
2. Barnett, V., & Lewis, T. (1994). *Outliers in statistical data* (3rd edition). New York: John Wiley & Sons, Inc.
3. Brereton, R. G. (2014). The chi squared and multinormal distributions. *Journal of Chemometrics*, 29, 9-12.
4. Brereton, R. G., & Lloyd, G. R. (2016). Re-evaluating the role of the Mahalanobis distance measure. *Journal of Chemometrics*, 30, 134–143.
5. Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2012). *Regression Analysis by Example* (5th edition). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
6. Cook, R. D. (1977). Detection of influential observation in linear regression. *Technometrics*, 19(1), 15–18.
7. Dempster, A. P. (1969). *Elements of Continous Multivariate Analysis*. Reading: Addison-Wesley.
8. Dixon, W. J. (1973). *BMD Biomedical computer programs*. Los Angeles: University of California Press.
9. Hadi, A. S. (1992). Identifying multiple outliers in multivariate data. *Journal of the Royal Statisttical Society B*, 54, 761-771.
10. Kovačić, Z. (1994). *Multivarijaciona analiza*. Beograd: Ekonomski fakultet.
11. Leys, C., Klein, O., Dominicy, Z., & Ley, C. (2018). Detecting multivariate outliers: Use a robust variant of the Mahalanobis distance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 74, 150–156.
12. Mahalanobis, P. C. (1930). On tests and measures of groups divergence. *Journal of Asiatic Sociology of Bengal*, 26, 541–588.
13. Mahalanobis, P. C. (1936). On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 2, 49-55.
14. Oyeyemi, G. M., Bukoye, A., & Akeyede, I. (2015). Comparison of Outlier Detection Procedures in Multiple Linear Regressions. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 5(1), 37-41.
15. Rocke, M. D., & Woodruff, D. L. (1996). Identification of Outliers in Multivariate Data. *Journal of the American Statistical Association*, 435(91), 1047-1061.
16. Rousseeuw, P. J., & van Zomeren, B. C. (1990). Unmasking Multivariate Outliers and Leverage Points. *Journal of the American Statistical Association*, 85, 633-639.
17. Sajesh, T. A., & Srinivasan, M. R. (2013). An Overview of Multiple Outliers in Multidimensional Data. *Sri Lankan Journal of Applied Statistics*, 14(2), 87–120.
18. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (5th edition). Boston: Pearson Education, Inc.

Подаци који су коришћени за потребе студија случаја, преузети су из базе података Светске Банке (<https://data.worldbank.org/indicator>), Републичког завода за статистику Албаније (INSTAT – Instituti i Statistikave, <http://www.instat.gov.al/>) и званичне базе података о НБА играчима (<https://stats.nba.com/>). За обраду података коришћен је статистички пакет СПСС са посебно развијеним додатком за израчунавање Ивановићевог одстојања. Коришћени подаци, као и међукораци анализа, дати су у прилогу докторске дисертације.

### **3.3 Опис и адекватност примењених научних метода**

Основни метод истраживања базира се на постојећим теоријским основама и експерименталном раду у наведеној области. Такође, базира се на сакупљању и проучавању доступне литературе, њеној анализи и систематизацији, с циљем да се покаже оправданост и корисност развоја нове методологије откривања нестандардних опсервација.

У циљу тестирања постављених хипотеза у току израде дисертације примењен је већи број научних метода. Примењене су следеће опште методе: методе дескриптивне анализе, методе индукције-дедукције, методе анализе и синтезе и методе компаративне анализе. Поред општих метода истраживања, коришћене су и посебне статистичке методе које произилазе из формулисаног предмета и циља истраживања: методе мултиваријационе анализе, корелациона анализа, метода Ивановићевог одстојања, као и метода Махаланобисовог одстојања. Могућност примене предложене методе откривања нестандардних опсервација је приказана на реалним примерима, уз употребу софтверског пакета СПСС са посебно развијеним додатком за израчунавање Ивановићевог одстојања.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, теми дисертације, као и предмету и циљевима истраживања. Такође, предложена методологија је јасно и прецизно дефинисана кроз одговарајуће алгоритме.

### **3.4 Применљивост остварених резултата**

Резултати докторске дисертације имају практичну примену у области откривања мултиваријационих нестандардних опсервација, али и у редуцији димензије посматраних комплексних проблема. Једна од најважнијих карактеристика методологије секвенцијалног Ивановићевог одстојања је тестирање значајности сваког од посматраних индикатора, уз задржавање само оних који су у току спровођења дефинисаних процедура идентификовани као статистички значајни за посматрани проблем. Ивановићево одстојање задовољава свих 13 услова метричности у  $k$ -димензионом простору, што представља предност у односу на досадашње методе откривања нестандардних опсервација, заснованим на мерама одстојања.

Применљивост предложене методологије је евалуирана кроз три студије случаја из различитих природних и друштвених аспеката. Методологија откривања нестандардних опсервација заснована на Ивановићевом одстојању се може практично применити и у другим сферама интересовања које карактерише вишедимензиона природа.

### **3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Током израде докторске дисертације, кандидат Немања Миленковић показао је способност да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама, као и да поседује стручна, теоријска и практична знања потребна за самостални научни рад. Кандидат је уочио главне недостатке и проблеме постојећих метода за идентификацију нестандардних опсервација, као и метода за редуцију димензије комплексних проблема.

Кандидат је показао способност обликовања теоријског оквира истраживања и развоја методологије за откривање мултиваријационих нестандардних опсервација кроз редуцију димензије посматраног проблема. 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.

На основу свега наведеног, сматрамо да кандидат Немања Миленковић поседује потребно стручно, теоријско и практично знање и искуство за самосталан научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1 Приказ остварених научних доприноса**

Основни допринос докторске дисертације се огледа у дефинисању нове методологије за откривање мултиваријационих нестандартних опсервација. секвенцијално Ивановићево одстојање може се користити у циљу редукције димензије посматраног проблема, употребом дефинисаних процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедуре „корак по корак“.

Предложена методологија је спроведена у неколико студија случаја над реалним подацима. Добијени резултати упоређени са најчешће коришћеном методом за идентификацију мултиваријационих нестандартних опсервација, методом Махаланобисовог одстојања. Ивановићево одстојање је показало већу осетљивост при идентификацији нестандартних опсервација на оригиналном скупу индикатора, јер, за разлику од Махаланобисовог одстојања, Ивановићево одстојање задовољава све услове метричности у  $k$ -димензионом простору.

Може се закључити да су резултати, проистекли из истраживања у докторској дисертацији, пружили научне доприносе који се огледају у:

- Детаљном прегледу актуелне литературе на тему откривања нестандартних опсервација;
- Евалуацији постојећих метода за откривање униваријационих и мултиваријационих нестандартних опсервација;
- Детаљаном приказу мултиваријационих статистичких метода које имају дефинисане процедуре за постепену елиминацију и селекцију променљивих;
- Унапређењу методологије Ивановићевог одстојања кроз дефинисане процедуре за секвенцијалну селекцију и/или елиминацију индикатора;
- Примени дефинисаних процедура како у циљу редукције димензија проблема, тако и у откривању мултиваријационих нестандартних опсервација;
- Потврђивању постављених хипотеза кроз резултате добијене употребом методологије секвенцијалног Ивановићевог одстојања.

### **4.2 Критичка анализа резултата истраживања**

Кандидат је у докторској дисертацији развио нову методологију за редукцију димензије посматраног комплексног проблема, која се може користити при откривању мултиваријационих нестандартних опсервација. Полазна основа су биле постојеће мултиваријационе методе (вишеструка линеарна регресија и дискриминациона анализа), које имају дефинисане методе за постепено искључивање и укључивање индикатора у модел. У складу са тиме, дефинисане су процедуре, засноване на Ивановићевом одстојању, за постепену елиминацију и/или селекцију индикатора, као и одговарајући алгоритми.

Полазна основа за развој нове методологије откривања нестандартних опсервација су биле досадашње методе, засноване на мерама одстојања. Методологија секвенцијалног

Ивановићевог одстојања тестира значајност сваког од посматраних индикатора, задржавајући у моделу само оне који су, кроз коришћене процедуре, идентификовани као статистички значајни за посматрани вишедимензиони проблем.

Развијена методологија је показала конзистентност и применљивост како у редукцији димензије проблема, тако и у идентификацији мултиваријационих нестандардних опсервација. У складу са тиме, правци даљих истраживања се огледају у могућностима аутоматизације дефинисаних процедура, формирању процедуру за постепену елиминацију идентификованих мултиваријационих нестандардних опсервација, као и у дефинисању одговарајуће статистике за тестирање значајности Ивановићевог одстојања, измереног од просечног фиктивног елемента.

#### **4.3 Верификација научних доприноса**

Научни допринос докторске дисертације „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ кандидата Немање Миленковића, верификован је кроз следеће научне радове који су резултат истраживања у области докторске дисертације:

##### **Категорија M20:**

1. **Milenković, N., Vukmirović, J., Bulajić, M., & Radojičić, Z.** (2014). A multivariate approach in measuring socio-economic development in MENA countries. *Economic Modelling*, 38, 604-608. (ISSN: 0264-9993), (IF 2012-0.557), (5-Year Impact Factor: 0.699), *Cited without selfcitation: 11*, **M23**.

##### **Категорија M30:**

2. **Milenković, N., Đoković, A., & Vukmirović, A.** (2016). Europe 2020 Strategy – A multivariate approach. *XV International Symposium SymOrg 2016: Reshaping the future through sustainable business development and entrepreneurship*. Zlatibor, pp. 228-233, (ISBN: 978-86-7680-326-2), **M33**.
3. **Milenković, N., Đoković, A., Milenković, J., Milanović, N. & Vukmirović, D.** (2013). Measuring effectiveness of elementary school education in Serbia - a multivariate statistical approach. *32<sup>nd</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia, 2013*, **M34**.

##### **Категорија M60:**

4. **Milenković, N., Đoković, A., Savić G., Jovanović Milenković, M., & Martić M.** (2016). Merenje socio-ekonomske razvijenosti zemalja Evropske unije – multivarijacioni pristup. *SYM-OP-IS 2016, Tara*, pp. 611-614, (ISBN: 978-86-335-0535-2), **M63**.

#### **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

На основу прегледа докторске дисертације „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ кандидата Немање Миленковића, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је урађена 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. На основу резултата и закључака

приказаних у докторској дисертацији, као и чињеници да је анализирана проблематика актуелна, Комисија констатује да је кандидат Немања Миленковић успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања.

Хипотезе постављене у истраживању су тестиране на релевантним примерима из праксе. Резултатима истраживања је потврђена општа хипотеза, тј. доказано је да је могуће извршити идентификацију мултиваријационих нестандардних опсервација коришћењем методологије Ивановићевог одстојања, кроз процедуре за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора. Истраживање приказано у дисертацији је оригинално, а резултати пружају савремен и оригиналан допринос развоју науке у домену уже научне области рачунарска статистика. Истраживање је верификовано кроз објављивање научног рада у часопису категорије М23, који је до сада цитиран 11 пута. С обзиром на приказане резултате, актуелност и мултидисциплинарност обрађених тема, ова дисертација задовољава све научне критеријуме и показује способност кандидата Немање Миленковића за самосталан научно-истраживачки рад.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, да се докторска дисертација под називом „Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ кандидата Немање Миленковића, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

---

**Проф. др Зоран Радојичић**, редовни професор – ментор  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

---

**Проф. др Драган Вукмировић**, редовни професор  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

---

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

---

**Проф. др Александар Ђоковић**, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

---

**Доц. др Свјетлана Јанковић–Шоја**, доцент  
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет