

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Факултет организационих наука

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Немање Миленковића за израду докторске дисертације

Одлуком **0501 бр. 3/30-11 од 14.03.2018.** године именовани смо за чланове Комисије за оцену теме и подобности кандидата **Немање Миленковића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Методологија откривања нестандардних опсервација у k-димензионом простору“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

**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“ и стекао звање дипломирани инжењер организационих наука.

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 са оценом 10 и завршио мастер студије са просечном оценом 10.00.

Докторске студије уписао је школске 2014/2015 године на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду, на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент – изборно подручје Операциона истраживања.

Немања Миленковић је од 2008. године сарадник Лабораторије за статистику Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. У новембру 2011. године је ступио у радни

однос на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду као стручни сарадник. 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. Од марта 2012. године ангажован је на извођењу наставе на предметима Лабораторије за статистику: Теорија вероватноће, Статистика, Линеарни статистички модели и Анализа података.

Укупна оцена педагошког рада Немање Миленковића од стране студената је већа од 4.5 на скали од 1 до 5, у складу са препоруком Болоњске декларације о евалуацији и валидацији наставника и сарадника, о чему постоји писана евиденција на Факултету организационих наука, Универзитет у Београду. Највиша просечна оцена Немање Миленковића је износила 4.83 за предмет Статистика у летњем семестру школске 2012/2013 године.

На Thomson Reuters листи, идентификациони истраживачки број Немање Миленковића је O-2082-2013 (ResearcherID). У оквиру свог научног рада ангажован је на рецензији неколико радова 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/IH/SER/AL)“ као експерт за пројектовање и имплементацију статистичког регистра пољопривредних газдинстава Албаније.

## 1.2. Стечено научно–истраживачко искуство

Следи списак положених испита на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

| Називи предмета                             | Оцена      | ЕСПБ |
|---------------------------------------------|------------|------|
| Мултиваријациона анализа                    | 10 (десет) | 10   |
| Статистика у менаџменту                     | 10 (десет) | 10   |
| Нелинеарно програмирање                     | 10 (десет) | 10   |
| Комбинаторна оптимизација                   | 10 (десет) | 10   |
| Вишекритеријумска оптимизација и одлучивање | 10 (десет) | 10   |
| Нови трендови у операционим истраживањима   | 10 (десет) | 10   |
| Систем менаџмента животном средином         | 10 (десет) | 10   |
| Маркетинг информациони системи              | 10 (десет) | 10   |
| Менаџмент здравствене аналитике             | 10 (десет) | 10   |

Кандидат је дана 19.10.2018. године успешно одбранио приступни рад за израду дисертације под називом „Методологија откривања нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору“.

Немања Миленковић је, у сарадњи са другим ауторима, објавио 29 научних радова у међународним и домаћим часописима, као и у зборницима радова са међународних и домаћих конференција.

## 1. Научни часописи међународног значаја (Категорија M20):

- 1.1 Radaković, J.A., Petrović, N., **Milenković, N.**, Stanojević, K., & Đoković, A.: *Improving Students' Higher Environmental and Climate Change Knowledge: A Case Study*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol 26, Issue 6, 2017, pp. 2711-2719, (ISSN: 1230-1485), (IF 2016-0.793), (5-Year Impact Factor: 0.961), **M23**.
- 1.2 Petrović, N., Jeremić, V., Ćirović, M., Radojičić, Z. & **Milenković, N.**: *Facebook versus Moodle in Practice*, American Journal of Distance Education, Vol 28 (2), 2014, pp. 117-125, (ISSN: 1538-9286), **M24**.
- 1.3 **Milenkovic, N.**, Vukmirovic, J., Bulajic, M., & Radojicic, Z.: *A multivariate approach in measuring socio-economic development in MENA countries*. Economic Modelling, Vol 38, 2014, pp. 604-608, (ISSN: 0264-9993), (IF 2012-0.557), (5-Year Impact Factor: 0.699), **M23**.

## 2. Зборници међународних научних скупова (Категорија M30):

- 2.1 Mihailović, O., Petrović, N., Đoković, A., **Milenković, N.**, & Ćirović, M.: *Health Care Workers' Knowledge and practices regarding the Medical Waste Management: A Case Study of the Tertiary Health Care Institution*, 37<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia 2018, pp. 719-730, (ISBN: 978-961-286-146-9 (pdf)), **M33**.
- 2.2 Radaković, J. A., Petrović, N., **Milenković, N.**, Stanojević, D., & Stevanović, D.: *From Environmental Action to Climate Change Knowledge and Back*, 36<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia 2017, pp. 803-815, (ISBN: 978-961-286-020-2 (pdf)), **M33**.
- 2.3 Cvetić, B., & **Milenković, N.**: *Application of the games in teaching logistics and supply chain management in the republic of Serbia*, XV International Symposium SymOrg 2016: Reshaping the future through sustainable business development and entrepreneurship, Zlatibor, 2016, pp. 1056-1063, (ISBN: 978-86-7680-326-2), **M33**.
- 2.4 **Milenković, N.**, Đoković, A., & Vukmirović, A.: *Europe 2020 Strategy – A multivariate approach*, XV International Symposium SymOrg 2016: Reshaping the future through sustainable business development and entrepreneurship, Zlatibor, 2016, pp. 228-233, (ISBN: 978-86-7680-326-2), **M33**.
- 2.5 Milenković, J., Petrović, N., **Milenković, N.**, Delibašić, B., & Ćirović, M.: *Analysis of professional interests of elementary school students*, 35<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia 2016, pp. 90-98, (ISBN: 978-961-232-289-2 (pdf)), **M33**.
- 2.6 **Milenković, N.**, Đoković, A., & Vukmirović, D.: *Choosing appropriate economic development indicators - a multivariate statistical approach*, XII Balkan Conference on Operational Research – BALCOR 2015, Constanta, Romania, 2015, **M33**.
- 2.7 Petrović, A., Petrović, N., Pečar, Z., **Milenković, N.**, & Ćirović, M.: *Public-private partnership as possible instrument of local economic and environmental development*, 34<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia 2015, **M34**.

- 2.8 Petrović, N., Jeremić, V., Ćirović, M., **Milenković, N.**, & Radaković, J.A.: *Assessing the use of flash cards in the higher environmental education classroom*, International Conference on Information Communication Technologies in Education – ICICTE 2014, Kos, Greece, pp. 102-110, (ISBN 978-0-9926958-3-5), **M33**.
- 2.9 Janićijević, I., Đurić, M., **Milenković, N.** & Živković, N.: *Higher income higher quality of health – is it true?* International Conference on Applied Economics, Crete, Greece 2014, **M33**.
- 2.10 Totić, S., Đoković, A., & **Milenković, N.**: *Hedge fund management companies and databank transparency*, XIV International Symposium SymOrg 2014: New Business Models and Sustainable Competitiveness, Zlatibor, 2014, pp. 642-649, (ISBN: 978-86-7680-295-1), **M33**.
- 2.11 Ćirović, M., Delibašić, B., Petrović, N., Makajić-Nikolić, D. & **Milenković, N.**: *A ski Slopes Injury Risk Evaluation based on FMEA method*, 33<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development, Portorož, Slovenia 2014, **M34**.
- 2.12 Totić, S., Đoković, A. & **Milenković, N.**: *Conditional extreme value theory approach in value-at-risk assessment*, XI Balkan Conference on Operational Research – BALCOR 2013, Belgrade/Zlatibor, 2013, pp. 716-723, (ISBN 978-86-7680-285-2), **M33**.
- 2.13 Petrović, N., Jeremić, V., Ćirović, M., Radojičić, Z. & **Milenković, N.**: *Facebook vs. Moodle: what do students really think?* International Conference on Information Communication Technologies in Education – ICICTE 2013, Crete, Greece, pp. 413-421, (ISBN 978-99957-0-533-6), **M33**.
- 2.14 **Milenković, N.**, Đoković, A., Milenković, J., Milanović, N. & Vukmirović, D.: *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**.
- 2.15 Petrović, N., Petrović, D., Jeremić, V., **Milenković, N.**, & Ćirović, M.: *Possible educational use of facebook in higher environmental education*, International Conference on Information Communication Technologies in Education – ICICTE 2012, Rhodes, Greece, pp. 355-362, (ISBN 978-99957-0-244-1), **M33**.
- 2.16 **Milenković, N.**, Đoković, A. & Radojičić, Z.: *A statistical approach to efficiency of elementary school education in Serbia*, XIII International Symposium SymOrg 2012: Innovative Management and Business Performance, Zlatibor, 2012, pp. 549-553, (ISBN: 978-86-7680-255-5), **M33**.

### 3. Часописи националног значаја (Категорија M50):

- 3.1 Petrovic, N., Snider, A., Ćirović, M., & **Milenković, N.**: *Debate in Education for Sustainable Development*, Management: Journal for Theory and Practice Management, Vol. 65, pp. 33-39, 2012 (ISSN: 0354-8635), **M51**.

### 4. Зборници скупова националног значаја (Категорија M60):

- 4.1 Jerkić, N., Poledica, A., Rakićević, A., & **Milenković, N.**: *Uticaj izuzetaka u podacima na performanse neuronskih mreža: predviđanje indeksa korisnosti košarkaša*, SYM-OP-IS 2018, Zlatibor, pp. 203-208, (ISBN: 978-86-403-1567-8), **M63**.
- 4.2 **Milenković**, Borojević, T., Maletić, M., Stanojević, K., Đoković, A., Radaković J.A., & **Milenković, N.**: *Uloga mladih u zaštiti životne sredine i održivosti lokalne zajednice*, SYM-OP-IS 2017, Zlatibor, pp. 466-470, (ISBN: 978-86-7488-135-4), **M63**.
- 4.3 **Milenković, N.**, Đoković, A., Savić G., Jovanović Milenković, M., & Martić M.: *Merenje socio-ekonomske razvijenosti zemalja Evropske unije – multivarijacioni pristup*, SYM-OP-IS 2016, Tara, pp. 611-614, (ISBN: 978-86-335-0535-2), **M63**.
- 4.4 **Milenković, N.**, Đoković, A., Parežanin, M., Kalaba, P., & Vukmirović, D.: *Strategija Evropa 2020 i glavni indikatori razvoja Evropske Unije*, SYM-OP-IS 2015, Srebrno jezero, pp. 560-563, (ISBN: 978-86-80593-55-5), **M63**.
- 4.5 **Milenković, N.**, Đoković, A., Totić, S., & Radojičić, M.: *Bruto Drustveni Proizvod i Bruto Nacionalni Dohodak kao indikatori ekonomskog razvoja*, SYM-OP-IS 2014, Divčibare, pp. 14-18, (ISBN: 978-86-7395-325-0), **M63**.
- 4.6 Radojičić, M., **Milenković, N.**, Totić, S., Bjelić, A & Đoković, A.: *Statistička analiza performansi fudbalskih timova*, SYM-OP-IS 2013, Zlatibor, pp. 845-850, (ISBN: 978-86-7680-286-9), **M63**.
- 4.7 **Milenković, N.**, Đoković, A., Dobrota, M., Bulajić, M. & Jeremić, V.: *Multivarijacioni pristup merenju stanja zdravstvenih sistema u MENA zemljama*, SYM-OP-IS 2012, Tara, pp. 609-612, (ISBN: 978-86-7488-086-9), **M63**.
- 4.8 Dobrota, M., **Milenković, N.**, Jeremić, V. & Đoković, A.: *Primena neuronskih mreža u određivanju stepena ekonomske razvijenosti zemalja*. SPIN 2011, Beograd, pp. 547-553, (ISBN 978-86-7680-244-9), **M63**.
- 4.9 **Milenković, N.**, Jeremić, V., Đoković, A. & Dobrota, M.: *Statistički pristup merenju socio-ekonomske razvijenosti MENA zemalja*. SPIN 2011, Beograd, pp. 554-559, (ISBN 978-86-7680-244-9), **M63**.

Рад „A Ski Slopes Injury Risk Evaluation based on FMEA method“ проглашен је за најбољи рад на конференцији „33<sup>th</sup> International Conference on Organizational Science Development“, Portorož, Slovenia 2014.

### 1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Немања Миленковић је завршио основне академске студије и мастер академске студије на Факултету организационих наука, Универзитет у Београду. На докторским

академским студијама Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, положио је свих девет испита предвиђених планом и програмом студија. Од завршетка основних студија, ангажован је на Факултету као стручни сарадник, затим као сарадник у настави, а сада као асистент за ужу научну област Рачунарска статистика. Ангажован је на предметима које реализује Лабораторија за статистику, која је део Катедре за операциона истраживања и статистику.

Узимајући у обзир резултате остварене током досадашњег образовања, резултате објављених научних радова, као и радно искуство кандидата, закључује се да је Немања Миленковић у потпуности квалификован за израду докторске дисертације под називом „**Методологија откривања нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору**“.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

**Предмет истраживања** докторске дисертације биће развој нове методологије за откривање нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору. Посебна пажња ће бити посвећена употреби Ивановићег одстојања као мултиваријационе методе и његове могућности за откривање нестандардних опсервација. Ради постизања успешнијег резултата у откривању нестандардних опсервација, развиће се методе за идентификацију статистички значајних индикатора имплементацијом процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедуре “корак по корак” у методологији формирања Ивановићевог одстојања.

Идентификација нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору је подједнако важна као и њихова идентификација у једнодимензионом простору (Barnet & Lewis, 1994). Овај тип опсервација може довести до погрешног израчунавања параматара узорака, а самим и тим лоше процене параметара популације. Откривање нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору се најчешће спроводи коришћењем Махаланобисовог одстојања. Ово одстојање има честу примену и у откривању правилности у посматраним подацима при спровођењу дискриминационе анализе, када је на основу измерених вредности на узорку, нову опсервацију потребно класификовати неку од две групе са што мањим степеном грешке. Још једна од метода која се често користи при идентификацији мултиваријационих нестандардних опсервација је Куково одстојање (Cook, 1997) које служи за процену утицаја појединачних опсервација при спровођењу методе најмањих квадрата у вишеструкој линеарној регресији (Kannan & Manoj, 2015). Потенцијалне нестандардне опсервације се могу идентификовати израчунавањем одговарајућих утицајних вредности (Rousseeuw & van Zomeren, 1990).

Дефиниција нестандардних опсервација често зависи од претпоставки везаних за структуру прикупљених података и метода за њихово откривање. Може се рећи да се неке дефиниције сматрају довољно општим да би се могле применити на различите типове података и статистичких метода. Једна од тих дефиниција је да је нестандардна опсервација заправо опсервација која толико одступа од осталих да изазва сумњу да је генерисана неким другачијим механизмом (Hawkins, 1980). Барнет и Луис (1994) дефинишу нестандардну опсервацију како ону чије вредности посматраних променљивих значајно одступају од вредности за преостале опсервације из посматраног скупа. Још једна дефиниција нестандардне опсервације је да она представља опсервацију која је на неки начин неконзистентна са преосталим опсервацијама из посматраног скупа (Kovačić, 1994).

Ова докторска дисертација се бави превазилажењем проблема идентификације нестандардних опсервација у  $k$ -димензионом простору коришћењем методе Ивановићевог одстојања. Ивановић (Ivanović & Fanchette, 1973) је ову методологију осмислио за рангирање земаља на основу њиховог нивоа социо-економског развоја, измереног коришћењем неколико индикатора. У циљу стварања синтетизованог индикатора развоја, одабрани индикатори су

сублимирани у једну вредност, која ће након тога представљати ранг земље. Примене методе Ивановићевог одстојања су бројне. Коришћена је при рангирању најбољих светских универзитета (Jeremić et al., 2011a; Jovanović et al., 2012), мерењу индекса људског развоја и одрживости (Jeremić et al., 2011b; Radojičić et al., 2012), испитивању ИКТ инфраструктуре (Jeremić et al., 2011c; Jeremić et al., 2011d; Dobrota et al., 2012) мерењу развијености здравствених система земаља (Al-Lagilli et al., 2011; Jeremić et al., 2011e; Jeremić et al., 2012; Seke et al., 2013). Ивановићево одстојање је такође коришћено у мерењу социо-економске развијености земаља Блиског Истока и Северне Африке (Milenković et al., 2014).

За одређени вектор индикатора  $X^T = (X_1, X_2, \dots, X_k)$  изабраних да репрезентују ентитете (земље које се рангирају), Ивановићево одстојање између две опсервације се дефинише као:

$$D(r, s) = \sum_{i=1}^k \frac{|d_i(r, s)|}{\sigma_i} \prod_{j=1}^{i-1} (1 - r_{j i, 12 \dots j-1})$$

где је  $d_i(r, s)$  одстојање између вредности индикатора  $X_i$  ентитета  $e_r$  и  $e_s$ , тј. дискриминациони ефекат,  $\sigma_i$  стандардна девијација за  $X_i$ , а  $r_{j i, 12 \dots j-1}$  је парцијални коефицијент корелације између  $X_i$  и  $X_j$ , ( $j < i$ ). Рачунање вредности Ивановићевог одстојања је итеративно и врши се кроз неколико етапа. Прво се израчунава вредност дискриминационог ефекта за индикатор  $X_1$  (најважнији индикатор, онај који пружа највећу количину информација о посматраној појави). Након тога се додаје вредност дискриминационог ефекта индикатора  $X_2$  који није покривен индикатором  $X_1$ , па се процедура понавља за све индикаторе.

Коришћењем израчунатог Ивановићевог одстојања може се пратити интензитет посматраног вишедимензионог проблема. Осим тога, добијени резултати се могу користити за испитивање значајности индикатора укључених у анализу, односно за њихову селекцију и/или елиминацију. У те сврхе, користе се коефицијенти корелације сваког од индикатора са израчунатим Ивановићевим одстојањем, као и њихове статистичке значајности. Полази се од претпоставке да коефицијент корелације сваког од индикатора пружа информацију о томе колико је индикатор важан у испитивању посматраног комплексног проблема. Већа вредност коефицијента корелације са израчунатим Ивановићевим одстојањем означава бољу повезаност индикатора и самим тим његову већу дискриминациону моћ. У циљу одабира само оних индикатора који имају статистички значајан коефицијент корелације базиран на Фишеровој F статистици, са израчунатим Ивановићевим одстојањем, потребно је постепено искључивати један по један посматрани индикатор. Када се искључи индикатор са најнижим коефицијентом корелације (који није статистички значајан), Ивановићево одстојање се поново рачуна коришћењем свих преосталих индикатора. Овај процес искључивања индикатора се понавља до тренутка када сви посматрани индикатори буду имали статистички значајан коефицијент корелације са израчунатим Ивановићевим одстојањем.

Идеја ове дисертације је у формирању статистике која ће се користити у одлучивању о томе који су индикатори статистички значајни у анализи посматраног вишедимензионог проблема. Претпоставка је да откривене нестандартне опсервације на оригиналном скупу индикатора неће бити исте као нестандартне опсервације идентификоване на скупу оних индикатора који су издвојени као статистички значајни за посматрани вишедимензиони проблем.

**Циљ истраживања** је да се прошири област примене Ивановићевог одстојања кроз формирање нове методологије за откривање нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору. Поред наведеног, проблематика смањивања димензија простора, која са базира на избору статистички значајних индикатора применом процедура за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора, биће спроведена кроз методологију Секвенцијалног Ивановићевог одстојања. Тиме ће се проширити знање о Ивановићевом одстојању, како са становишта смањивања димензија проблема, тако и у откривању опсервација које у једнодимензионом

простору нису препознате као нестандардне, док у мултидимензионом простору могу представљати значајну нестандардну опсервацију.

Почетна листа библиографских извора која ће се користити приликом израде докторске дисертације:

1. Acuna, E., & Rodriguez, C. A. (2004). Meta Analysis Study of Outlier Detection Methods in Classification. *Proceedings IPSI 2004*, Venice.
2. Al-Lagilli, S., Jeremic, V., Seke, K., Jeremic, D., & Radojicic, Z. (2011). Evaluating the health of nations: a Libyan perspective. *Libyan Journal of Medicine* 6, 1-2.
3. Alqallaf, F., Van Aelse, S., Yohai, V., & Zamar H.R. (2009). Propagation of outliers in multivariate data. *The Annals of Statistics*, 37(1), 311-331.
4. Algur, S. P., & Biradar, J. G. (2017). Cooks Distance and Mahanabolis Distance Outlier Detection Methods to identify Review Spam, *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 6(6), 21638-21649.
5. Anderson, T. W. (1966). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis (7th edition)*. London: John Wiley and Sons.
6. Bain, L., & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to probability and mathematical statistics (2nd edition)*. Duxbury Classic series.
7. Bakon, M., Oliveira, I., Perissin, D., Sousa, J.J. & Papco, J. (2017). A Data Mining Approach for Multivariate Outlier Detection in Post-Processing of Multi-Temporal InSAR Results. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(6), 2791-2798.
8. Barnett, V., & Lewis, T. (1994). *Outliers in statistical data (3rd edition)*. New York: John Wiley & Sons.
9. Bauder, A. R., & Khoshgoftaar, M. T. (2017). Multivariate outlier detection in medicare claims payments applying probabilistic programming methods. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 17, 256–289.
10. Bogl, M., Filzmoser, P., Gschwandtner, T., Lammarsch, T., Leite, R. A., Miksch, S., & Rind, A. (2017). Cycle Plot Revisited: Multivariate Outlier Detection Using a Distance-Based Abstraction. *Computer Graphics Forum*, 36(3), 227-238.
11. Breretona, R. G., & Lloyd, G. R. (2016). Re-evaluating the role of the Mahalanobis distance measure. *Journal of Chemometrics*, 30, 134–143.
12. Bulajić, M. (2002). *Geodemografski model tržišnog prostora Srbije. Doktorska disertacija*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
13. Bulajic, M., Jeremic, V., Knezevic, S., & Zarkic-Joksimovic, N. (2013). A Statistical Approach to Evaluating Efficiency of Banks. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 26(4), 91–100.
14. Cao, N., Lin, Y.R., Gotz, D., & Du, F. (2018). Z-Glyph: Visualizing outliers in multivariate data. *Information Visualization*, 17(1), 22–40.
15. Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2006). *Regression Analysis by Example (4th edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
16. Cook, R. D. (1977). Detection of influential observation in linear regression. *Technometrics*, 19(1), 15–18.
17. Cook, R. D. (1998). *Regression Graphic: Ideas for Studying Regression through Graphics*. New York: John Wiley & Sons.
18. Cracolici, M.F., Cuffaro, M., & Nijkamp, P. (2010). The Measurement of Economic, Social and Environmental Performance of Countries: A Novel Approach. *Social Indicators Research*, 95, 339-356.

19. Dastjerdi, R.B., & Isfahani, R.D. (2011). Equity and economic growth, a theoretical and empirical study: MENA zone. *Economic Modelling*, 28, 694–700.
20. De Maesschalck, R., Jouan-Rimbaud, D. & Massart, D. L. (2000). The Mahalanobis distance. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 50(1), 1–18.
21. Dempster, A. P. 1969. *Elements of Continuous Multivariate Analysis*. Reading: Addison-Wesley.
22. Dixon, W. J. (1973). *BMD Biomedical computer programs*. Los Angeles: University of California.
23. Dobrota, M. M. (2018). *Statistički pristup definisanju zone osetljivosti u metodama daljinskog uzorkovanja. Doktorska disertacija*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
24. Dobrota, M. M., & Dobrota, M. P. (2016). ARWU ranking uncertainty and sensitivity: What if the award factor was Excluded? *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(2), 480–482.
25. Dobrota, M. P. (2013). *Statistički pristup formiranju kompozitnih indikatora zasnovan na Ivanovićevom odstojanju. Doktorska disertacija*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
26. Dobrota, M. P., Jeremić, V. & Marković, A. (2012). A new perspective on the ICT Development Index. *Information Development*, 28(4), 81-85.
27. Dobrota, M. P., Martić, 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.
28. Dobrota, M. P., 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.
29. Dovoedo, Y. H., & Chakraborti, S. (2015). Boxplot-Based Outlier Detection for the Location-Scale Family. *Communications in statistics-simulation and computation*, 44(6), 1492-1513.
30. Đoković, A. (2013). *Strukturna korelaciona analiza u interpretaciji vektorskih koeficijenata korelacije. Doktorska disertacija*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
31. Filzmoser, P., Garrett, G.R., & Reimann, C. (2005). Multivariate outlier detection in exploration geochemistry. *Computers & Geosciences*, 31, 579–587.
32. Fisher, R. A. (1936). The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7, 179-188.
33. Giménez, E., Crespi, M., Garridoa, M.S., & Gil, A.J. (2012). Multivariate outlier detection based on robust computation of Mahalanobis distances. Application to positioning assisted by RTK GNSS Networks, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16, 94–100.
34. Gordon, R. A. (2015). *Regression analyses for the social sciences (2nd edition)*. New York: Routledge.
35. Hadi, A. S. (1992). Identifying multiple outliers in multivariate data. *Journal of the Royal Statistical Society B*, 54, 761-771.
36. Hawkins, D. (1980). *Identification of Outliers*. Chapman and Hall.
37. Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression (3rd edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons.
38. IBM Corporation (2013). *IBM SPSS Statistics 22 Algorithms*.

39. Ivanović, B. (1956). Projekat za klasifikaciju srezova FNRJ prema stepenu ekonomske razvijenosti. *Statistička revija*, 4, 287-297.
40. Ivanović, B. (1962). Struktura I-odstojanja između statističkih skupova. *Statistička revija*, 1, 1-14.
41. Ivanović, B. (1963). *Diskriminaciona analiza – sa primenom u ekonomskim istraživanjima*. Beograd: Institut za ekonomska istraživanja.
42. Ivanović, B. (1969). Neke dopune u vezi sa određivanjem I-odstojanja. *Statistička revija*, 4, 297-300.
43. Ivanović, B. (1972). Klasifikacija i izbor statističkih obeležja. *Statistička revija*, 1-2, 63-74.
44. Ivanović, B. (1972). Klasifikacija skupa objekata prema stepenu sličnosti sa primenom u razradi tipologije zemalja prema njihovom socio-ekonomskom profilu. *Statistička revija*, 1-2, 115-127.
45. Ivanović, B. (1973). *A method of establishing a list of development indicators*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
46. Ivanović, B., & Fanchette, S. (1973). *Grouping and ranking of 30 countries of Sub-Saharan Africa, two distancebased methods compared*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
47. Ivanović, B. (1975). Socio-ekonomski nivoi i profil razvijenih zemalja i zemalja u razvoju u 1970. godini. *Statistička revija*, 3-4, 183-198.
48. Ivanović, B. (1977). *Teorija klasifikacije*. Beograd: Institut za ekonomiku industrije.
49. Ivanović, B. (1978). Mere sličnosti vezane za jednu klasifikaciju. *Statistička revija*, 1-2, 48-62.
50. Ivanović, B. (1979). Određivanje značajnosti kriterijuma razvijenosti pomoću metode I-odstojanja. *Statistička revija*, 3-4, 276-280.
51. Ivanović, B. (1981). Problemi statističkih selekcija kod određivanja grupe najslabijih elemenata jednog skupa. *Statistička revija*, 1-2, 47-59.
52. Ivanović, B. (1982). Primena I-korelacije u metodologiji I-odstojanja i nov način određivanja redosleda indikatora prema stepenu značajnosti. *Statistička revija*, 3-4, 189-203.
53. Ivanović, B. (1988). Grupisanje obeležja preko metoda automatske klasifikacije. *Statistička revija*, 1-2, 11-20.
54. Jednak, S., Kragulj, D., & Bulajic, M. (2018). A comparative analysis of development in Southeast European countries. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(1), 253–270.
55. Jeremić, V., Bulajić, M., Martić, M., & Radojičić, Z. (2011). A fresh approach to evaluating the academic ranking of world universities. *Scientometrics*, 87(3), 587-596.
56. Jeremić, V., Išlamović, S., Petrović, N., Radojičić, Z., Marković, A., & Bulajić, M. (2011). Human development index and sustainability: What's the correlation? *Metalurgia International*, 16(7), 63-67.
57. Jeremić, V., Vukmirović, D., Radojičić, Z., & Đoković, A. (2011). Towards a framework for evaluating ICT infrastructure of countries: a Serbian perspective. *Metalurgia International*, 16(9), 15-18.
58. Jeremić, V., Marković, A., & Radojičić, Z. (2011). ICT as crucial component of socio-economic development. *Management*, 16(60), 5-9.
59. Jeremić, V., Seke, K., Radojičić, Z., Jeremić, D., Marković, A., Slović, D., & Aleksić, A. (2011). Measuring health of countries: a novel approach. *HealthMED*, 5(6), 1762-1766.
60. Jeremić, V. (2012). *Statistički model efikasnosti zasnovan na Ivanovićevom odstojanju*. *Doktorska disertacija*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.

61. Jeremić, V., Bulajić, M., Martić, M., Marković, A., Savić, G., Jeremić, D., & Radojičić, Z. (2012). An Evaluation of European Countries Health Systems through Distance Based Analysis. *Hippokratia*, 16(2), 170-174.
62. Jovanović, M., Jeremić, V., Savić, G., Bulajić, M., & Martić, M. (2012). How does the normalization of data affects the ARWU ranking? *Scientometrics*, 93(2), 319-327.
63. Kannan, K. S., & Manoj, K. (2015). Outlier Detection in Multivariate Data. *Applied Mathematical Sciences*, 47(9), 2317 – 2324.
64. Kar, M., Nazlioglu, S., & Agir, H. (2011). Financial development and economic growth nexus in the MENA countries: Bootstrap panel granger causality analysis. *Economic modelling*, 28, 685-693.
65. Kosinski, S.A. (1999). A procedure for the detection of multivariate outliers. *Computational Statistics & Data Analysis*, 29, 145-161.
66. Kovačić, Z. (1994). *Multivarijaciona analiza*. Beograd: Ekonomski fakultet.
67. Kovačić, Z. (1995). *Analiza vremenskih serija*. Beograd: Ekonomski fakultet.
68. 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.
69. Liu H., Shah S., & Jiang W. (2004). On-line outlier detection and data cleaning. *Computers and Chemical Engineering*, 28, 1635–1647.
70. Mahalanobis, P. C. (1930). On tests and measures of groups divergence. *Journal of Asiatic Sociology of Bengal*, 26, 541–588.
71. Mahalanobis, P. C. (1936). On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 2, 49-55.
72. Majewska, J. (2015). Identification of multivariate outliers – problems and challenges of visualization methods. *Economic Studies*, 247, 69-83.
73. 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.
74. Momirović, K., Knežević, G., Bogdanović, M., & Tenjović, L. (1996). On some features of Ivanovic spaces. *Analiza grupisanja* 2, 1-19. Beograd, Savezni zavod za statistiku.
75. Morrison, D. F. (1976). *Multivariate statistical methods*. New York: McGraw-Hill.
76. Myers, J. H., & Mullet, G. M. (2003). *Managerial Applications of Multivariate Analysis in Marketing*. Chicago: American Marketing Association.
77. 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.
78. Pena, D., & Prieto, J.F. (2001). Multivariate Outlier Detection and Robust Covariance Matrix Estimation. *Technometrics*, 43(3), 286-310.
79. Penny K. I., & Jolliffe I. T. (2001). A comparison of multivariate outlier detection methods for clinical laboratory safety data. *The Statistician*, 50(3), 295-308.
80. Radojičić, Z. (2001). *Statističko merenje intenziteta pojava*. Magistarski rad, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
81. Radojičić, Z. (2007). *Statistički model ocenjivanja na subjektivno procenjenim karakteristikama*. Doktorska disertacija, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.
82. Radojicic, Z., & Jeremic, V. (2012). Quantity or quality: What matters more in ranking higher education institutions. *Current Science*, 103(2), 158-162.
83. Radojičić, Z., Išlamović, S., Petrović, N., & Jeremić, V. (2012). A novel approach to evaluating sustainable development. *Problemy Ekorozwoju*, 7, 81–85.

84. Rao, C. R. (1965). The Use and Interpretation of Principal Component Analysis in Applied Research. *Sakhya - Series A*, 26, 329-358.
85. Rao, C. R. (1995). *Linear models: Least squares and alternatives (2nd edition)*. New York: Springer.
86. Rencher, A. C., & Schaalje, G. B. (2008). *Linear models in statistics (2nd edition)*. New York: John Wiley & Sons.
87. Ro, K., Zou, C., & Wang, Z. (2015). Outlier detection for high-dimensional data. *Biometrika*, 102(3), 589-599.
88. Rocke, M.D., & Woodruff, D.L. (1996). Identification of Outliers in Multivariate Data. *Journal of the American Statistical Association*, 435(91), 1047-1061.
89. Rousseeuw, P. J., & van Zomeren, B. C. (1990). Unmasking Multivariate Outliers and Leverage Points. *Journal of the American Statistical Association*, 85, 633-639.
90. Sarkar, S. K., Midi, H., & Rana, S. (2011). Detection of outliers and influential observations in binary logistic regression: an empirical study. *Journal of Applied Sciences*, 11(1), 26-35.
91. Seke, K., Petrovic, N., Jeremic, V., Vukmirovic, J., Kilibarda, B., & Martic, M. (2013). Sustainable development and public health: rating European countries. *BMC Public Health*, 13, 1-7.
92. Searle, S. R. (1971). *Linear models*. New York: John Wiley & Sons.
93. Shiffler, R. E. (1988). Maximum Z-Score and outliers. *The American Statistician*, 42(1), 79-80.
94. Stapleton, J. H. (1995). *Linear statistical models*. New York: John Wiley & Sons.
95. Stevens, J. P. (1984). Outliers and influential data points in regression analysis. *Psychological Bulletin*, 95(2), 334-344.
96. Sutter, J. M., & Kalivas, J. H. (1993). Comparison of forward selection, backward elimination, and generalized simulated annealing for variable selection. *Microchemical Journal*, 47, 60-66.
97. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics (5th edition)*. Boston: Pearson Education, Inc.
98. Tatsuoka, M. M. (1971). *Multivariate analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
99. Thennadil, N.S., Dewar, M., Herdsman, C., Nordon, A., & Becker, E. (2018). Automated weighted outlier detection technique for multivariate data. *Control Engineering Practice*, 70, 40-49.
100. Thompson, B. (1995). Stepwise regression and stepwise discriminant analysis need not apply here: a guidelines editorial. *Education and Psychological Measurement*, 55(4), 525-534.
101. Timm, H.N. (2002). *Applied Multivariate Analysis*. Springer-Verlag, New York.
102. Todeschini, R., Ballabio, D., Consonni, V., Sahigara, F., & Filzmoser, P. (2013). Locally centred Mahalanobis distance: A new distance measure with salient features towards outlier detection. *Analytica Chimica Acta*, 787, 1-9.
103. Truett, J., Cornfield, J., & Kannel, W. (1967). A multivariate analysis of the risk of coronary heart disease in Framingham. *Journal of Chronic Diseases*, 20, 511-524.
104. Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Addison-Wesely.
105. Vuković, N. & Bulajić, M. (2014). *Osnove statistike*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka.
106. Weisberg, S. (2005). *Applied linear regression (3rd edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons.
107. Zorić, A., & Momirović, K. (1998). Metod multivarijantne regresijske analize s konzistentnim linearnim ograničenjima. *Statistička revija*, 1998 (I).

### 3. Полазне хипотезе

На основу дефинисаних проблема и циља истраживања формиране су следеће хипотезе:

#### Општа хипотеза:

- Могуће је извршити идентификацију мултиваријационих нестандартних опсервација коришћењем методологије Ивановићевог одстојања кроз процедуре за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора.

#### Посебне хипотезе

- Могуће је имплементирати процедуре, засноване на Ивановићевом одстојању, за постепену селекцију индикатора, постепену елиминацију индикатора, као и процедуру „корак по корак“.
- Коришћењем Ивановићевог одстојања и дефинисаних процедура за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора могуће је идентификовати статистички значајне индикатора за посматрани проблем.
- Идентификација нестандартних опсервација кроз Ивановићево одстојање коришћењем дефинисаних процедура за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора може омогућити проналажење карактеристичних опсервација у  $k$ -димензионом простору, као и детаљнији увид у структуру података посматраног проблема.

### 4. Научне методе истраживања

У овој докторској дисертацији ће бити разматране и примењене постојеће методе за идентификацију једнодимензионих и вишедимензионих нестандартних опсервација, као и методе за откривање статистички значајних индикатора у анализи мултиваријационих проблема.

У докторској дисертацији ће, поред наведених, бити примењене следеће методе истраживања: методе дескриптивне анализе, методе индукције-дедукције, методе анализе и синтезе и методе компаративне анализе. Поред општих метода истраживања, користиће се и посебне статистичке методе које произилазе из формулисаног предмета и циља истраживања: методе мултиваријационе анализе, корелациона анализа, Фишерава статистика, метода Ивановићевог одстојања, као и метода Махаланобисовог одстојања.

Могућност примене предложене методологије за откривање вишедимензионих нестандартних опсервација ће бити приказана на реалним примерима и подацима, уз коришћење савремених статистичких пакета.

### 5. Очекивани научни допринос

Очекивани допринос овог рада се огледа у прегледу постојећих метода за идентификацију нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору, као и предлогу новог методолошког оквира за откривање нестандартних опсервација. Главни допринос овог рада је формирање методологије Секвенцијалног Ивановићевог одстојања у циљу идентификације нестандартних опсервација, као и дефинисање процедура за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора ради смањивања димензије посматраног проблема.

Нова метода откривања нестандартних опсервација би требало да омогући идентификацију латентних нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору. Осим тога, процедуре за

постепену селекцију и/или елиминацију индикатора засноване на Ивановићевом одстојању се могу користити за испитивање статистичке значајности сваког од индикатора који учествује у мерењу и испитивању посматраног вишедимензионог проблема. Овако дефинисана метода може се користити у анализи различитих вишедимензионих проблема из области природних и друштвених наука.

У складу са наведеним, очекивани резултати докторске дисертације су следећи:

- Евалуација постојећих метода за откривање једнодимензионих и вишедимензионих нестандартних опсервација;
- Детаљан приказ мултиваријационих статистичких метода које се користе у циљу редукције вишедимензионих проблема;
- Развој и имплементација Секвенцијалног Ивановићевог одстојања кроз дефинисање процедура за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора и процедуре „корак по корак“.
- Коришћење методологије Секвенцијалног Ивановићевог одстојања у циљу идентификовања вишедимензионих нестандартних опсервација.
- Верификација добијених резултата кроз практичну примену предложене методологије и публиковане научне радове.

## **6. План истраживања и структура рада**

План истраживања обухвата преглед постојеће литературе и метода за откривање једнодимензионих и вишедимензионих нестандартних опсервација, као и формирање новог методолошког оквира за идентификацију поменутих опсервација коришћењем методологије Ивановићевог одстојања и дефинисаних процедура за постепену селекцију и/или елиминацију индикатора. Осим наведеног, пажња ће бити посвећена и мултиваријационим статистичким методама за редукцију димензије проблема.

У уводном поглављу биће описан предмет и циљ истраживања докторске дисертација, наведене полазне хипотезе и методе истраживања. У наредном поглављу, биће описане методе мултиваријационе анализе које се користе при редукцији димензије проблема, као и методе које користе постепено укључивање и/или искључивање индикатора из анализе кроз тестирање њихове статистичке значајности.

У трећем поглављу биће објашњен концепт нестандартних опсервација и проблеми који се појављују при њиховом дефинисању и идентификовању. Након тога, биће приказане методе за откривање униваријационих и мултиваријационих нестандартних опсервација. У наредном поглављу биће дат детаљан опис методологије Ивановићевог одстојања, као и њене досадашње примене.

Пето поглавље ће чинити тежиште докторске дисертације. У њему ће бити дефинисане процедуре, базиране на Ивановићевом одстојању, за постепену елиминацију индикатора, постепену селекцију индикатора, као и процедура „корак по корак“. Након тога, израчунато Ивановићево одстојање ће бити коришћено у циљу откривања мултиваријационих нестандартних опсервација. У шестом поглављу ће бити урађене детаљне студије случајева на практичним примерима.

Последње поглавље ће се односити на закључна разматрања и научни допринос, као и на могуће правце даљих истраживања. Након тога ће бити дат списак коришћене литературе и одговарајући прилози.

Оквирно, структуру докторске дисертације сачињавала би следећа поглавља:

## **1. Увод**

- 1.1. Дефинисање предмета истраживања
- 1.2. Циљеви истраживања
- 1.3. Полазне хипотезе
- 1.4. Методологија истраживања
- 1.5. Структура и организација рада

## **2. Мултиваријациона анализа**

- 2.1. Регресиона анализа
- 2.2. Дискриминациона анализа
- 2.3. Анализа главних компоненти
- 2.4. Факторска 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 Ивановићевог одстојања
- 4.2. Квадратно Ивановићево одстојање
- 4.3. Нормирано Ивановићево одстојање
- 4.4. Структурно Ивановићево 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“
- 5.4. Откривање нестандартних опсервација коришћењем секвенцијалног Ивановићевог одстојања

## **6. Студија примера**

## **7. Закључак**

## **8. Литература**

## **7. Закључак и предлог**

Из изложеног се може закључити да кандидат Немања Миленковић поседује неопходне истраживачке и професионалне квалификације за успешан рад на докторској дисертацији и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Методологија откривања нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору“.

Предложена тема докторске дисертације по предмету истраживања, садржају и очекиваним доприносима представља значајно подручје истраживања, како са теоријског, тако и са аспекта примене у пракси, у области Техничких наука, ужа научна област Рачунарска статистика.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертација предлага Наставно-научном већу Факултета организационих наука, Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације под насловом „Методологија откривања нестандартних опсервација у  $k$ -димензионом простору“ и да се за ментора докторске дисертације именује др Зоран Радојичић, редовни професор Факултета организационих 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

---

Доц. др Александар Ђоковић, доцент  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

---

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

Београд, 29.11.2018.