

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације: **РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА СЕЛЕКЦИЈУ АДЕКВАТНОГ МОДЕЛА ПРОЦЕСА НА ОСНОВУ СТРУКТУРЕ УЛАЗНИХ ПОДАТАКА**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Др Иван (Ненад) Михајловић

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: **Технички факултет у Бору**

3. Година дипломирања: **2001.**

4. Назив магистарске тезе кандидата: **Термодинамичка и кинетичка анализа процеса оксидације арсенових сулфида**

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: **Технички факултет у Бору**

6. Година одбране магистарске тезе: **2004.**

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **30.05.2013.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

Nastavno-naučnom veću

Predmet: Izveštaj komisije o prihvatanju teme doktorske disertacije kandidata Ivana Mihajlovića

Odlukom Nastavno – naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru od 25.04.2013. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme za izradu doktorske disertacije kandidata Ivana Mihajlovića pod nazovom „**Razvoj algoritma za selekciju adekvatnog modela procesa na osnovu strukture ulaznih podataka**“. Predložena tema spada u naučno polje Tehničko-tehnoloških nauka i naučnoj oblasti inženjerskog menadžmenta za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovao studijske programe na sva tri nivoa studija. Na osnovu raspoloženog materijala Komisija podnosi sledeći:

I Z V E Š T A J

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Opšti biografski podaci

Kandidat Ivan Mihajlović rođen je 14.03.1973. godine u Zaječaru. U Boru je završio osnovnu i srednju školu. Tehnički fakultet u Boru, studijski program Ekstraktivna metalurgija, završio je 2001. godine. Magistarsku tezu je odbranio 2004. godine, na Tehničkom fakultetu u Boru, na odseku za Ekstraktivnu Metalurgiju. Potom je, 2006. godine, kandidat odbranio doktorsku disertaciju na odseku za Metalurško inženjerstvo, Tehničkog fakulteta u Boru. Tokom 2006. godine kandidat je stekao međunarodni sertifikat - Certified Project Management Associate, IPMA level D (IPMA - International Project Management Association). Nakon završene obuke tokom 2008. godine, kandidat stiče međunarodni sertifikat - HP GET-IT (Graduate Entrepreneurship Training through Information Technologies). Obuka je pokrenuta od Hewlett Packard-a (HP). Cilj obuke je intenzifikacija uvođenja IKT u preduzetništvu. Obuka je organizovana u Cirihi. Potom 2009. godine uspešno završena obuka za Master trenera programa GET-IT pod pokroviteljstvom Hewlett Packard-a (HP) i Micro Enterprise Acceleration Instituta (MEA-I) u Ženevi. Na Tehničkom fakultetu u Boru, Univerziteta u Beogradu, kandidat se zaposlio 1. marta 2001. godine. Dalji tok njegove karijere, odvijao se na sledeći način:

- Istraživač pripravnik (od 01.03.2001.-20.12.2001.),
- 19.12.2001. Dobija uverenje o osposobljenosti pripravnika,
- asistent pripravnik (od 20.12.2001.),

- 06. 12. 2005. izabran za asistenta za užu naučnu oblast Industrijski menadžment. Nakon ovog izbora angažovan je u nastavi na predmetima: Upravljanje proizvodnjom i Upravljanje projektima.

- U zvanje docenta za užu naučnu oblast Industrijski menadžment na Tehničkom fakultetu u Boru, izabran je 24.04.2007. godine.

- U zvanje vanrednog profesora za užu naučnu oblast Industrijski menadžment na Tehničkom fakultetu u Boru, izabran je 27.02.2012. godine. Nakon toga angažovan je u nastavi na sledećim nivoima:

Osnovne – dodiplomske studije: Upravljanje proizvodnjom, Teorija sistema.

Diplomske studije – Master: Logistika

Doktorske studije: Operativni menadžment

1.2. Podaci o magistarskom radu

Kandidat je 2004. godine odbranio mastersku tezu pod nazivom: “Termodinamička i kinetička analiza procesa oksidacije arsenovih sulfida”, na Tehničkom fakultetu u Boru, na odseku za Ekstraktivnu metalurgiju. U okviru magistarske teze kandidat je vršio modelovanje procesa prženja arsenovih sulfida (As_2S_2 i As_2S_5) primenom analitičnih metoda. Na osnovu modela, razvijenog primenom Šarpovog metoda selekcije adekvatne jednačine, vršeno je određivanje kinetičkih parametara razmatranog procesa.

1.3. Spisak objavljenih i saopštenih radova

1.3.1. Rad u vrhunskom časopisu međunarodnog značaja: M21

1. Arsic Milica, Nikolic Djordje, Djordjevic Predrag, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan (2011) Episodes of extremely high concentrations of tropospheric ozone in the urban environment in Bor - Serbia, ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, vol. 45, br. 32, str. 5716-5724. **IF (2011): 3.465**
2. Djuric Isidora, Djordjevic Predrag, **Mihajlovic Ivan**, Nikolic Djordje, Zivkovic Zivan (2010) Prediction of Al_2O_3 Leaching Recovery in the Bayer Process Using Statistical Multilinear Regresion Analysis, JOURNAL OF MINING AND METALLURGY SECTION B-METALLURGY, vol. 46, br. 2, str. 161-169. **IF (2011): 1.294**
3. Zivkovic Zivan D, **Mihajlovic Ivan**, Djuric Isidora, Strbac Nada (2010) Statistical Modeling of the Industrial Sodium Aluminate Solutions Decomposition Process, METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS B-PROCESS METALLURGY AND MATERIALS PROCESSING SCIENCE, vol. 41, br. 5, str. 1116-1122. **IF (2010): 0.974**
4. Nikolic Djordje, Jovanovic Ivan, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan (2009) Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality - An element of environmental management in the vicinity of copper - Smelting complex in Bor, Serbia, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, vol. 91, br. 2, str. 509-515. **IF (2009): 2.367**

1.3.2. Rad u istaknutom međunarodnom časopisu: M22

1. Djuric Isidora, **Mihajlovic Ivan**, Bogdanovic Dejan, Zivkovic Zivan (2010) Modelling the process of kaolinite leaching from a copper mine flotation waste, CLAY MINERALS, vol. 45, br. 1, str. 107-114. **IF (2010): 1.341**
2. Nikolic Djordje, Milosevic Novica, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan, Tasic Visa, Kovacevic Renata, Petrovic Nevenka (2010) Multi-criteria Analysis Of Air Pollution With SO₂ And PM₁₀ In Urban Area Around The Copper Smelter In Bor, Serbia, WATER AIR AND SOIL POLLUTION, vol. 206, br. 1-4, str. 369-383. **IF (2010): 1.765**

1.3.3. Rad u međunarodnom časopisu: M23

3. Arsic Milica, Nikolic Djordje, Zivkovic Zivan, Urosevic Snezana, **Mihajlovic Ivan** (2012) The effect of TQM on employee loyalty in transition economy, Serbia, TOTAL QUALITY MANAGEMENT & BUSINESS EXCELLENCE, vol. 23, br. 5-6, str. 719-729. **IF (2011): 0.589**
4. Arsic Milica, Nikolic Djordje, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan, Djordjevic Predrag (2012) Monitoring of Ozone Concentrations in the Belgrade Urban Area, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY, vol. 13, br. 4, str. 2057-2067. **IF (2011): 0.102**
5. Smiljanic Radenko, Lazic Dragica, Gligoric Miladin, Jotanovic Milovan, Zivkovic Zivan, **Mihajlovic Ivan** (2011) Modelling the process of Al(OH)₃ crystallization from industrial sodium aluminate solutions using artificial neural networks, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 76, br. 8, str. 1163-1175. **IF (2011): 0.879**
6. Nikolic Djordje, Milosevic Novica, Zivkovic Zivan, **Mihajlovic Ivan**, Kovacevic Renata M, Petrovic Nevenka B (2011) Multi-criteria analysis of soil pollution by heavy metals in the vicinity of the Copper Smelting Plant in Bor (Serbia), JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 76, br. 4, str. 625-641. **IF (2011): 0.879**
7. Madic Biljana, Trujic Vlastimir, **Mihajlovic Ivan** (2011) Project portfolio management implementation review, AFRICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT, vol. 5, br. 2, str. 240-248. **IF (2011): 1.105**
8. Djuric Isidora, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan (2010) Kinetic Modelling of Different Bauxite Types in the Bayer Leaching Process, CANADIAN METALLURGICAL QUARTERLY, vol. 49, br. 3, str. 209-217. **IF (2010): 0.411**
9. **Mihajlovic Ivan**, Strbac Nada D, Balanovic Ljubisa T, Zivkovic Zivan D, Jovanovic A (2010) Numerical modelling of the vacuum degassing process of molten steel with advanced characteristics, OPTOELECTRONICS AND ADVANCED MATERIALS-RAPID COMMUNICATIONS, vol. 4, br. 3, str. 385-389. **IF (2011): 0.477**
10. Djuric Isidora, **Mihajlovic Ivan**, Zivkovic Zivan, Filipovic Radislav (2010) Modeling the Compensation Effect for Different Bauxite Types Leaching in

1.3.4. Kategorisani časopisi nacionalnog značaja: M51, M52 i M53:

1. **Mihajlović Ivan**, Štrbac Nada, Đorđević Predrag, Ivanović Aleksandra, Živković Živan, Technological process modeling aiming to improve its operations management, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 6 (2) (2011) 135 – 144 ISSN: 1452-4864
2. **Mihajlović Ivan**, Nikolić Đorđe, Štrbac Nada, Živković Živan, Statistical modelling in ecological management using the artificial neural networks (ANN), SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 5(1)(2010), 39 – 50, ISSN: 1452-4864.
3. Đorđević Predrag, **Mihajlović Ivan** and Živković Živan, Comparison of linear and nonlinear statistics methods applied in industrial process modeling procedure, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 5 (2) (2010) 189 – 198, ISSN: 1452-4864
4. **Mihajlović Ivan**, Štrbac Nada, Živković Živan, Višekriterijumsko odlučivanje kao koristan alat ekološkog menadžmenta, TEHNIKA, RUD. GEOL. I METAL. 60(2009)4, s.8-12.
5. Živković Živan, **Mihajlović Ivan**, Nikolić Đorđe, Artificial neural network method applied on the nonlinear multivariate problems, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 4 (2) (2009) 137 – 148
6. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Jovanović Aca, Štrbac Nada, Odnos projecta prema portfolio menadžmentu u domaćim organizacijama, PROJEKTNA MREŽA SLOVENIJE, 11 (2), (2008), 10-15. ISSN 1580-0229
7. Rindasy Venera, **Mihajlovic Ivan**, The management of the R&D Team within the Innovative Firm, ROBOTICA AND MANAGEMENET, 13 (1) 2008, pp. 69. ISSN: 1453-2069.
8. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Influence of downsizing on job satisfaction of remaining employees, ANALELE UNIVERSITATII EFTIMIE MURGU, Resita, Romania, Vol. 15, No 1, 2008, pp. 41-47.,Issn: 1548-0972.
9. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Project: GET-IT Serbia, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 3(2) 2008, pp. 223. ISSN: 1452-4864. ISSN: 1452-4864
10. Manasijević Dragan, Živković Dragana, **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Primena metode analitičkog hijerarhijskog procesa u višeatributivnom odlučivanju, TEHNIKA-MENADŽMENT, 58(2008) 3. pp 19-24.
11. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Štrbac Nada, Prvulović Slavica, Inventory Logistics System as The Part of the Supply Chain: A Case Study, STRATEGIC MANAGEMENT 3/2008, Year XIII, September 2008, p. 17-23.
12. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, N. Štrbac i dr., JIT u nabavci i optimalna veličina proizvodne serije, MAŠINSTVO, 56(2007)2, 15-19.
13. **Mihajlović Ivan**, Živković Živan, Štrbac Nada i dr., Using genetic algorithms to resolve facility layout problem, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 2(1)(2007)35-46.

14. Živković Živan, **Mihajlović Ivan**, Prvulović Slavica, Balkanic type of leadership and its characteristics, SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT, 1 (2) (2006) 1 – 7. ISSN: 1452-4864
15. Živković Živan, **Mihajlović Ivan**, Strategijsko upravljanje zalihama u okviru lanaca snabdevanja, STRATEGIJSKI MENADŽMENT, 4(2004)95.

1.3.5. Saopštenja na skupovima

a) Međunarodni skupovi (štampani u celini) :

1. M. Savić, **I. Mihajlović**, P. Đorđević, Đ. Nikolić, Ž. Živković, Applying methods of nonlinear statistics in modeling ozone concentration in ambient air, 2nd International Symposium on Environmental and material Flow Management, Zenica B&H, 7-9 June 2012. pp. 249-254. ISBN: 978-9958-617-46-1.
2. Đ. Nikolić, P. Đorđević, **I. Mihajlović**, Ž. Živković, Modeling and surface observation of SO₂ gas dispersion from copper smelter in Bor, Serbia. 2nd International Symposium on Environmental and material Flow Management, Zenica B&H, 7-9 June 2012. pp. 199 -204. ISBN: 978-9958-617-46-1.
3. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, P. Đorđević, Đ. Nikolić, A. Mitovski, Ž. Živković, Optimization of the process of copper extraction from the flotation waste using factorial experimental design. 2nd International Symposium on Environmental and material Flow Management, Zenica B&H, 7-9 June 2012. pp. 161 -166. ISBN: 978-9958-617-46-1.
4. P. Đorđević, M. Savić, Đ. Nikolić, **I. Mihajlović**, Ž. Živković, The influence of EFQM business excellence model on the employee loyalty. A study on the banking sector in Serbia, International Convention on Quality ICQ 2012, pp. 288 – 293.
5. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, I. Jovanović, Ž. Živković, P. Đorđević, Using linear programming in optimal charge modeling for pyrometallurgical copper production, 5th international symposium on industrial engineering, SIE 2012, pp. 161-164, Belgrade, June 14-15, 2012, ISBN: 978-86-7083-758-4
6. N. Štrbac, **I. Mihajlović**, A. Mitovski, Ž. Živković, Đ. Nikolić, Modelling the process of copper extraction from the nonstandard raw materials using factorial experimental design, 5th international symposium on industrial engineering, SIE 2012, pp. 165-168, Belgrade, June 14-15, 2012, ISBN: 978-86-7083-758-4
7. M. Savić, P. Đorđević, Đ. Nikolić, **I. Mihajlović**, Ž. Živković, Combination of knowledge in the system suppliers-MSP customers in the transitional economy environment in Serbia, 5th international symposium on industrial engineering, SIE 2012, pp. 169-174, Belgrade, June 14-15, 2012, ISBN: 978-86-7083-758-4
8. **I. Mihajlović**, Ž. Živković, B. Banović, Analysis of the nonlinear statistical methodology applicability on modeling the correlation among global macroeconomic parameters, International Days of Statistics and Economics, September 13-15, 2012, Prague, Czech Republic, ISBN: 978-80-86175-79-9
9. Đ. Nikolić, M. Arsić, **I. Mihajlović**, Ž. Živković, P. Đorđević, The examination of SO₂ episodes using back trajectory analysis and surface data in vicinity of copper smelter. The 43th International October Conference on Mining and

- Metallurgy, 12-15. October 2011, Kladovo, Serbia, IOC 2011 Proceedings, pp. 649-652.
10. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, Ž. Živković, Primena veštačkih neuronskih mreža za modelovanje u ekološkim projektima. YUPMA 2010, pp. 352-356. XIV Internacionalni simpozijum iz projektnog menadžmenta, Zlatibor 14-16. Maj 2010. ISBN 978-86-86385-07-9.
 11. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, D. Živković, V. Mihajlović, V. Velinovski, Modelling of management teams influence on business success of the company, 3rd International Business Development Conference 2010, BDC2010 - Economic Policy & Small and Medium Enterprises, Zenica (BiH), 12-13 November 2010, Proceedings .
 12. Ž. Živković, **I. Mihajlović**, Dj. Nikolić, The application of artificial neural networks in the metallurgical industry, 4th International symposium of industrial engineering, Belgrade, 10-11. December, 2009. pp. 166-169. ISBN:978-86-7083-681-5.
 13. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, D. Živković, Ž. Živković: Applying cluster analysis on students job values rating in comparison to entrepreneurs, Serbia, Proceedings of the Business Development Conference 2009 Zenica, BDC 2009 Entrepreneurship & Innovation. Pp.304-320. ISSN 1840 – 4006

b) Nacionalnog značaja (štampani u celini)

1. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, A. Ivanović, Modelovanje tehnoloških procesa u cilju uspešnog operativnog upravljanja, VIII skup privrednika i naučnika, SPIN11, Beograd 01-02. Novembar 2011. ISBN:978-7680-244-9. pp.76-81.
2. Dj. Nikolić, I. Jovanović, **I. Mihajlović**, Ž. Živković, Primena PROMETHEE metode za rangiranje koncentrata bakra po njihovom kvalitetu, kao element poboljšanja formiranja ulazne topioničke šarže. Studija slučaja RTB-Bor, Srbija, Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, 29 - 31 maj 2009, Zaječar, Srbija, 496-505. ISBN: 978-86-80987-67-5
3. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, Ž. Živković, D. Živković, Predviđanje emisije SO₂ primenom veštačkih neuronskih mreža, VII skup naučnika i privrednika, SPIN 09, Operacioni menadžment i globalna kriza, 5 i 6. novembar 2009, pp. 567-574, ISSN:978-86-7680-202-9
4. Ž. Živković, **I. Mihajlović**, Đ. Nikolić, Primena veštačkih neuronskih mreža u industriji, VII skup naučnika i privrednika, SPIN 09, Operacioni menadžment i globalna kriza, 5 i 6. novembar 2009, pp. 581-588, ISSN:978-86-7680-202-9
5. **I. Mihajlović**, N. Štrbac, Ž. Živković, Primana faktorske analize kod proveru hipoteza i klasteringa rezultata, III Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, Jagodina, 2007. str.42.
6. **I. Mihajlović**, A. Jovanović, Ž. Živković, N. Štrbac, Ekološka analiza i modelovanje parametara procesa prženja koncentrata bakra sa povišenim sadržajem arsena, 19. kongres o procesnoj industriji-Procesing 2006, Beograd, 7-9 Jun 2006, str. 67.
7. **I. Mihajlović**, Ž. Živković, N. Štrbac, A. Jovanović, D. Živković, JIT u nabavci i optimalna veličina proizvodne serije, Zbornik radova, II Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, str. 293-300. Jagodina, 2006. ISBN: 86-80987-38-7

8. **I. Mihajlović, Ž. Živković, N. Štrbac, A. Jovanović**, Primena metoda VKO u ekologiji, IV Skup privrednika i naučnika pod nazivom **"Menadžment tehnologije i inovacija - ključni faktor superiornih operacija konkurentnosti"**, str 233. FON, Beograd, 2006. ISBN: 86-7680-096-0
9. **Ž. Živković, I. Mihajlović, I. Đurić**, Primena modela strategijskog upravljanja zalihama u poslovanju fabrike kreča "Zagrade", Zbornik radova, Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, str. 247. Bor, 2005.
10. **I. Mihajlović, Ž. Živković, D. Živković, N. Štrbac, A. Jovanović**, Razvoj novog algoritma za optimizaciju layout-a postrojenja, Zbornik radova, Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, Bor, 2005., str. 297-304.
11. **A. Jovanović, Ž. Živković, I. Mihajlović**, Rešavanje problema rasporeda radnih mesta primenom generičkog algoritma, II Skup privrednika i naučnika: Savremene tendencije u proizvodnji i uslugama u našem društvu, FON Beograd, 2004, Zbornik radova, s. 144.

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu prethodnih činjenica, Komisija konstatuje da kandidat ispunjava formalne uslove za rad na izradi doktorske disertacije kao i naučno-stručne usmerenosti iz oblasti kojoj pripada predložena tema (inženjerski menadžment; modelovanje; opšta teorija sistema) te se ocenjuje podobnim za rad na predloženoj temi. Ove zaključke komisija izvodi na osnovu činjenice da je kandidat odbranio 2004. godine magistarsku tezu na Tehničkom fakultetu u Boru, Univerziteta u Beogradu i stekao zvanje magistra tehničkih nauka čime je stekao pravo da radi doktorsku disertaciju; kao i na osnovu sadržine već publikovanih i saopštenih radova.

2. Predmet i cilj istraživanja

2.1. Predmet istraživanja

Dosadašnja literatura, i pored velike pažnje koja je posvećena problemu modelovanja kompleksnih tehničkih sistema, nije na sistematizovan i metodološki potpun način dala koncept ili algoritam koji na adekvatan način definiše najadekvatniju proceduru za definisanje konačnog modela sistema bazirano na odnosima ulaznih i izlaznih veličina razmatranoga sistema (odziv sistema) kao i na strukturi samoga sistema. Ove činjenice ostavljaju dovoljno prostora za dalja istraživanja u oblasti modelovanja kompleksnih tehničkih sistema.

Uloga modela u prirodnim, društvenim i tehničkim naukama ima poseban značaj. Iako je proces modelovanja kompleksnih tehničkih sistema veoma prisutan u stručnoj literaturi, ne može se još uvek tvrditi da su svi aspekti razvoja matematičkih modela, kao i same procedure modelovanja u potpunosti poznati. Posebno je prisutna činjenica

da se u savremenoj stručnoj praksi sve više teži unifikaciji postojećih načina modelovanja sa akcentom na korišćenju jedinstvene procedure modelovanja bez obzira na tip i strukturu sistema koji se modeluje. Iako je jedan od ciljeva opšte teorije sistema upravo u iznalaženju jedinstvenih zakonitosti kojima je moguće opisivati i proučavati sve sisteme, bez obzira na njihov način postanka ili pojavni oblik, adekvatnost samog procesa modelovanja ipak u velikoj meri zavisi od karaktera ulaznih i izlaznih veličina sistema. Takođe, postoji razlika u proceduri modelovanja u zavisnosti da li su ulazne i izlazne veličine sistema dobijene posmatranjem realnog sistema u regularnom režimu rada ili su generisane eksperimentom koji je unapred planiran i planski organizovan.

Oslanjajući se na rezultate posmatranja ili eksperimentalnog merenja moguće je projektovati model koji odgovara razmatranoj pojavi i na osnovu koga je, metodom simulacije rada sistema, moguće formirati zaključke i obogatiti kako praktična tako i teorijska saznanja o samoj pojavi koja se modeluje. Rukovodeći se ovim zaključcima planiraju se eksperimenti i posmatranja čiji se osnovni zadatak sastoji u potvrdi ili opovrgavanju pretpostavljenih teorijskih rezultata i hipoteza o posmatranom sistemu. Na taj način rezultati posmatranja predstavljaju fundamentalni prilaz u rešavanju velike većine savremenih, akutnih problema prirodnih, društvenih i tehničkih nauka i neraskidivo su povezani sa procesom projektovanja modela. Od karaktera i strukture podataka koji su dobijeni posmatranjem ili eksperimentalnim merenjima na sistemu, koji je objekt proučavanja, u mnogome zavisi najadekvatnija metodologija za izradu konačnog modela koji će u velikoj meri oponašati ponašanje samoga sistema.

Na osnovu literaturnih izvora, u sištini se savremeni metodi modelovanja kompleksnih tehničkih sistema mogu svesti na dva osnovna pojava oblika: *Prvi način* modelovanja (M1) se zasniva na pretpostavci da je matematički model objekta predstavljen u vidu sistema diferencijalnih jednačina. Imajući u vidu kompleksnost i raznolikost objekata modelovanja, najčešće njihovo potpuno opisivanje zahteva veoma složen matematički model objekta izražen nelinearnim parcijalnim diferencijalnim jednačinama. Iz tog razloga se gotovo uvek pristupa delimičnoj ili potpunoj idealizaciji sistema u cilju modelovanja. Stepen idealizacije procesa zavisi od broja i karaktera usvojenih pretpostavki. *U drugom prilazu modelovanju (M2)*, polazeći od eksperimentalno snimljenih funkcionalnih zavisnosti ponašanja realnog objekta u nestacionarnom režimu moguće je korišćenjem različitih vidova identifikacije odrediti matematički model objekta. Kod ovog načina modelovanja, moguće je primeniti analitičke i statističke metode modelovanja. Kod statističkog modelovanja moguće je primeniti linearne i nelinearne statističke metode. Konačna ocena pouzdanosti matematičkog modela, dobijenog bilo primenom metodologije M1 ili metodologije M2, može se samo približno izreći i to na osnovu detaljne analize svih usvojenih pretpostavki i rezultata kojima ishoduje razmatrani model. Stepni vrednosti (valjanosti) modela, dobijeni procenom modela su: Replikativna valjanost (najniži stepen), Prediktivna valjanost i Strukturna valjanost (najviši stepen).

Na osnovu toga, predmet istraživanja koji je tema ove disertacije je upravo u formiranju algoritma koji će rezultovati kreiranjem najadekvatnijih matematičkih modela, koji će opisivati razmatrane kompleksne tehničke procese na nivou prediktivne valjanosti. Pri tome, algoritam će definisati potencijalne načine za izradu finalnih modela na osnovu karaktera i strukture polaznih podataka dobijenih posmatranjem ili eksperimentom na razmatranom sistemu. Ova oblast istraživanja nije dovoljno istražena u savremenoj stručnoj literaturi.

2.2. Ciljevi istraživanja

Polazni cilj istraživanja je da se izvrši analiza dostupne referentne literature iz oblasti modelovanja kompleksnih tehničkih sistema. Potom, na osnovu sprovedene analize o potencijalnim pristupima u modelovanju sistema biće predložen tok izrade finalnih modela u funkciji karaktera i strukture raspoloživih podataka o ispitivanom sistemu ali i samih ulaznih i izlaznih veličina sistema. Kao rezultat navedenog, biće formiran algoritam sa opisanim koracima u selekciji najadekvatnije procedure izrade modela sistema zavisno od karaktera raspoloživih podataka o sistemu. Tako definisan koncept biće testiran na realnim tehničkim sistemima koji će biti odabrani kao objekt modelovanja. Takođe, biće analizirane različitosti u segmentima modelovanja za slučaj realnih sistema kod kojih je vršena akvizicija podataka posmatranjem procesa rada u toku normalnih radnih opreacija i slučaja modelovanja sistema čiji je rad simuliran u eksperimentalnim uslovima. Sam eksperiment biće dizajniran primenom savremenog koncepta faktorskog eksperimentalnog dizajna ili Taguči metode dizajna eksperimenta. Cilj istraživanja na ovoj disertaciji je i da se pokaže kako primena određene kombinacije metoda za definisanje modela kompleksnih tehničkih sistema može formirati algoritam za selekciju najadekvatnije procedure modelovanja u funkciji strukture samoga sistema i odnosa ulazni i izlaznih veličina. Cilj je i da rezultujući algoritam ima svoju praktičnu primenu u optimizaciji realnih industrijskih procesa.

2.3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Polazna literatura koja je podstakla istraživanje i definisanje predmeta istraživanja, je ona koja se odnosi na modelovanje kompleksnih tehničko-tehnoloških procesa, kao i na selekciju procedura za izbor najadekvatnije metode modelovanja na bazi strukture razmatranih sistema ali i karakteristika ulaznih veličina procesa. Neki od korišćenih bibliografskih izvora, ali i bibliografskih izvora koje je publikovao kandidat na osnovu svog prethodnog istraživanja, su:

1. Ž. Živković, I. Mihajlović, I. Đurić, N. Štrbac, Statistical modeling of the industrial sodium aluminate solutions decomposition process, Metallurgical and materials transactions - B, 41 (5), (2010), 1116-1122.
2. I. Đurić, P. Đorđević, I. Mihajlović, Đ. Nikolić and Ž. Živković, Prediction of Al_2O_3 leaching recovery in the Bayer process using statistical multilinear regression analysis, JMM, section B: Metallurgy, 46 (1), (2010), 75- 86.
3. I. Djurić, I. Mihajlović, D. Bogdanović and Ž. Živković, Modelling the process of the kaolinite leaching from a copper mine flotation waste, Clay Minerals. March 2010
4. I. Mihajlović, N. Štrbac, LJ. Balanović, Ž. Živković, A. Jovanović, Numerical modelling of the vacuum degassing process of molten steel with advanced characteristics, Optoelectronics and Advanced Materials – rapid communications, 4 (3), (2010), 385 – 389

5. I. Djurić, I. Mihajlović, Ž. Živković, Kinetic modeling of different bauxite types in the Bayer leaching process, *Canadian Metallurgical Quarterly*, Vol 49, No 3, pp. 209-218, 2010
6. I. Mihajlović, N. Štrbac, Dj. Nikolić, Ž. Živković, Potential metallurgical treatment of the copper concentrates with high arsenic content, *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 111(6), Jun 2011, pp. 409-416
7. N. Štrbac, I. Mihajlović, V. Andrić, Ž. Živković, A. Rosić, Kinetic Investigations of Two Processes for Zinc Recovery from a Zinc Plant Residues, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 50(1)2011, pp. 28-36.
8. R. Smiljanić, D. Lazić, M. Gligorić, M. Jotanović, Ž. Živković, I. Mihajlović, Modeling the process of $\text{Al}(\text{OH})_3$ crystallization from the industrial sodium aluminate solutions using the artificial neural networks, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 76 (8) 1163–1175 (2011)
9. I. Mihajlović, Ž. Živković, N. Štrbac i dr., Using genetic algorithms to resolve facility layout problem, *Serbian Journal of management*, 2(1)(2007)35-46.
10. Ž. Živković, I. Mihajlović, Đ. Nikolić, Artificial neural network method applied on the nonlinear multivariate problems, *Serbian Journal of Management* 4 (2) (2009) 137 – 148
11. I. Mihajlović, Đ. Nikolić, N. Štrbac, Ž. Živković, Statistical modelling in ecological management using the artificial neural networks (ANN), *Serbian Journal of Management*, 5(1)(2010), 39 – 50,
12. P. Đorđević, I. Mihajlović and Ž. Živković, Comparison of linear and nonlinear statistics methods applied in industrial process modeling procedure, *Serbian Journal of Management* 5 (2) (2010) 189 – 198
13. I. Mihajlović, N. Štrbac, P. Đorđević, A. Ivanović, Ž. Živković, Technological process modeling aiming to improve its operations management, *Serbian Journal of Management* 6 (2) (2011) 135 – 144
14. H. Demuth, M. Beale, *Neural Network Toolbox for use with MATLAB*, Handbook, MathWorks Inc., Natick, MA, USA, 2002, p. 238
15. G. Dreyfus, *Neural Networks, Methodology and Applications*, Springer, Berlin, Germany, 2004, p. 127.
16. R. C. Eberhart, R. W. Dobbins, *Neural Network PC Tools: A Practical Guide*, Academic Press, New York, USA, 2002, p. 10
17. D. R. Baughman, Y. A. Liu, *Neural Networks in Bioprocessing and Chemical Engineering*, Academic Press, New York, USA, 1995
18. S. S. Tambe, B. D. Kulkarni, P. B. Deshpande, *Elements of Artificial Neural Networks with selected applications in Chemical Engineering and Chemical and Biological Sciences, Simulations & Advanced Controls*, Louisville, KY, 1996.
19. Banks, J., Dragan, V., Jones, A., *Chaos: A Mathematical Introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.
20. Danforth, C.A., *Why the weather is unpredictable: an experimental and theoretical study of the Lorentz equation*, Lewiston, Maine, USA, 2001.
21. Hawking, S., *A Brief History of Time*. Bantam Books. New York, USA. 1998.

22. Juarez, F. Applying the theory of chaos and a complex model of health to establish relations among financial indicators, *Procedia Computer Science*, 3 (2011): 982–986.
23. Lorenz, E. The Circulation of the Atmosphere, *American Scientist*, 54 (1966): 402–420.
24. Parello, J., Masoliver, J., Anento, N. A comparison between several correlated stochastic volatility models, *Physica A*, 344 (2004): 134-137.
25. Takagi, T., Sugano, M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control, *IEEE Trans., Systems, Man and Cybernetics*, 15(1) 1985, pp. 116-132.
26. Takala, K. and Viren, M., Chaos and nonlinear dynamics in financial and nonfinancial time series: Evidence from Finland, *European Journal of Operational Research*, 93 (1996): 155-172.

3. Polazne hipoteze

Na osnovu navedenog predmeta i ciljeva istraživanja problematike razvoja algoritma za selekciju adekvatnog modela procesa na osnovu strukture ulaznih podataka, mogu se definisati sledeće hipoteze koje predstavljaju osnovni okvir za istraživanje u ovom radu:

Ho - Moguće je kombinacijom različitih segmenata modelovanja, prisutnih u brojnim kvantitativnim i kvalitativnim metodama, formirati algoritam za selekciju najadekvatnije metode matematičkog modelovanja primenljiv u realnoj praksi.

H1 - U selekciji metoda za modelovanje kompleksnih tehničkih sistema, na osnovu raspoložive literature, teži se unificiranom načinu modelovanja.

H2 - Izbor adekvatne metode za modelovanje kompleksnih tehničkih sistema direktno je zavistan od strukture sistema.

H3 - Izbor adekvatne metode za modelovanje kompleksnih tehničkih sistema direktno je zavistan od korelacije odnosa ulaznih i izlaznih veličina sistema.

H4 - Trenutna literatura i praksa nisu dale koncept ili algoritam koji na adekvatan način koristi prednosti postojećih metoda modelovanja u cilju kreiranja optimalnog modela kompleksnih tehničkih sistema.

4. Naučne metode istraživanja

Istraživanje će biti bazirano na prikupljanju podataka akvizicijom iz realnih tehničkih procesa ali i na osnovu eksperimenata u laboratorijskim uslovima. Razlog za analizu modelovanja upravo tehničkih sistema je u činjenici da su podaci iz oblasti tehnologije ekstrakcije bakra, u velikoj meri dostupni za istraživanje na Tehničkom fakultetu u Boru. Takođe, dostupni su i podaci iz oblasti ekstrakcije aluminijuma iz fabrike Birač – Zvornik (BiH), kao i podaci drugih tehnoloških procesa ekstrakcije kako iz oblasti obojene tako i iz oblasti crne metalurgije. Ovi sistemi su zbog svoje kompleksnosti i dobar predmet izučavanja procedure modelovanja

Za statističku obradu podataka koristiće se SPSS program kao i nekoliko dodatnih programa i komponenata koji će pomoći u definisanju i obradi uzorka. Procedura

modelovanja biće zasnovana na primeni SPSS, LISREL, MLAB, MATLAB, i SIMULINK softverskih alata.

U ovom radu biće korišćene sledeće metode naučnog istraživanja:

1. Analiza i sinteza,
2. Metod komparacije,
3. Prikupljanje podataka iz realnih tehničkih sistema
4. Dizajn eksperimenata primenom faktoraskog dizajna i Taguči metode,
5. Akvizicija podataka kao rezultat simulacije rada sistema u eksperimentalnim uslovima,
6. Statističke metode obrade polaznih podataka (deskripcija, analiza pouzdanosti skupa, faktorska analiza adekvatnosti grupacije promenljivih, veza-korelacija polaznih promenljivih, ...),
7. Metode linerane statistike (MLRA)
8. Metode nelinearne statistike razvoja jednačine strukturnih modela (SEM)
9. Metode nelinearne statistike primenjive na jedan opseg ulaznih veličina (ANN)
10. Metode nelinearne statistike bazirane na većem broju opsega ulaznih veličina sistema (ANFIS),
11. Metoda simulacije,

5. Očekivani naučni doprinos

U okviru navedenih istraživanja na razvoju algoritma za selekciju adekvatnog modela procesa na osnovu strukture ulaznih podataka, očekuju se sledeći naučni doprinosi:

- definisanje novog pristupa razvoju matematičkih modela kompleksnih procesa na osnovu strukture razmatranih sistema i karaktera ulaznih podataka,
- povezavanje, na originalni i sistematski način, raspoloživih metoda modelovanja i njihova praktična primena u optimizaciji realnih tehničkih sistema,
- umesto korišćenja unificiranog pristupa za modelovanje sistema, definisaće se nov algoritam koji će metodom višekriterijumske analize vršiti selekciju najadekvatnije metodologije modelovanja kompleksnih procesa u funkciji strukture i karaktera ulaznih promenljivih.
- biće definisan novi pristup akviziciji podataka iz realnih tehničkih procesa.
- biće definisan originalni faktorski dizajn eksperimenata izučavanih tehničkih procesa koji će biti predmet modelovanja
- definisanje senzitivnosti algoritma na poreklo polaznih podataka sistema (akvizicija iz realnog tehničkog procesa u redovnom režimu rada ili podaci dobijeni na osnovu dizajna eksperimenta)
- primena definisanog algoritma na modelovanje i optimizaciju realnih tehničkih sistema u redovnom režimu rada.

6. Plan istraživanja i struktura rada

6.1. Plan istraživanja

Polazni plan istraživanja, koji određuje tok rada na disertaciji, sastoji se iz sledećih faza i aktivnosti:

Faza 1: prikupljanje i analiza literaturnih podataka:

Aktivnosti:

- analiza dostupne literature,
- finaliziranje ciljeva istraživanja,
- osmišljavanje istraživačkog pristupa,

Faza 2: istraživanje:

Aktivnosti:

- formiranje polaznog plana akvizicije podataka iz realnih tehničkih sistema,
- formiranje plana eksperimenata koji će se sprovoditi simulacijom tehnoloških procesa u laboratorijskim uslovima
- sprovođenje istraživanja,
- sakupljanje podataka u polaznu bazu,
- grupisanje i preliminarna analiza podataka,
- analiza i statistička obrada rezultata dobijenih istraživanjem,
- faza modelovanja finalnih rezultata istraživanja,
- definisanje algoritma za selekciju najadekvatnije procedure modelovanja u funkciji polaznih podataka sistema.

6.2. Struktura rada

Struktura rada razmatrane teze sadržaće sledeće ključne elemente: analiza dostupnih literaturnih podataka, obrada i analiza postojećih metoda, konkretizacija i uobličavanje nove metodologije i procedure modelovanja kompleksnih tehničkih sistema, sprovođenje istraživanja, analiza i obrada rezultata dobijenih istraživanjem, prikaz rezultata i zaključak. Orijentacioni sadržaj disertacije je:

1. Uvod
2. Definisanje koncepta opšte teorije sistema i aspekta primene u tehničkim naukama,
3. Analiza tipova modelovanja kompleksnih tehničkih sistema i međusobni odnosi,
4. Definisanje koncepta faktorskog dizajna eksperimenta,
5. Opis konkretnih tehničkih procesa koji će biti upotrebljeni kao objekat modelovanja
6. Akvizicija podataka iz realnih tehničkih procesa i simulacijom procesa u eksperimentalnim uslovima
7. Identifikacija i analiza elemenata od značaja za evaluaciju i procenu definisanih baza podataka ulaznih i izlaznih veličina i selekcija adekvatnih vidova procedure modelovanja
8. Definisanje algoritma kao alata odlučivanja o adekvatnosti odabrane procedure modelovanja
9. Zaključak
10. Literatura

7. Zaključak i predlog

Na osnovu analize prijave predložene teme doktorske disertacije, Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme, zaključuje da kandidata Ivan Mihajlović ispunjava sve zakonske i suštinske uslove za izradu predložene doktorske disertacije, zato što je 2004. godine odbranio magistersku tezu na Tehničkom fakultetu u Boru, Univerziteta u Beogradu. Takođe, na osnovu sadržine do sada urađenih publikovanih i saopštenih radova, kandidat je dokazao da je osposobljen da samostalno radi na ovako definisanoj temi. Predložena tema po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno područje istraživanja i kao takva može biti predmet doktorske disertacije.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se kandidatu Ivanu Mihajloviću odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: „Razvoj algoritma za selekciju adekvatnog modela procesa na osnovu strukture ulaznih podataka“. Takođe, Komisija predlaže da se za mentora imenuje Prof. Dr Živan Živković, redovni profesor Tehničkog fakulteta u Boru koji ispunjava sve Zakonom predviđene uslove (veći broj radova u časopisima sa SCI liste).

U Boru, Maja 2013.

Komisija:

1. Dr Živan Živković, redovni profesor Tehničkog fakulteta u Boru – mentor

-
2. Dr Dušan Teodorović, redovni profesor Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, dopisni član SANU – član

-
3. Dr Vesna Spasojević Brkić, vanredni profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu – član
-

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Кандидат: Иван Михајловић

Име и презиме ментора: Проф. Др Живан Живковић

Звање: Редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) који квалификују ментора за вођење докторске дисертација:

1. **Ž.Živković**, N. Mitevska, I.Mihajlović and Đ.Nikolic, *The influence of the silicate slag composition on copper losses during smelting of the sulfide concentrates*, Journal of Mining and Metallurgy 45 B (2009) 23-35, ISSN 1450-5339. [JCR -IF(2009)=0,548 M22]
2. **Ž. Živković**, N. Mitevska, I. Mihajlović, Đ. Nikolić, *Copper losses in sulfide concentrate smelting slag are dependent on slag composition*, Minerals and Metallurgical Processing, 27(3) 2010, pp. 141-147. [JCR - IF(2010)=0,167 M23]
3. Dj. Nikolic, I. Jovanovic, I. Mihajlovic, **Ž. Živković**, *Multi criteria ranking of copper concentrate by its quality- an element of environmental management in the vicinity of copper-smelting complex in Bor, Serbia*; Journal of Environmental Management, 91(2009)509-515. ISSN 0301-4797 . [SCI - IF (2009)=2,367 M21]
4. Arsic Milica, Nikolic Djordje, Djordjevic Predrag, Mihajlovic Ivan, **Zivkovic Zivan** (2011) Episodes of extremely high concentrations of tropospheric ozone in the urban environment in Bor - Serbia, ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, vol. 45, br. 32, str. 5716-5724. **IF (2011): 3.465**
5. **Ž. Živković**, **I. Mihajlović**, I. Đurić, N. Štrbac, *Statistical modeling of the industrial sodium aluminate solutions decomposition process*, Metallurgical and materials transactions - B, 41 (5), (2010), 1116-1122. Online ISSN 1543-1916, [SCI - IF(2010)=0,974 M21]

MENTOR:
prof. dr Živan Živković

DEKAN FAKULTETA:
Prof. dr Milan Antonijeвић

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-7-6.1.
Бор, 30. 05. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 30. 05. 2013. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме, кандидата и ментора, докторске дисертације кандидата **др Ивана Михајловића**, дипл. инж. металургије. Извештај је сачинила Комисија у саставу: др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору - ментор; др Душан Теодоровић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду – члан; др Весна Бркић Спасојевић, ванредни професор Машинског факултета у Београду - члан;

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „**Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података**“.

III За ментора се именује др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- Већу научне области Универзитета у Београду
- именованом
- студентској служби
- архиви

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА**

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић