

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ			
Примљено	05.03.2013		
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
1	612-216	/13	

**Наставно – научном већу
Машинског факултета у Нишу**

Предмет: Извештај Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

Одлуком Наставно – научног већа Машинског факултета у Нишу бр. 612-171-4/2013, од 22.02.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Горана С. Петровића, дипл. инж. маш. под називом:

***„Вишекритеријумска оптимизација процеса одржавања техничких система
применом вероватносних метода и вештачке интелигенције“***

Након прегледа докторске дисертације, сагласно Закону о високом образовању и Статуту Машинског факултета Универзитета у Нишу, комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Садржај и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Горана С. Петровића, дипл. инж. маш. обухвата укупно 241 страницу формата А4. Основни део дисертације изложен је на 160 страница и подељен је у 7 глава. Дисертација садржи два прилога обима 52 странице. На почетку, иза насловних страна, дат је сажетак на српском и енглеском језику, захвалност аутора, садржај и списак слика (124) и табела (54) по главама. На крају је дат преглед коришћене литературе са укупно 267 цитата, од чега 14 аутоцитата.

2. Хронологија одобравања израде дисертације

Докторску дисертацију под називом „Вишекритеријумска оптимизација процеса одржавања техничких система применом вероватносних метода и вештачке интелигенције“ кандидат је пријавио 25.05.2011. године. Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је на седници од 03.06.2011. године, одлуком бр. 612-301-11/2011, именовало Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: др Зоран Маринковић, редовни професор Машинског факултета у

Нишу, др Драган Маринковић, доцент Машинског факултета у Нишу, др Жарко Ђојбашић, ванредни професор Машинског факултета у Нишу, др Нада Барац, редовни професор Економског факултета у Нишу и др Иван Бекер, ванредни професор Факултета техничких наука у Новом Саду. Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је одлуком бр. 612-371-9/2011 од 06.07.2011. године, на основу позитивног извештаја Комисије (бр. 612-351/2011), усвојило тему докторске дисертације и именовало др Драгана Маринковића, доцента Машинског факултета у Нишу, за ментора израде докторске дисертације. Научно – стручно веће за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу је на седници одржаној 14.07.2011. године, а на захтев Машинског факултета у Нишу, дало сагласност (бр. 8/20-01-005/11-020) на Одлуку о усвајању теме докторске дисертације.

Кандидат је 06.02.2013. године предао рукопис докторске дисертације Одсеку за наставу и студентска питања Машинског факултета у Нишу. На предлог Катедре за транспортну технику и логистику Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је на седници од 22.02.2013. године, одлуком бр. 612-171-4/2013, именовало Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, која подноси овај извештај.

3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација „Вишекритеријумска оптимизација процеса одржавања техничких система применом вероватносних метода и вештачке интелигенције“ припада научној области Машинско инжењерство, односно ужој научној области Транспортна техника и логистика.

4. Подаци о кандидату

Кандидат Горан Петровић је рођен 11.02.1974. године у Нишу. Дипломирао је на Машинском факултету у Нишу на смеру Машинске конструкције и механизација са просечном оценом 9.56. Магистарску тезу, под називом „Динамички процеси у погонском систему радног точка рото багера *Srs 470.20.3* под утицајем отпора копања и прорачун везе излазног вратила и тела радног точка“, одбранио је јуна 2006. године, на Машинском факултету Универзитета у Нишу.

Професионалну каријеру кандидат је започео 2001. године када је изабран у звање истраживача приправника и од када је запослен на Машинском факултету Универзитета у Нишу. Изабран је, 2007. године, у звање асистента за ужу научну област Транспортна техника и логистика и ангажован је на аудитивним и експерименталним вежбама из више предмета: Транспортни токови, Погонски системи, Одржавање саобраћајно транспортних средстава, Управљање одржавањем, Логистика предузећа, Операциона истраживања, Симулација динамичких система.

У периоду од 09.04.2005. до 24.04.2005. године био је учесник логистичког семинара на *Institut für Logistik und Materialflusstechnik ILM an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*. Такође, од 01.02.2006. до 01.05.2006. године био је на студијском боравку – наставно усавршавање из области логистике на *Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme der Universität Karlsruhe (TH)*. Ови боравци су значајно утицали на дефинисање области и теме докторске дисертације.

Кандидат се у периоду 2001. – 2013. године активно бавио научно истраживачким радом. Учествовао је у 3 пројекта технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и 3 *TEMPUS* пројекта билатералне сарадње. Неопходно је истаћи да је најзначајнији део истраживања у дисертацији реализован у оквиру пројекта из Програма технолошког развоја, бр. TP14068, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије „Развој модела и технологија логистике транспорта комуналног отпада“, који је реализован на Машинском факултету у Нишу у периоду 2008. – 2010. године под руководством професора др Зорана Маринковића.

Кандидат је објавио 55 радова на међународним и скуповима националног значаја, у међународним часописима и часописима националног значаја. Радови кандидата у међународним часописима индексираним на *Thomson Reuters SCI* листи који су непосредно повезани са темом докторске дисертације су:

1. **Petrović G.**, Marinković Z., Marinković D., (2011), “Optimal preventive maintenance model of complex degraded systems: A real life case study”, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70(6): 412 – 420, (**M23 – IF2011: 0.587**).
2. **Petrović G.**, Џојбашић Ж., Marinković D., (2011), “Optimal preventive maintenance of refuse collection vehicles using probabilistic and computational intelligence approach”, *Scientific Research and Essays*, 6(16): 3485 – 3497, (**M23 – IF2010: 0.445**).
3. Marković D., Madić M., **Petrović G.**, (2012), “Assessing the performance of improved harmony search algorithm (IHSA) for the optimization of unconstrained functions using Taguchi experimental design”, *Scientific Research and Essays*, 7(12): 1312 – 1318, (**M23 – IF2010: 0.445**).
4. Marinković Z., Marinković D., **Petrović G.**, Milić P., (2012), “Modeling and simulation of dynamic behavior of electric motor driven mechanisms”, *Technical Gazette*, 19(4): 717 – 725, (**M23 – IF2011: 0.347**).
5. Marković D., **Petrović G.**, Џојбашић Ж., Marinković D., (2012), “A comparative analysis of metaheuristic maintenance optimization of refuse collection vehicles using the Taguchi experimental design”, *Transactions of Famena*, 36(4): 25 – 38, (**M23 – IF2011: 0.103**).

Радови кандидата изложени на међународним и скуповима националног значаја, као и у часописима националног значаја који су непосредно повезани са темом докторске дисертације су:

1. **Petrović G.**, Џојбашић Ж., (2011), “Comparison of clustering methods for failure data analysis: a real life application”, XV International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'11), Proceeding, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia, pp. 297 – 300, (**M33**).
2. **Petrović G.**, Џојбашић Ж., Marinković Z., (2011), “Optimal preventive maintenance using the theory of Markov processes and genetic algorithms”, The 7th international conference research and development of mechanical elements and systems, IRMES 2011, Proceedings, University of Niš, Mechanical Engineering Faculty, Zlatibor, Serbia, pp. 431 – 436, (**M33**).
3. Markovic D., Madić M., Marinkovic Z., Tomic V., **Petrovic G.**, (2011), “Harmony search and genetic algorithms for engineering optimization: theory and practice”, The VII International Scientific Conference Heavy Machinery, HM 2011, Proceeding, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo, Vrnjacka Banja, Serbia, pp. E43 – E48, (**M33**).

4. **Petrović G.**, Petrović N., Marinković Z., (2008), "Application of Markov's Theory to Queuing Networks", The Scientific journal FACTA UNIVERZITATIS, Series Mechanical Engineering, 6(1): 45 – 56, **(M53)**.
5. Радоичић Г., Милосављевић П., **Петровић Г.**, (2011), "Индикатори ефективног транспортног модела управљања отпадом", ИМК 14 – Истраживање и развој, 17(4):61 – 67, **(M51 за 2010. год.)**.
6. **Петровић Г.**, Маринковић З., Милосављевић П., (2009), "Одређивање оптималног термина превентивног одржавања применом теорије Марковљевих процеса", Конференција одржавања КОД 2009., Зборник радова, Друштво одржавалаца средстава за рад Црне Горе, Машински факултет у Подгорици – Центар за квалитет, Савез инжењера Црне Горе, Бар – Црна Гора, стр. 245 – 254, **(M63)**.
7. Милосављевић П., Ранђеловић С., **Петровић Г.**, Радоичић Г., (2009), "Процесни приступ одржавању возног парка у Ј.К.П. "Медиана" Ниш", Конференција Одржавања КОД 2009., Зборник радова, Друштво одржавалаца средстава за рад Црне Горе, Машински факултет у Подгорици – Центар за квалитет, Савез инжењера Црне Горе, Бар – Црна Гора, стр. 105 – 112, **(M63)**.
8. Стаменковић Д., **Петровић Г.**, (2011), "Стационарни дијагностички системи у одржавању железничких возила", Четврти симпозијум са међународним учешћем транспорт и логистика ТИЛ 2011., Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу, Ниш, стр. 63 – 68, **(M63)**.
9. **Петровић Г.**, Ђојбашић Ж., Маринковић Д., Маринковић З., Марковић Д., (2011), "Вишекритеријумска оптимизација процеса одржавања применом напредних еволутивних метода", Четврти симпозијум са међународним учешћем транспорт и логистика ТИЛ 2011., Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу, Ниш, стр. 75 – 78, **(M63)**.

5. Анализа рада

Докторска дисертација се састоји из 7 глава, 2 прилога и списка коришћене литературе у форми главе 10. Наслови глава и прилога су следећи:

1. УВОД
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШНИХ ИСТРАЖИВАЊА
3. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ СИСТЕМСКОГ ПРИСТУПА ОДРЖАВАЊУ
4. РАЗВОЈ МОДЕЛА ПРОЦЕСА ОДРЖАВАЊА
5. ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ОДРЖАВАЊА
6. ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНИХ МОДЕЛА НА ПРОЦЕС ОДРЖАВАЊА КОМУНАЛНИХ ВОЗИЛА
7. ЗАКЉУЧАК И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА
8. ПРИЛОГ 1: ПРИМЕЊЕНИ МАТЕМАТИЧКИ АПАРАТ
9. ПРИЛОГ 2: ОБРАДА ЕМПИРИЈСКИХ ПОДАТАКА
10. ЛИТЕРАТУРА

По форми и садржају рад задовољава стандарде за докторску дисертацију.

Истраживања у оквиру дисертације су обухватила следеће:

- Анализу постојећих метода и алата за управљање одржавањем као дела укупног управљања опремом у току животног циклуса, уз јасан и концизан преглед досадашњих истраживања у овој области. Посебан акценат стављен је на оптимизацију процеса одржавања применом математичких модела и теорије Маркова;
- Дефинисање теоријских основа системског приступа проучавању одржавања техничких система кроз дефинисање појмова и термина коришћених у осталом делу дисертације.
- Развој модела процеса одржавања техничких система и анализа могућности њихове примена у оптимизацији ових процеса према критеријумима расположивости и укупних трошкова животног циклуса система;
- Истраживање могућности примене различитих метахеуристичких оптимизационих метода у циљу одређивања оптималних интервала превентивног одржавања;
- Примену развијених модела једнокомпонентних и вишекомпонентних система и дефинисане методологије, базиране на тражењу оптималног баланса између максимизације расположивости и минимизације укупних трошкова животног циклуса система у реалним условима, тј. на примеру процеса одржавања специјалних комуналних возила за сакупљање, транспорт и одлагање отпада ЈКП „Медиана“ Ниш;
- Дефинисање математичког апарата коришћеног у дисертацији при чему је посебна пажња посвећена теорији Маркова и расподелама фазног типа;
- Идентификацију праваца даљих истраживања.

У глави један кандидат је дефинисао основне карактеристике истраживачког проблема кроз увод у област одржавања, мотивационе аспекте рада, предмет и циљеве истраживања, идентификацију научног и методолошког приступа као и преглед структуре рада.

У другој глави дат је преглед литературе и досадашњих истраживања у областима управљања одржавањем и оптимизације процеса одржавања. Важан сегмент ове главе су могући правци истраживања на основу којих је кандидат дефинисао оквири рада и истраживачки простор. Кандидат је истакао проблем одржавања вишекомпонентних система и немогућност њиховог проучавања применом постојећих модела, као један од могућих праваца истраживања. Други правац истраживања који је кандидат препознао јесте дефинисање одговарајуће стратегије одржавања тражењем оптималног баланса између различитих атрибута одржавања (поузданости, расположивости, погодности одржавања, ризика и трошкова одржавања – *RAMS&C* приступ) применом метода вишекритеријумске оптимизације. Као важну карактеристику постојећих модела процеса одржавања, заснованих на дијаграмима стања и теорији Маркова, кандидат наводи увођење претпоставке да све случајне величине и процеси у моделима имају експоненцијални или Ерланг-ов закон расподеле. С обзиром на то, да многи реални процеси у природи, па тако и процеси у системима одржавања, не могу бити описани применом поменутих расподела, трећи правац истраживања, према виђењу кандидата, јесте дефинисање процедуре за описивање неекспоненцијалних процеса и величина моделима Маркова.

Трећа глава представља рад кандидата на дефинисању одржавања са системске тачке гледишта. У њему су детаљно представљене теоријске основе системског приступа одржавању кроз истраживање различитих стратегија и концепција одржавања. Описане

су стратегије одржавања према поузданости, тоталног продуктивног одржавања, одржавања базираног на ризику, *lean* одржавања и логистике одржавања. Посебна пажња посвећена је анализи могућности примене наведених стратегија одржавања у малим и средњим предузећима у Србији. Кандидат је уочио да, са аспекта процеса одржавања техничких система (машина, опреме...), мала и средња предузећа у Србији имају проблем са разноврсном структуром својих техничких система, као и са чињеницом да је значајан део таквих система близу краја свог корисног животног века. Ови проблеми отежавају примену описаних (признатих и познатих) стратегија одржавања или препорука произвођача техничких система и намећу потребу развоја специфичне методологије засноване на концепту оптималног – логистичког управљања одржавањем, применом научно утемељених метода симулације, алата теорије вероватноће и инжењерске статистике као и метода вештачке интелигенције. Тиме би се, сходно виђењу кандидата, омогућило сагледавање различитих стратегија одржавања, процена постојећих и дефинисање нових (оптималних), нарочито за системе који су близу краја свог животног циклуса или који раде у окружењу битно другачијем од пројектованог.

Најзначајнији конкретан допринос овог рада презентован је у **глави четири**. У уводном делу главе дефинисани су процеси моделирања и симулације са теоријског аспекта. Разматрани су сви релевантни кораци моделирања система одржавања, од проучавања и описивања постојећих модела и концепата, преко дефинисања самих модела и начина одређивања улазних параметара, па све до нумеричких решења и њихове практичне примене на проучавању процеса одржавања реалног система. На основу једноставних и у литератури широко истраживаних модела, генерисани су универзални модели процеса одржавања једнокомпонентних и вишекомпонентних система. Од свих резултата остварених у овом раду, посебан значај има развој модела процеса одржавања вишекомпонентних система. Проучавање процеса одржавања комплексних система, последњих година, добија све више на значају. Разлог томе је повезаност компонената система (функционална, економска, структурна, итд.) која додатно компликује моделирање и оптимизацију процеса њиховог одржавања.

Развијени модели су универзални у смислу могућности њихове примене на различите врсте техничких система са различитим механизмима старења система и различитим моделима отказа. С обзиром на то да су генерално засновани на дијаграмима стања, у виду графичке интерпретације одређених стратегија одржавања, једноставни су за разумевање, проучавање и примену од стране менаџера одржавања.

У раду је детаљно дефинисана процедура апроксимације произвољног, емпиријског, статистичког скупа података, расподелама фазног типа применом методе момената. Примена расподела фазног типа за описивање случајних процеса у одржавању показала се веома успешном, нарочито због њихове математичке адаптивности тј. могућности апроксимације произвољних теоријских расподела или емпиријских статистичких скупова података, произвољном прецизношћу. Овакав приступ омогућио је описивање и неекспоненцијалних случајних променљивих, у процесима одржавања, применом теорије Маркова. Нарочито је значајна примена расподела фазног типа за описивање процеса старења система кроз више различитих стања – деградационих нивоа. Као основа за идентификацију појединих области у функцији интензитета отказа коришћене су методе класирања емпиријског статистичког скупа података. Са аспекта развијених модела

нарочито су биле значајне ове методе због могућности дводимензионог класирања. На тај начин било је могуће издвојити хомогене групе времена до отказа али и њима одговарајућих времена поправки.

Глава пет је резултат истраживања у области примене различитих метода оптимизације у циљу одређивања оптималних термина превентивног одржавања – величина које дефинишу одговарајућу стратегију одржавања. Сагледане су предности глобалних оптимизационих метода заснованих на вештачкој интелигенцији у односу на конвенционалне и дат је преглед најзначајнијих метахеуристичких оптимизационих метода. Посебна пажња посвећена је методи реално-кодираних генетских алгоритама који су касније и примењивани у процесима оптимизације. Истраживана је сензитивност три различите метахеуристичке оптимизационе методе (симулираног каљења, хармонијског претраживања и реално-кодираних генетских алгоритама) и идентификовани су, применом *Taguchi* методе, оптимални параметри сваког алгорита за решавање изабране класе проблема. Такође, у раду је извршена и анализа варијансе (*ANOVA*) у циљу испитивања релативног утицаја појединих параметара оптимизационих метода на варијабилитет резултата. Појединачни критеријуми оптимизације, расположивост система и укупни трошкови животног циклуса система, дефинисани су на основу стационарних вероватноћа стања система. Немогућност дефинисања експлицитног облика функција критеријума јесте један од најзначајнијих разлога за примену метахеуристичких метода, односно реално-кодираних генетских алгоритама.

Вишекритеријумска оптимизација у дисертацији има за циљ налажење оптималног баланса између критеријума максималне расположивости и минималних трошкова одржавања. Коришћене су метода тежиских коефицијената за дефинисање јединствене фитнес функције и Парето приступ за идентификацију Парето оптималног скупа решења.

У **шестој глави** извршена је верификација и валидација развијених модела једнокомпонентних и вишекомпонентних система у реалним условима, на примеру процеса одржавања специјалних комуналних возила за сакупљање, транспорт и одлагање отпада ЈКП „Медиана“ Ниш. Описана је функција и структура ових техничких система, идентификовани су најзначајнији процеси и анализирани су квантитативни параметри процеса одржавања. Извршена је анализа сензитивности модела чиме је потврђена корисност модела применом на реални проблем. Оптимални интервали превентивног одржавања одређени су за једнокомпонентни и двокомпонентни модел према претходно дефинисаним критеријумима.

Глава седам је завршна глава дисертације која даје закључна разматрања везана за оптимизацију процеса одржавања техничких система. Сагледани су могући правци даљих истраживања и посебно је истакнут приказ оригиналних доприноса у дисертацији према виђењу аутора.

Основни садржај дисертације прате и два прилога:

- **Прилог 1** представља презентацију математичког апарата коришћеног у дисертацији. Посебна пажња посвећена је Марковљевим процесима као посебној класи случајних процеса и расподелама фазног типа тј. методи момената, као основним алатима у процесу апроксимације емпиријских статистичких скупова података.
- **Прилог 2** даје приказ обраде емпиријских података који су коришћени у процесу анализе сензитивности, верификације и валидације развијених модела.

6. Закључак и предлог

На основу прегледа докторске дисертације и анализе постигнутих резултата, чланови Комисије доносе следеће закључке:

- Поднети рад у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно – научног већа Машинског факултета Универзитета у Нишу;
- Кандидат поседује адекватна знања из области управљања одржавањем, теорије вероватноће, инжењерске статистике и вештачке интелигенције неопходних за израду докторске дисертације;
- Кандидат је испољио висок ниво самосталности у истраживању и показао способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и креативно приступи његовом решавању уз оригиналност у осмишљавању и креирању одређених научних решења. Резултати до којих је кандидат дошао истраживањима у дисертацији су верификовани у оквиру различитих студија случаја и континуирано објављивани на међународним конференцијама и часописима, при чему је кандидат публиковао 5 радова у часописима индексираним на *Thomson Reuters SCI* листи (категорије M23). У докторској дисертацији се налазе и резултати који до сада нису објављени те се очекује њихова презентација научној јавности у блиској будућности.
- Најзначајнији допринос докторске дисертације представља развијена методологија за одређивање оптималних интервала превентивног одржавања техничких система, заснована на концепту оптималног – логистичког управљања одржавањем према критеријумима максималне расположивости и минималних трошкова животног циклуса система. Извршено је побољшање постојећих и развијена су два нова оригинална модела процеса одржавања техничких система. Процес одржавања проучаван је применом модела једнокомпонентних и вишекомпонентних система.
- Посебно треба истаћи допринос у делу моделирања неекспоненцијалних случајних променљивих и случајних процеса у одржавању применом расподела фазног типа. На овај начин, омогућена је примена теорије Маркова и за променљиве и процесе чија функција интензитета није константна у времену, чиме су модели одржавања добили на универзалности. У дисертацији је презентован целовит приказ проблематике обраде емпиријских података у циљу добијања расподела фазног типа. Посебан допринос огледа се у развоју оригиналног алгорита методе момената применом вишекритеријумске оптимизације;
- Допринос докторске дисертације огледа се и у унапређењу теоријских и практичних сазнања у разматраној области, а нарочито у домену примена расподела фазног типа и метода вештачке интелигенције.
- Резултати истраживања имају висок степен општости и могу имати широку практичну примену у области управљања одржавањем. У дисертацији је демонстрирана практична примена резултата на реални систем одржавања. Такође, остварени резултати пружају широке могућности за даља теоријска и експериментална истраживања ове области.
- Рад је технички квалитетно урађен, читко и јасно написан. Структура докторске дисертације је адекватна а садржај је обogaћен са два прилога којима се у великој мери обезбеђује аутономност дисертације.

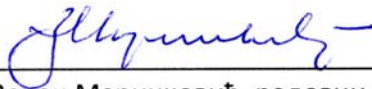
Имајући у виду значај обрађене проблематике и остварене научне резултате кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације се слажу да поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан допринос развоју релевантне научне области. Чланови Комисије са задовољством предлажу Наставно – научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу, да рад кандидата мр Горана С. Петровића, дипл. инж. маш. под називом

„Вишекритеријумска оптимизација процеса одржавања техничких система применом вероватносних метода и вештачке интелигенције“

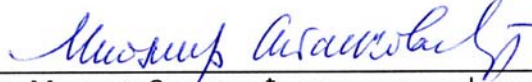
прихвати као докторску дисертацију и да кандидата позове на усмену јавну одбрану.

У Нишу,
марта, 2013. године.

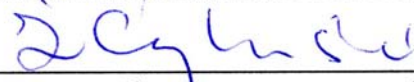
Чланови Комисије:



др Зоран Маринковић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу,
(Ужа научна област: Транспортна техника и логистика)



др Миомир Станковић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу,
(Ужа научна област: Математика и математичко моделирање)



др Жарко Ђојбашић, ванредни професор
Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу,
(Ужа научна област: Аутоматско управљање и роботика)



др Пеђа Милосављевић, ванредни професор
Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу,
(Ужа научна област: Индустијски менаџмент)



др Драган Маринковић, доцент
Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу,
Technical University Berlin, Institute of Mechanics, Berlin, Germany,
(Ужа научна област: Транспортна техника и логистика)