

30.04.2012. године
Београд,
04-03-11/49

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Драгане Макајић - Николић, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Драгане Макајић - Николић стављени су на увид јавности и у предвиђеном року није било примедби на изложену докторску дисертацију.

С поштовањем,

Секретар факултета

Гордана Алексић Славински, дипл. Правник

Факултет организационих наука
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
04-03-11/49
(Број индекса)

Веће научних области техничких наука
(назив стручног већа коме се захтев упућује, сходно чл
75. Статута Универзитета у Београду и чл.7. ст.
1. овог Правилника)

30.04.2012. године
(Датум)

Београд
Студентски трг бр.1

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 68. ст. 3. Закона о универзитету («Службени гласник РС» бр. 20/98), дате сагласности на Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Драгана (Драгољуб) Макајић-Николић (име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат мр Драгана (Драгољуб) Макајић-Николић пријавио је докторску дисертацију под називом:
(име, име једног родитеља и презиме)

Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа

Универзитет је дана 16.05.2008. године својим актом под 612-28/87/08 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила

Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгана (Драгољуб) Макајић-Николић (име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 14.03.2012. године, одлуком Факултета под бр. 3/35-5 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Мирко Вујошевић	ред. проф. ФОН-а	операциона истраживања
2. др Мирјана Чангаловић	ред. проф. ФОН-а	операциона истраживања
3. др Милан Станојевић	ванр. проф. ФОН-а	операциона истраживања
4. др Драган Радојевић	научни саветник Института Михајло Пупин	меко рачунарство
5. др Владимир Поповић	доцент Машинског факултета	моторно возило

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној даном 28.03.2012. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању Извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања Извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

Проф. др Милан Мартић

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 28.3.2012. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата мр Драгане Макајић-Николић, под насловом »НОВИ ПРИСТУП АНАЛИЗИ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНВЕРЗНИХ ПЕТРИЈЕВИХ МРЕЖА« и даје се на увид јавности.

На Наставно-научном Већу 18.06.2008. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата мр Драгане Макајић-Николић под називом »НОВИ ПРИСТУП АНАЛИЗИ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНВЕРЗНИХ ПЕТРИЈЕВИХ МРЕЖА« на основу добијене Одлуке Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 16.05.2008. године, број: 612-28/87/08

Кандидат мр Драгана Макајић-Николић је објавила следећи рад који је квалификује да може да одбрани докторску дисертацију:

1. Макајић Николић, Д, Једнак, С, Бенковић, С, Познанић, В, "Project finance risk evaluation of the Electric power industry of Serbia", Energy Policy, Volume 39, Issue 10, Pages 6168-6177, 2011, doi:10.1016/j.enpol.2011.07.017, IF(2010): 2.629, M21
2. Макајић-Николић Д., Костић – Станковић М., Слијепчевић М., Multiple special event timetabling using goal programming, Technics Technologies Education Management – ТТЕМ - 2012, IF 2010=0,256

Председник Наставно научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Служби за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

Наставно-научном већу

Предмет: Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Драгане Макајић-Николић.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука у Београду бр. 3/35-5 од 14.03.2012. године именовани смо у Комисију за преглед и оцену завршене докторске дисертације “НОВИ ПРИСТУП АНАЛИЗИ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНВЕРЗНИХ ПЕТРИЈЕВИХ МРЕЖА” кандидата мр Драгане Макајић-Николић. Комисија је прегледала рад и подноси Већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Драгане Макајић-Николић под насловом “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” написана је на 191 страни текста. Дисертација садржи 8 поглавља, 43 слике, 21 табелу и списак литературе са 140 референци.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је поднео пријаву за одобравање израде докторске дисертације “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” 22.02.2008. године. Наставно-научно веће ФОН-а је именovalo Комисију за оцену научне заснованости теме пријављене докторске дисертације у саставу: др Мирко Вујошевић, редовни професор ФОН-а, ментор, др Мирјана Чангаловић, редовни професор ФОН-а, члан, и проф. др Драган Радојевић, научни саветник, Институт «Михајло Пупин», члан. Позитиван извештај Комисије усвојен је на седници Наставно-научног већа одржаној 19.03.2008. године, одлука бр. 3/38-3. Стручно веће Универзитета у Београду је на седници одржаној 16.05.2008. године одобрило израду предложене докторске дисертације, одлука бр. 612-28/87/08.

Након добијене сагласности стручног већа Универзитета у Београду, на седници Наставно-научног већа ФОН-а одлуком бр. 3/81-4 од 18.06.2008. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата мр Драгане Макајић-Николић под насловом “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” и за ментора је именован проф. др Мирко Вујошевић. Ментор, проф. др Мирко Вујошевић, је констатовао да је докторска дисертација завршена и Наставно-научно веће ФОН-а је одлуком бр. 3/35-3 од 14.03.2012. године формирало Комисију за преглед и оцену завршене докторске дисертације у саставу: др Мирко Вујошевић, редовни професор ФОН-а, ментор, др Мирјана Чангаловић, редовни професор ФОН-а, члан, др Драган Радојевић, научни саветник, институт Михајло Пупин, члан, др Милан Станојевић, ванредни професор ФОН-а, члан и др Владимир Поповић, доцент Машинског факултета, Универзитета у Београду, члан.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација под називом “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” по предмету истраживања и коришћеној методологији припада техничким наукама, прецизније области операционих истраживања.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Драгана Макајић-Николић рођена је 29.11.1969. године у Неготину. Основну и средњу школу завршила је у Зајечару са одличним успехом. Факултет организационих наука уписала је 1990. године. Дипломирала је 1994. године на смеру за менаџмент са средњом оценом 8.97 (осам, 97/100) и дипломским радом, на предмету Операциона истраживања, оцењеним оценом 10. Исте године уписала је последипломске студије, смер операциона истраживања, Положила је све планом предвиђене испите са просечном оценом 9.89 (девет, 89/100), а јуна 2002. године одбранила је магистарску тезу под називом: „Примена обојених Петријевих мрежа у реинжењерингу пословних процеса”, под менторством проф.др Мирка Вујошевића.

Од 01.04.1995. до 01.04.1997. године радила је на Факултету организационих наука као сарадник обдарен за научно-истраживачки рад на предмету Операциона истраживања. Од маја 1997. до октобра 1998. године учествовала је на пројекту "Оптимизација асортимана у ICN Југославија" на коме су ангажовани чланови Лабораторије за операциона истраживања Факултета организационих наука. Од октобра 1998. до јуна 2003. године радила на Факултету организационих наука као асистент-приправник на предмету Операциона истраживања, а од јуна 2003. године као асистент на области Операциона истраживања.

Учествовала је на пет научно истраживачких пројекта који су финансирани од стране Министарства за науку и технологију. Такође, била је члан организационог одбора две домаће и једне међународне научне конференције у организацији ФОН-а. Ангажована је као сарадник на пројекту мастер студија за индустријско инжењерство који је реализован у сарадњи ФОН-а и Централне школе из Париза.

1.5. Предмет, циљеви и хипотезе истраживања

Најшири оквир који обухвата предмет истраживања дисертације чине две области: поузданост и Петријеве мреже.

Поузданост се у дисертацији посматра са аспекта неисправности и отказа. Са научног и инжењерског аспекта, истраживање неисправности и начина отказа подразумева испитивање функционалних и физичких граница система, у покушају да се разуме како, зашто и када систем не функционише исправно. Једна од најстаријих метода, која на овај начин приступа одређивању поузданости, је анализа стабла неисправности (АСН).

АСН је заснована на теорији поузданости, Буловој алгебри, логици и теорији вероватноће. Врло једноставна правила и симболи обезбеђују механизам за анализу веома сложених система и комплексних веза у њима. Основни концепт АСН је превођење отказног понашања реалног система у графички и логички модел. Графички сегмент је стабло неисправности (СН) – граф који обезбеђује визуелни модел који веома лако и јасно приказује везе отказа у систему, док логички сегмент омогућује квалитативну и квантитативну анализу.

Централни проблем квалитативне АСН је одређивање минималних скупова пресека. Минимални скупови пресека су минималне комбинације отказа компонентни система које изазивају отказ целог система. Када се у СН примарни догађаји вишеструко

појављују, издвајање минималних скупова пресека из фамилије свих скупова пресека, спада у класу НП тешких проблема. Због тога се највећи број публикација из области АСН бави решавањем овог проблема и то најчешће комбинујући АСН са другим техникама и приступима.

У дисертацији се проблем одређивања минималних скупова пресека кохерентног СН решава помоћу Петријевих мрежа (ПМ). У ужем смислу, ПМ чине: структура – бипартитни граф, који моделира структуру система, и маркирање – расподела жетона у чворовима мреже, које моделира стање система. У ширем смислу, под ПМ се подразумева теорија, која омогућава графичко моделирање система и разноврсне формалне аналитичке методе. Могућност примене аналитичких метода зависи од структуре ПМ и маркирања.

Приступ, који ће бити представљен у дисертацији, заснива се на инверзним Петријевим мрежама (ИПМ) и анализи њиховог стабла достижности. Стабло достижности је граф чији корен представља почетно маркирање ПМ, листови – крајње маркирање, а гране – прелазак из једног маркирања у друго. СН се директно трансформише у структуру ИПМ, тако да корен ИПМ представља догађај када отказује систем а листови ИПМ догађаје када отказују компоненте система. Присуство жетона у чвору ИПМ представља одигравање одговарајућег догађаја. Тиме се проблем одређивања минималних скупова пресека датог СН своди на проблем одређивања листова стабла достижности ИПМ из почетног маркирања, које представља отказ система.

Циљ и задаци који су постављен при изради ове дисертације су:

- проучавање и анализа постојећих приступа у АСН,
- побољшање постојећих приступа у АСН са аспекта редукције скупова пресека,
- проучавање и анализа ПМ и њихове примене у АСН,
- развој методе за одређивање минипресека кохерентног СН помоћу ПМ,
- развој методе за одређивање минипресека датог реда за СН великих димензија.

Основна научна хипотеза коју је требало доказати у овој дисертацији била је да се помоћу инверзне Петријеве мреже могу успешно применити у одређивању минипресека кохерентног СН. Поред основне, доказане су и све појединачне хипотезе од којих посебно наглашавамо:

- Издвајањем скупова пресека који садрже сва понављања својих вишеструких догађаја, значајно се може скратити поступак редукције скупова пресека који нису минимални;
- Коришћењем инверзних ПМ, проблем достижности постаје директан проблем одређивања свих маркирања достижних из датог почетног маркирања;
- Минимални скупови пресека представљају листове графа достижности ИПМ датог кохерентног СН;
- Број жетона у чвору графа достижности се може користити као параметар одсецања приликом одређивања минипресека задате дужине код кохерентних СН без вишеструких догађаја;
- Параметар одсецања, код СН са вишеструким догађајима, се мора кориговати подацима о вишеструкости да би се издвојили сви минипресеци датог реда.

У складу са изложеним предметом, циљем и постављеним хипотезама истраживања, садржај дисертације је укратко дат у следећем поглављу.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” се састоји из 8 поглавља и списка коришћене литературе. Структура дисертације је следећа:

1. Увод
 2. Анализа стабла неисправности (АСН)
 3. Анализа СН великих димензија
 4. Петријеве мреже (ПМ)
 5. Примена ПМ у АСН
 6. Одређивање минипресека СН без вишеструких догађаја помоћу ИПМ
 7. Одређивање минипресека СН са вишеструким догађајима помоћу ИПМ
 8. Закључак
- Литература

2.2. Приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу најпре се описује предмет истраживања, циљ истраживања и наводе се хипотезе а затим се даје садржај и опис дисертације по поглављима.

Након увода, у другом делу су описани: основни концепти АСН, њен историјски развој, значајне примене и методологија спровођења. Највећа пажња је посвећена квалитативној АСН, нарочито одређивању минималних скупова пресека. Приказане су најпознатије и најстарије методе за налажење минималних скупова пресека, као и најновији приступ заснован на бинарним дијаграмима одлучивања. Након кратког осврта на минималне скупове путева и рангирање минималних скупова пресека, изложени су основни елементи квантитативне АСН.

Трећи део посвећен је анализи СН великих димензија. Да би се превазишла комбинаторна експлозија, која се јавља код одређивања минималних скупова пресека СН великих димензија, потребно је редуковати проблем. При томе се може редуковати СН, пре одређивања скупова пресека, или се може редуковати добијена фамилија свих скупова пресека да би се олакшало издвајање минималних. Представници оба приступа су приказани у раду.

Крајем осамдесетих година прошлог века, показано је да је скуп пресека, који не садржи догађаје који се вишеструко појављују у СН, минималан. У трећем делу дисертације је представљена нова класа скупова пресека, $C^* = x_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \dots \cdot x_n^{k_n}$, где су $k_i \geq 1, i = 1, \dots, n$ вишеструкости неких примарних догађаја $x_1, x_2, \dots, x_n$ датог СН. Доказана је Теорема о минималности скупова пресека са вишеструким догађајима, којом се тврди да су скупови пресека, облика C^* , минимални, а минималност скупова пресека без вишеструких догађаја се своди на њен специјалан случај. Поред тога, уведени су услови потребни за постојање скупа пресека облика C^* и одређен минималан број скупова пресека који се редукују као његов надскуп. Нови алгоритам редукције и допринос теореме о минималности скупова пресека са вишеструким догађајима, у смањивању броја операција редукције скупова пресека, илустрован је на групи узорних СН (*Benchmark Fault Tree*).

У четвртом делу су описани основни појмови теорије ПМ: општа дефиниција ПМ, моделирање динамике система, класификација и проширења ПМ, и дефиниције оних врста ПМ које се користе касније у дисертацији. Када се систем моделира помоћу ПМ,

његова анализа се врши испитивањем својстава ПМ. Наведена су основна својства ПМ: достижност, живост, мртво маркирање и повратност, и методе анализе: редукција, матрица инциденције, инваријанте, граф достижности и симулација ПМ.

Пети део почиње основама моделирања СН помоћу ПМ, које су постављене осамдесетих година прошлог века и које нису промењене до данас. Након тога, описани су различити приступи у одређивању минималних скупова пресека датог СН помоћу ПМ: графичка метода; матрична метода; подела ПМ на нивое; одређивање минималних скупова пресека помоћу t-инваријанте и на основу матрице инциденције ПМ.

Основна идеја методе за одређивање минималних скупова пресека помоћу ИПМ описана је у шестом делу. Идеја је прво објашњена на кохерентном СН без вишеструких догађаја. На основу једначине стања, доказана су својства ИПМ, која омогућавају да се проблем одређивања минималних скупова пресека сведе на проблем одређивања листова графа достижности ИПМ. Приказан се алгоритам за одређивање минималних скупова пресека, који је имплементиран и тестиран на групи СН. На крају је представљен приступ за добијање минималних скупова пресека задатог реда (дужине), који се може користити онда када није могуће одредити све скупове пресека. Приступ је заснован на особини да укупан број жетона у ИПМ моделира број одиграних догађаја и да је тај број неоппадајући. Одређивање минималних скупова пресека састоји се одсецању чворова графа достижности ИПМ, у којима је укупан број жетона већи од задатог реда. Резултати одсецања стабла достижности су такође приказани на крају шестог дела.

У седмом делу, метода је проширена на СН са вишеструким догађајима. Прво је, на основу резултата из трећег дела рада, проширен алгоритам за одређивање свих минималних скупова пресека тако да се одмах идентификују скупови пресека облика C^* . Након тога је решаван проблем одређивања минималних скупова пресека датог реда за СН са вишеструким догађајима. У овим СН укупан број жетона у ИПМ није неоппадајући, што отвара проблем одређивања параметра одсецања графа достижности. Доказано је да је параметар одсецања различит у сваком чвору стабла достижности и одређена је горња граница вредности овог параметра која гарантује да се неће изоставити ниједан од тражених минималних скупова пресека. Ова граница је, такође, одређена на основу резултата из трећег дела рада. На крају је приказан алгоритам за одређивање минималних скупова пресека СН са вишеструким догађајима, који је имплементиран и тестиран на групи узорних СН.

У осмом делу, извршена је синтеза резултата истраживања и дата су закључна разматрања у којима су приказани научни и стручни доприноси дисертације. Потврђена је исправност свих постављених хипотеза истраживања. Идентификовани су и даљи могући правци истраживања у овој области. У закључку се види да су остварени циљ и задаци истраживања у оквиру ове дисертације.

На крају дисертације је наведена литература која је коришћена у изради ове дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација “Нови приступ анализи поузданости система применом инверзних Петријевих мрежа” представља оригиналан и значајан резултат у истраживању анализе поузданости, конкретније анализе стабла неисправности.

Истраживан је NP тежак проблем одређивања минипресека кохерентног СН са вишеструким догађајима у чијем решавању је предложен оригиналан приступ заснован на инверзним Петријевим мрежама. Дат је преглед постојећих метода АСН и метода за одређивање минипресека помоћу ПМ. Прво је доказана теорема о минималности скупова пресека са вишеструким догађајима. Показано да се у свим методама које садрже корак редукције скупова пресека, значајно може скратити број операција елиминисања надскупова ако СН садржи скупове пресека који садрже сва понављања својих вишеструких догађаја. Доказани су услови за постојање таквих скупова пресека као и минимални број њихових надскупова. Затим је развијена метода за одређивање минипресека кохерентног СН на основу листова графа достижности ИПМ датог СН. Такође је развијен и имплементиран алгоритам који је тестиран на више узорних СН. На крају је истраживан проблем решавања комбинаторне експлозије који се јавља код СН великих димензија. Од постојећих приступа у решавању овог проблема, изабран је приступ којим се одређују само минипресеци задатог реда. Развијена је метода за одређивање ових минипресека на основу броја жетона у чворовима графа достижности. Такође је развијен, имплементиран и тестиран алгоритам за генерисање минипресека датог реда, као и алгоритам за одређивање параметра одсецања код СН са вишеструким догађајима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у докторској дисертацији користио савремену и релевантну литературу. Укупно је навео 140 референци, које обухватају књиге најзначајнијих аутора и престижних издавача из ове области, радове из научних часописа и конференција у којима су представљени резултати који су релевантни за тему дисертације. Литература обухвата радове од старијих до савремених како би се критички осврнуло на развој модела анализе обавијања података, њихове предности и ограничења и примене у различитим областима.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Ради тестирања постављених хипотеза у току израде дисертације примењен је већи број научних метода од систематског прегледа стања у области истраживања са адекватним класификацијама проблема, приступа, метода и техника и навођењем литературе, затим преко критичке анализе постојећих резултата и на крају синтетичко закључивање. Доследно је коришћена методологија операционих истраживања у свим фазама решавања проблема управљања, од препознавања и формулисања проблема, преко развоја метода до њихове примене и експериментисања на подацима. У дисертацији су приказани оригиналне методе и алгоритми који су развијени за потребе експериментисања као и ради доказивања неопходности и корисности примене описаних приступа. Такође, обављено је више експеримената на узорним СН. Може се закључити да су примењене научне методе сасвим у складу са постављеним задацима и циљевима дисертације и да су правилно коришћене у току истраживања.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

У дисертацији су приказани резултати истраживања различитог карактера. Значајни су резултати који су по природи сазнајни и који су добијени анализом и синтезом постојећих сазнања и достигнућа у области истраживања. Ови сазнајни резултати имају значајну потенцијалну практичну применљивост у великом броју делатности у којима је аспект поузданости битан. Поред тога, приказани су резултати развоја конкретних метода и алгоритама и њихове примене на решавању изабраних проблема. Тиме је

остварена верификација теоријских поставки, развијених метода и добијених резултата који су изнети у дисертацији.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

На основу садржаја дисертације и објављених научних и стручних радова може се закључити да кандидат влада методама научних истраживања и да је способан да самостално и успешно обрађује истраживачке теме. Свеобухватни и систематизовани преглед стања у области потврђује способност кандидата за откривање и сагледавање отворених проблема истраживања као и критичку анализу постојећих сазнања у области. С друге стране, у дисертацији су приказане оригиналне методе који потврђују способности за даљи самосталан и оригиналан рад који као резултат даје нове квалитете. На крају, експериментисање над узорним СН, које је приказано у дисертацији и презентовано на конференцијама, указује на свест кандидата о неопходној строгој верификацији резултата научног истраживања.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОСИ

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У складу са постављеним задацима и циљевима истраживања као резултат рада на овој дисертацији треба истаћи следеће доприносе:

- Предложена је нова метода за одређивање минипресека кохерентног СН са вишеструким догађајима, заснована на анализи графа достижности ИПМ. На основу једначине стања, доказано је да сва мртва маркирања ИПМ, достижна из маркирања $M = [1, 0, \dots, 0]^T$ као почетног, представљају скупове пресека датог СН. На тај начин је проблем одређивања скупова пресека сведен на проблем одређивања листова графа достижности ИПМ датог СН. При томе је доказано, такође на основу једначине стања, да није потребно одредити читав граф достижности, већ само једно његово подстабло.

- Развијен је и имплементиран алгоритам за одређивање свих скупова пресека кохерентног СН са вишеструким догађајима на основу листова стабла достижности ИПМ, назван ИПМ1. Алгоритам ИПМ1 је тестиран на групи *benchmark* СН.

- Анализирани су скупови пресека C^* са особином да, ако садрже неки примарни догађај чија је вишеструкост већа од 1, онда садрже сва његова понављања. Формулисана је Теорема о минималности скупова пресека облика C^* . Доказано је да ови скупови јесу минимални, али да могу бити подскуп неког од неминималних скупова пресека. Такође је доказано да су скупови пресека, чији су сви примарни догађаји вишеструкости 1, минимални и да не могу бити подскуп ниједног скупа пресека. Показано је које услове структура СН треба да задовољава да би СН садржало скупове пресека облика C^* . Уколико скуп пресека облика C^* постоји, могуће је одредити минимални број скупова пресека који га садрже, односно који ће се редукovati као његов надскуп.

- Представљен је нови алгоритам редукције (СН3), који је заснован на подели фамилије скупова пресека у три групе: скупови пресека који садрже само примарне догађаје вишеструкости 1 (скуп $K1$), скупови пресека облика C^* (скуп $K2$) и остали скупови пресека (скуп $K3$). Алгоритам редукције СН3 се може применити у свакој методи одозго наниже за одређивање минипресека. Алгоритам ИПМ1 је модификован тако да одређује елементе скупова: $K1$, $K2$ и $K3$ и тестиран на групи *benchmark* СН.

Уколико скуп K_2 није празан, број операција поређења скупова пресека се може значајно смањити ако се прво издвоје K_1 и K_2 – скупови минипресека, затим елиминишу скупови пресека из K_3 који су надскупови скупова пресека из K_2 и на крају изврши међусобно поређење преосталих скупова пресека из K_3 .

– Предложен је приступ у одређивању минипресека СН великих димензија, којим се одређују само минипресеци задатог реда (дужине). Показано је да број места која садрже жетон у сваком маркирању ИМП, односно чвору стабла достижности, не опада, идући од корена ка листовима стабла достижности. На основу тога се за СН без вишеструких догађаја, одређивање минипресека задатог реда своди на одсецање чворова стабла достижности, у којима је број жетона већи од задатог реда. Затим је анализиран параметар одсецања у СН са вишеструким догађајима. Као последица Теореме о минималности скупова пресека облика C^* , може се утврдити горња граница максималног скраћења скупова пресека. За сваки чвор стабла достижности, ова граница представља максималан број примена закона идемпотенције над скуповима пресека добијених у листовима подстабла, чији је корен посматрани чвор.

– Развијен је алгоритам за одређивање минималних скупова пресека датог реда за СН са вишеструким догађајима (ИПМ2), којим се, у сваком чвору стабла достижности, одређује вредност параметра одсецања, која гарантује одређивање свих минипресека задатог реда. Алгоритам ИПМ2 је имплементиран и тестиран на групи *benchmark* СН.

– Дат је преглед напознатијих метода и приступа за: одређивање минипресека СН, редукцију СН и редукцију скупова пресека. Посебно су обрађене и илустроване методе и алгоритми за одређивање минипресека СН помоћу ПМ.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Претпоставке и хипотезе од којих се пошло у истраживању делимично су засноване на постојећем нивоу сазнања у овим областима. Даље истраживање биће у смеру побољшања ефикасности алгоритма ИМП2, другачијим претраживањем графа достижности.

Неки правци даљих истраживања у овим областима су описани у дисертацији. С обзиром на велику флексибилност теорије ПМ, предложени приступ одређивања минипресека помоћу стабла достижности ИПМ, се може проширити на више начина: приступ се може проширити на некохерента СН; ПМ вишег нивоа, посебно Обојене ПМ, пружају могућност увођења вредности жетона која, у случају АСН, може представљати вероватноћу одигравања отказног догађаја; временске и стохастичке ПМ омогућавају моделирање динамичких СН, која у анализу укључују и временску димензију.

Међутим, све аспекте развоја у овим областима ипак није могуће са потпуом извесношћу предвидети у дисертацији.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Предмет ове дисертације је анализа поузданости сложених система која се традиционално базира на анализи стабла неисправности, техници која је развијена из практичних потреба и чије су све касније модификације условљене конкретним практичним проблемима. Тиме је сама дисертација оригинално била оријентисана на примену. Анализа поузданости сложених система се данас, по правилу, бави високопоузданим системима са значајним нивоом уграђене редундансе и сигурносних компонената који заједно чине да минипресеци са великим бројем примарних догађаја

имају изузетно малу вероватноћу одигравања. Због тога је у анализи оваквих система значајно одредити минипресеке са малим бројем примарних догађаја. Приступ, који је коришћен у дисертацији, је управно заснован на одређивању минипресека датог реда, односно минипресека са задатим бројем примарних догађаја. Сам домен примене резултата дисертације је веома широк јер, данас, домен анализе поузданости засноване на АСН постаје готово универзалан, од индустријских и техничких система који обухватају хардвер и софтвер, до примена у роботизици и поузданости софтвера и проширења на разматрање система који укључују човека и његову поузданост.

4.4. Списак објављених радова

Аутор дисертације има објављено укупно 50 радова објављених у целини, 9 радова објављених у изводу, 2 софтверска решења и 2 уџбеника. Списак радова дат је у Прилогу 1, а овде издвајамо следећих 10 који су непосредно везани са темом и радом на докторској дисертацији, а објављени су у међународним и домаћим часописима и конференцијама:

1. Макајић-Николић Д., Једнак С., Бенковић С., Познанић В., "Project finance risk evaluation of the Electric power industry of Serbia", *Energy Policy*, Volume 39, Issue 10, Pages 6168-6177, 2011, doi:10.1016/j.enpol.2011.07.017, IF(2010): 2.629, M21
2. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Примена обојених Петријевих мрежа у реинжењерингу пословних процеса", *ТЕХНИКА* 4-5/2002, Менаџмент пп 5-12. ISSN 0040-2176
3. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "Моделирање процеса отказа и одржавања применом петријевих мрежа", *ТЕХНИЧКА ДИЈАГНОСТИКА* година 2, број 2, 2003, пп 34-39, ISSN 1451-1975
4. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "Примена стабла отказа у анализи ризика у оперативном планирању", *Методе анализе отказа система-Књига 2, АНАЛИЗА СТАБЛА ОТКАЗА (АСО), Теоријски и практични аспекти*, Редактор Љ. Папић, DQM, Чачак, 2004., стр. 91-112
5. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., Страк М., "Fuzzy Petri Net Based Reasoning for the Diagnosis of Bus Condition", *Proceedings of NEUREL 2004: Seventh Seminar on Neural Networks Applications in Electrical Engineering*, (B. Reljin, S. Stanković, Eds.) Belgrade, Serbia and Montenegro, September 23-25, 2004., pp. 225-29
6. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Николић Н., "Одређивање минималних скупова пресека помоћу Петријевих мрежа" *SYM-OP-IS 2004, XXXI Симпозијум о операционим истраживањима*, Фрушка Гора, 14.-17.09.2004., стр. 217-220
7. Макајић-Николић Д., Панић В., Вујошевић М., "Bullwhip Effect and Supply Chain Modelling and Analysis Using CPN Tools", *Fifth Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN Tools*, Aarhus, Denmark, October 8-11, 2004, pp. 219-234
8. Костић-Станковић, М., Макајић-Николић, Д., Вујошевић, М., "Коришћење стабла неисправности у управљању ризиком оглашавања", *Zbornik radova SPIN 2011*, Београд, 2011, 115-121.
9. Јовановић Б., Макајић-Николић Д., Симић Д., Вујошевић М., "Анализа сигурности употребом метода анализе ризика", *INFOTECH 2011, ICT Conference & Exhibition*, Врњачка Бања, 31. 05 – 02. 06.
10. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Minimal Cut Sets Generation Using Reverse Petri Nets", *Proceedings of the 1st International Symposium and 10th Balkan Conference on Operational Research/ volume 2*, BALCOR 2011, 22. 09 – 24. 09., Thessaloniki, Greece, pp. 362-369

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација “НОВИ ПРИСТУП АНАЛИЗИ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНВЕРЗНИХ ПЕТРИЈЕВИХ МРЕЖА” представља савремен и оригиналан допринос научном сазнању у области операционих истраживања са нагласком на примену Петријевих мрежа у Анализи стабла неисправности, једној од основних техника у анализи поузданости. Постављени задаци и циљ истраживања су у потпуности остварени и истраживачке хипотезе научно проверене.

На основу напред изнесених чињеница и оцена Комисија предлаже да се рад мр Драгане Макајић-Николић под називом “НОВИ ПРИСТУП АНАЛИЗИ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНВЕРЗНИХ ПЕТРИЈЕВИХ МРЕЖА” прихвати као докторска дисертација и да се кандидату одобри усмена одбрана.

Комисија за преглед и оцену рада

др Мирко Вујошевић, редовни професор, ФОН

др Мирјана Чангаловић, редовни професор, ФОН

др Милан Станојевић, ванредни професор, ФОН

др Драган Радојевић, научни саветник, Институт Михајло Пупин, Београд

др Владимир Поповић, доцент, Машински факултет, Београд

У Београду, 25. март 2012. године

ПРИЛОГ 1.

Радови у часописима

1. Лечић Д., Чупић М., Макајић Д., "Примена програмског пакета П/Г% као система за подршку одлучивању у судству", прегледни рад у часопису, ИНФО бр.3, мај 1996.
2. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Примена обојених Петријевих мрежа у реинжењерингу пословних процеса", ТЕХНИКА 4-5/2002, Management пп 5-12. ISSN 0040-2176
3. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "Моделирање процеса отказа и одржавања применом петријевих мрежа", ТЕХНИЧКА ДИЈАГНОСТИКА година 2, број 2, 2003, пп 34-39, ISSN 1451-1975
4. Костић-Станковић М., Макајић-Николић Д., Властелица-Бакић Т., Анализа ризика маркетиншке комуникације, *Лидер-директор*, Београд, 4/2008, (стр 21-26, ISSN 1820-5453)
5. Костић-Станковић М., Макајић-Николић Д., Слијепчевић М., Планирање друштвено одговорне кампање са вишеструким специјалним догађајем, Management, 2011, (ISSN 0354-8635, COBBISS.SR-ID 110318855), стр. 15-23
6. Макајић-Николић Д., Једнак С., Бенковић С., Познанић В., "Project finance risk evaluation of the Electric power industry of Serbia", Energy Policy, Volume 39, Issue 10, Pages 6168-6177, 2011, doi:10.1016/j.enpol.2011.07.017, IF(2010): 2.629, M21
7. Макајић-Николић Д., Костић-Станковић М., Слијепчевић М., "Multiple special event timetabling using goal programming", TTEM, Vol.7, No.1, 2/3, pp. 259-268, 2012, IF(2010): 0.256

Радови на међународним конференцијама штампани у целини у зборнику

8. Филиповић В., Костић М., Макајић Д., "Multicriteria Problem of Optimal Media Selection", International Conference on nonlinear analysis and convex analysis NACA '98., Niigata City, Japan, pp. 118-122
9. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., Страк М., "Fuzzy Petri Net Based Reasoning for the Diagnosis of Bus Condition", Proceedings of NEUREL 2004: Seventh Seminar on Neural Networks Applications in Electrical Engineering, (B. Reljin, S. Stanković, Eds.) Belgrade, Serbia and Montenegro, September 23-25, 2004., pp. 225-29
10. Макајић-Николић Д., Панић В., Вујошевић М., "Bullwhip Effect and Supply Chain Modelling and Analysis Using CPN Tools", Fifth Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN Tools, Aarhus, Denmark, October 8-11, 2004, pp. 219-234
11. Андрић Б., Макајић-Николић Д., Стевановић Б., Вујошевић М., "Modelling Inventory Control Process Using Coloured Petri Nets", 7th Balkan Conference on Operational Research, ISBN: 973-8303-69-9 May 25 - 28, 2005, Constanta, Romania, [http://fmi.unibuc.ro/balkan-conf/CD/Section1/Andric %20Makajic-Nikolic %20Stevanovic %20Vujosevic%20.pdf](http://fmi.unibuc.ro/balkan-conf/CD/Section1/Andric%20Makajic-Nikolic%20Stevanovic%20Vujosevic%20.pdf)
12. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Панић В., "A Supply Chain Simulation Model Based On Hierarchical Coloured Petri Net", International Scientific Days 2006 "Competitiveness in the EU - Challenge for the V4 Countries, 17 - 18, 2006, Nitra, Slovak Republic, http://www.fem.uniag.sk/mvd2006/zbornik/sekcia7/s7_panic_biljana_195.pdf, pp. 1431-1436
13. Слијепчевић М., Костић-Станковић М., Макајић-Николић Д., "Methodology of planning a socially responsible campaign based on targeted programming", First Regional Conference of the European Decision Sciences Institute 2010, Barcelona, Espana, july 2-3, 2010, www.iese.edu/en/events/OtrosEventos/EDSICConference/Conference
14. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Minimal Cut Sets Generation Using Reverse Petri Nets", *Proceedings of the 1st International Symposium and 10th Balkan Conference on Operational Research/ volume 2*, BALCOR 2011, 22. 09 – 24. 09., Thessaloniki, Greece, pp. 362-369

15. Станојевић М., Макајић-Николић Д., Свитлица Н., "Optimization of Media Plan Efficiency", *Proceedings of the 1st International Symposium and 10th Balkan Conference on Operational Research/ volume 2*, BALCOR 2011, 22. 09 – 24. 09., Thessaloniki, Greece, pp. 425-432
16. Макајић-Николић Д., Костић-Станковић М., Властелица-Бакић Т., "Modelling Advertising Scheduling To Improve Media Planning", *Proceedings of the 1st International Symposium and 10th Balkan Conference on Operational Research/ volume 2*, BALCOR 2011, 22. 09 – 24. 09., Thessaloniki, Greece, pp. 370-375
17. Мариновић М., Станојевић М., Макајић-Николић Д., "LP Model for Day-ahead Planning in Energy Trading", *Proceedings of the The 11th International Symposium on Operations Research in Slovenia (SOR'11)*, 2011, 75-80.

Радови на домаћим конференцијама са међународним учешћем штампани у целини

18. Макајић, Д., "Проблем расподеле ресурса на Н сектора грађевинског предузећа", SYM-ORG 95, Златибор, 1995.
19. Лечић, Д., Чупић М., Макајић Д., "Примена програмског пакета П/Г% као система за подршку одлучивању у судству", SYM-OP-IS 95, Доњи Милановац, 1995.
20. Макајић Д., Костић М., "Примена вишекритеријумског програмирања у решавању проблема избора медија", СИНФОН 95, Златибор, 1995.
21. Костић, М., Мартић М., Макајић Д., "Мерење тржишне ефикасности марке производа помоћу анализе обавијених података", SYM-OP-IS 96, Златибор, октобар 1996.
22. Макајић, Д., Јаничић Р., "Могућност примене квантитативних метода у теорији хаоса", СИНФОН 96, Златибор, новембар 1996.
23. Јаничић Р., Макајић Д., Костић М., "Модели и методе операционих истраживања у комбиновању инструмената маркетинг микса", SYM-OP-IS 97, Котор, 1997.
24. Макајић Д. "Примена технике мрежног планирања у процесу оперативног планирања и реализације оперативног плана", SYM-OP-IS 98, Херцег Нови, 1998.
25. Мартић М., Макајић Д., Станојевић М., Кнежевић Б., "Унапређење система годишњег планирања у ИЦН Југославија", SYM-OP-IS 98, Херцег Нови, 1998
26. Макајић-Николић Д., Станојевић М., "Проширење модела планирања асортимана" SYM-OP-IS 99, Београд, 1999
27. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Анализа стабла неисправности када су вероватноће примарних догадаја фази бројеви", SYM-OP-IS -2000, стр. 313-317.
28. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Један приступ процени ризика у оперативном планирању", SYM-ORG 2000.
29. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "О применама фази скупова у анализи поузданости", XXIII мајски скуп одржавалаца, Београд, 9-11. мај 2000.г.
30. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Васић Б., "Примена обојених петријевих мрежа у моделирању система одржавања аутобуса", SYM-OP-IS 2001
31. Страк М., Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "Закључивања о стању аутобуса помоћу фази петријевих мрежа", SYM-OP-IS 2001
32. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., "Примена петријевих мрежа у поузданости и одржавању" XXIII мајски скуп одржавалаца, Будва, 30. мај - 2. јун 2001.г
33. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "Преглед примене Петријевих мрежа у реинжењерингу пословних процеса" SYM-ORG Златибор, Јун 2002
34. Панић Б., Лончар Б., Макајић-Николић Д., "Примена Петријевих мрежа у моделирању процеса издавања часописа YUJOR", SYM-OP-IS'02, Тара, октобар 2002 пп V-1-V-5.
35. Андрић Б., Станојевић М., Макајић-Николић Д., Мартић М., "Моделирање система планирања у Дуга Холдинг Ибл", SYM-OP-IS'03, Херцег-Нови, 30.09.-03.10. 2003. пп 339-342

36. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Николић Н., “Одређивање минималних скупова пресека помоћу Петријевих мрежа” SYM-OP-IS 2004, XXXI Симпозијум о операционим истраживањима, Фрушка Гора, 14.-17.09.2004., стр. 217-220
37. Панић Б., Макајић-Николић Д., Вујошевић М., “Моделирање и симулација ефекта бича помоћу обојених Петријевих мрежа” SYM-OP-IS 2004, XXXI Симпозијум о операционим истраживањима, Фрушка Гора, 14.-17.09.2004., стр. 13-16
38. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., “Примена стабла отказа у анализи ризика у оперативном планирању”, Методе анализе отказа система-Књига 2, АНАЛИЗА СТАБЛА ОТКАЗА (АСО), Теоријски и практични аспекти, Редактор Љ. Папић, DQM, Чачак, 2004.,стр. 91-112
39. Макајић-Николић Д., Мартић М., Станојевић М., “Формулација и решавање проблема оптималног распона зарада”, SYM-OP-IS 2005, XXXII Симпозијум о операционим истраживањима, Врњачка Бања, 27.-30.09.2005., ИСБН 86-403-0685-0, стр. 311-314
40. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Мехмедбашић В., “Примена “премијум солвера” за решавање проблема распоређивања еволуционим алгоритмом”, SYM-OP-IS 2005, XXXII Симпозијум о операционим истраживањима, Врњачка Бања, 27.-30.09.2005., ИСБН 86-403-0685-0, стр. 365-368
41. Петровић И., Макајић-Николић Д., Вујошевић М. “Моделирање и симулација процеса пријема робе код veleпродавца воћа применом петријевих мрежа”, SYM-OP-IS 2005, XXXII Симпозијум о операционим истраживањима, Врњачка Бања, 27.-30.09.2005., ИСБН 86-403-0685-0, стр. 373-376
42. Макајић-Николић Д., Андрић Б., Станојевић М., Павловић П., “Симулација рада семафора помоћу петријевих мрежа”, XXXIII Симпозијум о операционим истраживањима, Бања Ковиљача, 3.-6.10.2006., ИСБН 86-82183-07-2, стр. 433-436
43. Новокмет Н., Макајић-Николић Д., Вујошевић М., “Моделирање процеса пријема и испоруке пошиљака помоћу Петријевих мрежа”, XXXIII Симпозијум о операционим истраживањима, Златибор, 16.-19.09.2007., ИСБН 978-86-7680-124-4, стр. 385-388
44. Сретеновић А., М. Станојевић, Савић Г., Макајић Николић Д, Вукојевић Б, “Оптимизација рутирања возила у прицесу сакупљања млека”, *Zbornik radova SYM-OP-IS 2009 Ivanjica*, 2009, 289-292.
45. Мариновић, М., Макајић-Николић Д., Станојевић, М., “Оптимизација дневног планирања трговине електричном енергијом“, *Zbornik radova SYM-OP-IS 2011 Златибор*, 2011, 242-245.
46. Костић-Станковић, М., Макајић-Николић, Д., Вујошевић, М., “Коришћење стабла неисправности у управљању ризиком оглашавања“, *Zbornik radova SPIN 2011*, Београд, 2011, 115-121.

Радови на међународним конференцијама штампани у изводу

47. Д. Макајић-Николић, М. Мартић, М. Станојевић, "Improvement of Annual Planning Production in Yugoslav Pharmaceutical Company", *Proceedings of Abstract of 5th Balkan Conference on Operational Research*, Бања Лука, Република Српска, 2000, 56.
48. Вујошевић М., Макајић-Николић Д., Васић Б., "An application of colored petri nets to modeling of bus maintenance system EURO 2001, The European Operational Research Conference 9-11 July 2001, Rotterdam, The Netherlands, www.euro2001.org
49. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., "[An Application of Coloured Petri Nets to Business Process Reengineering](#)", 6th Balkan Conference on Operational Research, Greece, June 2002
50. Вујошевић М., Страк М., Макајић-Николић Д., "A Fuzzy Petri Net Based Reasoning System For Maintenance Planning", EURO/INFORMS, Joint International Meeting, from 06.07. to 10.07. 2003, Istanbul, The Turkey
51. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Панић Б., “Bullwhip Effect Analysis For Different Prediction And Replenishment Policies”, 7th Balkan Conference on Operational Research, May 25 - 28, 2005, Constanta, Romania

52. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., “Experimenting With Different Supply Chain Parameters Using Cpn Simulator” ,7th ISIR Summer School on “Supply Chain Inventory Management” School of Business Administration, University of Mannheim, Germany, August 14-19, 2005
53. Макајић-Николић Д, Костић-Станковић М, Властелица – Бакић Т, “Risk Analysis In Integrated Marketing Communication Using Petri Nets”, 22nd European Conference on Operational Research EURO XXII, Prague, 2007, (стр. 258-259)
54. Макајић Николић Д., Савић Г., “Improving Media Campaign Performances“ *Volume of Abstracts, 9th Balkan Conference on Operational Research*, Constanta, Romania, September 2th-6th , 2009, 42, ISBN: 973-86-979-9-9, <http://civile.utcb.ro/balcor/>
55. Макајић Николић Д., Савић Г., Вујошевић М., Новокмет Н., “Queuing System Simulation and Efficiency Evaluation by Petri Nets and Data Envelopment Analysis ”, *Volume of Abstracts, EURO XXIV*, Lisbon, 2010, 74

Радови на домаћим конференцијама са међународним учешћем објављени на CD

56. Макајић-Николић Д., Вујошевић М., Павловић В., “Анализа ризика у производним плановима коришћењем стабла неисправности и Петријевих мрежа”, SimOrg, Златибор, Јун 2004
57. Николић Н., Макајић-Николић Д., “Решавање проблема распоређивања у производним системима применом Петријевих мрежа”, СимОрг, Златибор, Јун 2004
58. Макајић-Николић Д., Станојевић М., Андрић Б., “Утицај расподеле фиксних трошкова на оптимизацију производног програма”, Симорг, Златибор, 7-10.06.2006.
59. Јовановић Б., Макајић-Николић Д., Симић Д., Вујошевић М., “Анализа сигурности употребом метода анализе ризика”, INFOTECH 2011, ICT Conference & Exhibition, Врњачка Бања, 31. 05 – 02. 06.

Софтвер

1. Станојевић М., Макајић-Николић Д., Савић Г., „ОптРуте”, софтвер за оптимизацију рута дистрибуције лекова израђен у оквиру пројекта Министарства за науку Републике Србије - 13016 (2008-2010), корисник Pharma Swiss.
2. Станојевић, М., Макајић-Николић, Д. Савић, Г. „ОптПлан”, Софтвер за оптимизацију производног програма израђен у оквиру пројекта Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије – 13016 (2008–2010), корисник „Моћ природе груп д.о.о.”, Београд.

Уџбеници:

1. М. Мартић, Д. Макајић-Николић, Г. Поповић, Б. Панић: Операциона истраживања 1, Збирка задатака, ФОН, 2006.
2. М. Мартић, М.Станојевић, Д. Макајић-Николић, М.Кузмановић, Г. Поповић, Б. Панић, Б. Андрић: Операциона истраживања 2, Збирка задатака, ФОН, 2006.