

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73  
18000 Ниш · Србија  
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399  
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs  
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ  
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73  
18000 Niš - Serbia  
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399  
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs  
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН

06.02.2024. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е  
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата дипл. мат. Душана Симјановића под насловом „Тензорски рачун у просторима симетричне и несиметричне афине конекције и примене у линеарном програмирању и пројектовању фази регулатора“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **07.03.2024. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа  
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан  
  
Проф. др Драган Манчић



**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

Презиме, име једног  
родитеља и име  
Датум и место рођења

Симјановић, Јордан, Душан  
10. 12. 1985. Скопље

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ  
У НИШУ

Примљено 06.02.2024.

Број

07/03-008/24-001

**Основне студије**

Универзитет Универзитет у Нишу  
Факултет Природно-математички факултет  
Студијски програм Математика  
Звање Дипломирани математичар за теоријску математику и примене  
Година уписа 2004.  
Година завршетка 2010.  
Просечна оцена 8, 43 (осам и 43/100)

**Мастер студије, магистарске студије**

Универзитет  
Факултет  
Студијски програм  
Звање  
Година уписа  
Година завршетка  
Просечна оцена  
Научна област  
Наслов завршног рада

**Докторске студије**

Универзитет Универзитет у Нишу  
Факултет Електронски факултет у Нишу  
Студијски програм Електротехника и рачунарство  
Година уписа 2020.  
Остварен број ЕСПБ бодова 150  
Просечна оцена 10, 00 (десет и 00/100)

**НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Наслов теме докторске дисертације Тензорски рачун у просторима симетричне и несиметричне афине конекције и примене у линеарном програмирању и пројектовању фази регулатора  
Име и презиме ментора, звање Др Марко Т. Милојковић, редовни професор  
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације 8/20-01-008/23-019 од 09. 10. 2023.

**ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Број страна 196  
Број поглавља 6  
Број слика (шема, графикона) 24  
Број табела 3  
Број прилога 0

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p><b>Simjanović, D. J., Vesić, N. O.,</b> Commutation formulae with respect to non-symmetric affine connection, Quaestiones Mathematicae, 2022, 45 (11), 1669-1682.</p> <p><i>Овим радом је употпуњено факторисање комутационих формула добијених на основу несиметричне афине конекције. Доказано је да, у простору несиметричне афине конекције, псеудотензори кривине нису уопштења тензора кривине добијеног на основу симетричне афине конекције. Тиме је показано да само фамилија тензора кривине простора несиметричне афине конекције може бити разматрана као кривина тог простора, док су псеудотензори кривине простора несиметричне афине конекције геометријски објекти који могу бити анализирани, али не у смислу равноправности са тензорима кривине.</i></p>	M21
2	<p><b>Simjanović, D. J., Vesić, N. O.,</b> Novel invariants for almost geodesic mappings of the third type, Miskolc Mathematical Notes, 2021, 22 (2), 961-975.</p> <p><i>У овом раду су добијене инваријанте еквиторзионог скоро геодезијског пресликавања треће врсте простора несиметричне афине конекције. Као додатни резултат, уведени су појмови вредносне и тоталне инваријанте што је омогућило да се одреде нове инваријанте скоро геодезијског пресликавања треће врсте простора несиметричне афине конекције.</i></p>	M22
3	<p><b>Simjanović, D. J., Vesić, N. O., Ignjatović, J. M., Randelović, B. M.,</b> A Novel Surface Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Filomat, 2023, 37 (11), 3357-3370.</p> <p><i>Овај рад има за циљ да надогради концепт сферних фази скупова узимајући у обзир неодлучност, његову трећу координату, као функцију уместо константе. Ово проширује „спектар“ доносилаца одлука, омогућавајући им да опсежније опишу нејасни део података. Као дистанца пута између два фази скупа, коришћене су геодезијске линије уместо великих кругова, повезујући фази логику са диференцијалном геометријом. Проучавана су алгебарска својства која се тичу асоцијативности и неутралних елемената за операције <math>\oplus</math> и <math>\otimes</math>, за дефинисане површинске фази скупове. Поред тога, примена површинских фази скупова у оквиру АХП-а се користи за рангирање подкритеријума безбедности, приватности и овлашћења који утичу на веб-сајтове за е-трговину.</i></p>	M22
4	<p><b>Simjanović, D. J.,</b> Tensor approach to finding a basic feasible solution of the transportation problem, Appl. Math. Comp., 2023, 7 (1), 25-35.</p> <p><i>У овом раду, уопштен је Транспортни проблем заснован на константној матрици коштања. То уопштење је реализовано дефинисањем коначнодимензионе матрично вредносне функције која је општа матрица коштања. Уочено је да функција коштања у транспортном проблему представља композицију два Кронекерова делта симбола са компонентама матрице коштања и матрице робе. Уопштење тог проблема, које је учињено, огледа се у композицији матрице коштања и матрице робе са два симетрична контраваријантна метричка тензора. Успостављен је однос између иницијалног и уопштеног Транспортног проблема. Генерализани приступ Транспортном проблему омогућава разматрање случаја временски зависних цена.</i></p>	M54
5	<p><b>Simjanović, D. J., Milojković, M. T.,</b> On a defuzzification process of fuzzy controllers, Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics, 2023, 22 (2), 115-130.</p> <p><i>У овом раду разматрана су потенцијална побољшања при пројектовању система аутоматског управљања са фази регулаторима. Представљена су четири различита начина процеса дефазификације потврђена на примеру симулације нуклеарног фази регулатора. Решење добијено применом уграђене функције MATLAB fuzzy toolboxa је временски прилично захтевно, док два решења заснована на дефазификацији трапезоидних фази бројева имају предност у израчунавању фази крисп вредности. Такође, дато је и геометријски засновано решење за одређивање праве којом је полигон добијен процесом агрегације подељен на два дела једнаких површина.</i></p>	M53

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

**ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

<b>Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.</b>	<b>ДА</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

На основу Извештаја Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације и покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације, установљено је да кандидат Душан Ј. Симјановић, дипломирани математичар за теоријску математику и примене, **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Наиме, кандидат Душан Ј. Симјановић, дипл. мат. доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе, као и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје Универзитет у Нишу, па је Комисија, сходно томе, предложила покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

## ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### Кратак опис појединих делова дисертације

Докторска дисертација је посвећена уопштењу тензорског рачуна у просторима симетричне и несиметричне афине конекције, чија примена у линеарном програмирању и пројектовању фази регулатора може донети побољшања у практичним техничким решењима. Дисертација има логичан ток и прецизно је језички формулисана. Подељена је на шест поглавља: *Основни појмови, Коваријантни изводи и Ричијеви идентитети, Инваријанте, Тензорски рачун и линеарно програмирање, Примена тензора у пројектовању фази регулатора и Закључак*. Осим наведених поглавља, дисертација садржи и одговарајући кратак резиме, написан на српском и енглеском језику, списак слика и табела, увод и литературу. У уводу су представљени главни доприноси докторске дисертације и изведени одговарајући закључци.

Поред основног циља, предметна истраживања су усмерена на примену скаларног производа генерисаног симетричним контраваријантним метричким тензором ради дефинисања циљне функције и уопштавања проблема транспорта, као и дефинисања површинских фази скупова коришћених при описивању неодлучности, вишезначности и неодређености код пројектовања оптималног управљања и побољшања перформанси фази регулатора.

У првом поглављу су представљени основни теоријски појмови из области диференцијалне геометрије који су потребни за даљи рад. У Еуклидском тродимензионалном простору  $E^3$  дефинисане су површи, њихове основне особине, прве квадратне форме и основе тензорског рачуна на површима. Затим су тензори дефинисани у индексном и операторском облику, уз навођење дефиниције Римановог и генералисаног Римановог простора и одговарајућих коваријантних извода и тензора кривине. Наставља се навођењем уопштења Римановог и генералисаног Римановог простора и свих присутних величина у просторима симетричне и несиметричне афине конекције. Ово поглавље се завршава дефинисањем геометријских пресликавања простора афине конекције, уз посебан осврт на геодезијска пресликавања простора симетричне афине конекције и њихове инваријанте (Томасов пројективни параметар и Вејлов пројективни тензор).

Коваријантним изводима простора несиметричне афине конекције и одговарајућим Ричијевим идентитетима почиње друго поглавље. Најпре је, на основу резултата који доказују да се на основу алтернације двоструких коваријантних извода дефинисаних на основу афине конекције са торзијом тензора типа  $(1,1)$  не добијају псевдотензори кривине као компоненте тих разлика, потврђено да исто важи и за алтернацију двоструких коваријантних извода тензора типа  $(p,q)$  дефинисаних на основу афине конекције са торзијом. У наставку су, у операторском облику, размотрени Ричијеви идентитети генерисани афином конекцијом са торзијом и добијене одговарајуће фамилије тензора кривине. Анализирани су и линеарно независни тензори кривине простора несиметричне афине конекције. Такође је успостављена веза између тензора кривине простора несиметричне афине конекције и тензора кривине Римановог простора. Тензор кривине простора семи-симетричне афине конекције такође је тема овог поглавља.

У трећем поглављу се разматрају инваријанте трансформација афиних конекција простора несиметричне афине конекције: инваријанте геометријских пресликавања и скоро геодезијских пресликавања трећег типа. Добијена су уопштења скорашњих резултата објављених у еминентним часописима. Учинак (генерализација) остварен у овом поглављу огледа се у дефинисању две врсте инваријанти, вредносне и тоталне, које су у наставку анализирани у операторском и индексном запису. Ова генерализација је искорак јер су, до сада, инваријанте геометријских пресликавања биле истог облика и вредности. Увођење два типа инваријанти се омогућава добијање нових инваријанти, на пример скоро геодезијских пресликавања.

Главна идеја четвртог поглавља тиче се примене тензорског рачуна у неким аспектима линеарног програмирања. Заменом Кронекерове делте са горњим индексима симетричним контраваријантним метричким тензором уопштена је циљна функција, чиме је омогућено коришћење нових параметара. На тај начин је, уз дефинисање коначнодимензионе матрично вредносне функције која представља матрицу коштања транспортног проблема, добијена веза између почетног и генералисаног транспортног проблема, омогућајући разматрање случаја временски зависних цена.

Пето поглавље почиње освртом на историју фази скупова и фази логике, навођењем различитих релација и операција на фази скуповима, као и нека уопштења фази скупова са посебним акцентом на сферичне фази скупове. Дефинисањем површинских фази скупова (кроз одређивање најкраћих растојања на површи) и неких њихових алгебарских особина, дошло се до побољшања и прецизнијег описивања неодређености и вишезначних одлука, што води унапређењу појма сферичног фази скупа и конкретнијег и одређенијег дефинисања улазних величина АКО-ОНДА правила. На тај начин, као и применом различитих метода фазификације и дефазификације троугаоних и трапезоидних фази бројева, могу се побољшати перформансе фази регулатора и последично, система аутоматског управљања са фази регулаторима. На конкретном примеру, применом два различита метода дефазификације, добијена су бржа времена реализације рачунских операција него у решењу применом уграђеног MATLAB Fuzzy Toolboxа, што је кључни фактор код система са управљањем у реалном времену. Осим тога, дато је и решење засновано на геометријском приступу, којим је полигон добијен у процесу агрегације подељен правом  $x = x_0$  на два дела једнаких површина.

У шестом, последњем поглављу, извршена је анализа резултата добијених истраживањима у овој дисертацији. Кроз дискусије и закључке учињен је осврт на резултате остварене у раду, уз навођење остварених доприноса.

На крају се налази списак литературе која је коришћена за реализацију истраживања и израду дисертације.

## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације

Кандидат је успешно остварио све постављене циљеве из пријаве докторске дисертације. Наиме, главни циљ спроведеног научног истраживања тича се одређивања веза Ричијевих идентитета и тензора типа  $(p,q)$ , трансформација афиних конекција дефинисаних на истој многострукости и генералисаних Риманових простора у Ајзенхартовом смислу,

простора  $GR_N$ . У раду са Ричијевим идентитетима и тензорима типа  $(p,q)$  који су изведени на основу несиметричне афине конекције, доказано је непостојање псеудотензора кривине простора несиметричне афине конекције (простора  $GA_N$ ) у смислу тензора кривине простора симетричне афине конекције (простора  $A_N$ ). Такође, доказано је постојање геометријских објеката који задржавају своје облике и вредности при трансформацији афиних конекција дефинисаних на истој многострукости.

Дефинисањем скаларног производа помоћу симетричног контраваријантног метричког тензора и заменом делова матрице коштања (два Кронекерова делта симбола) са два симетрична контраваријантна метричка тензора, дошло се до уопштења транспортног проблема и одређена је веза између стандардног и генерализованог транспортног проблема.

Коришћење тензорског рачуна и фази логике, због своје једноставне примене, омогућава моделирање сложених динамичких система и пројектовање фази регулатора са побољшаним перформансама у односу на класичне фази регулаторе. Троугаони, трапезоидни, сферни и/или површински фази бројеви, због једноставних метода дефазификације, омогућавају брже извршавање рачунских операција и краће потребно време за извршавање неопходних управљачких реакција, побољшавајући карактеристике система аутоматског управљања. Ово је нарочито важно код критичних система у којима се очекује брза реакција.

Докторска дисертација је актуелна како са научног становишта, тако и са становишта примене у инжењерским наукама и представља добру основу за нова истраживања у овој области, како у погледу примене тензорског рачуна, тако и у погледу примене тензора и фази логике у побољшању перформанси система аутоматског управљања.

## Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације

Најзначајнији доприноси докторске дисертације Душана Ј. Симјановића, дипломираног математичара за теоријску математику и примене, су:

- Одређивање компоненти алтернације двоструког коваријантног извода и испитивање односа између тензора и псеудотензора кривине простора несиметричне афине конекције, чији су ефекти видљиви у доказу непостојања псеудотензора кривине простора несиметричне афине конекције (простора  $GA_N$ ) у смислу тензора кривине простора симетричне афине конекције (простора  $A_N$ );
- Уопштавање појма инваријанте геометријског пресликавања и одређивање фамилије инваријанти простора  $GA_N$  (тоталних и вредносних инваријанти);
- Примена тензорског рачуна у линеарном програмирању чији је ефекат видљив у генерализацији транспортног проблема (за дефинисање циљне функције коришћен је контраваријантни метрички тензор). На овај начин се, одређивањем екстремних вредности функција датог система, може побољшати аутоматско управљање;
- Дефинисани су површински фази бројеви/скупови као уопштење сферичних фази бројева и доказане неке њихове алгебарске особине (асоцијативност и постојање неутралних елемената за обе дефинисане операције). Побољшање овог новог типа фази бројева огледа се у томе што се трећа координата посматра као функција, омогућавајући доносиоцима одлука већи степен слободe, што је и приказано коришћењем површинског фази АНР метода.
- Применом различитих фази бројева и различитих поступака фазификације и дефазификације (прецизнијим дефинисањем улазних и излазних величина), могу се побољшати перформансе фази регулатора, а самим тим и перформансе система аутоматског управљања. Модел представљен у овој дисертацији проверен је симулацијом на конкретном примеру, где су, применом различитих метода дефазификације трапезоидних фази бројева, добијена краћа потребна времена за извршавање рачунских операција у поређењу са решењем уграђеног MATLAB Fuzzy Toolboxa.

Истраживања спроведена у овој дисертацији и добијени резултати отварају могућност да се истраживања прошире на семисиметричне, полусиметричне и четвртсиметричне просторе.

Будућа истраживања би такође требало усмерити ка примени постојећег модела површинског фази АНР метода и особина тензорског рачуна на различите системе у техници и линеарном програмирању.

Један део резултата, непосредно проистеклих из дисертације, или директно у вези са њом, већ је верификован у научним радовима објављеним у истакнутим међународним и домаћим часописима који су цитирани у оквиру литературе.

## Оцена самосталности научног рада кандидата

Кандидат Душан Ј. Симјановић је у научно-истраживачком раду за докторску дисертацију показао самосталност, која се посебно огледа кроз предлог идеја и поступака за доказивање тврђења тензорског рачуна, нове приступе његовој теоријској анализи и примени у поступку генерализације транспортног проблема. Такође, независност и креативност у раду демонстрирао је у поступку одређивања инваријанти неких геометријских пресликавања, као и примени фази скупова и разних метода дефазификације полигона добијеног поступком агрегације код фази регулатора.

Претходно публиковани резултати су добијени у раду са професорима Математичког института САНУ у Београду, Електронског факултета у Нишу и Природно-математичког факултета у Нишу. Провером докторске дисертације на плагијаризам од стране Универзитета у Нишу потврђена је њена оригиналност, као и самосталност научног рада кандидата.

## ЗАКЉУЧАК

На основу целовитог увида може се закључити да поднета докторска дисертација Душана Ј. Симјановића, дипломираног математичара за теоријску математику и примене, садржи низ оригиналних научних доприноса развоју тензорског рачуна и фази логике, како у теоретском аспекту, тако и њиховој примени у линеарном програмирању и системима аутоматског управљања. Приказаним резултатима обезбеђена је добра основа за будућа истраживања у научној области примењене математике.

Имајући у виду значај обрађене проблематике и остварене научне резултате, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Електронског факултета у Нишу да прихвати докторску дисертацију кандидата Душана Ј. Симјановића, дипл. мат. под насловом „Тензорски рачун у просторима симетричне и несиметричне афине конекције и примене у линеарном програмирању и пројектовању фази регулатора" и одобри њену усмену одбрану.

## КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовану  
Комисије

8/20-01-001/24-022

Датум именовања Комисије

22. 01. 2024. године

Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
	Проф. др Јелена Игњатовић, редовни професор	председник
1.	Рачунарске науке (Научна област)	Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)
	Проф. др Марко Милојковић, редовни професор	ментор
2.	Електротехничко и рачунарско инжењерство (Научна област)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)
	Проф. др Бранислав Ранђеловић, ванредни професор	члан
3.	Математичке науке (Научна област)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)
	Проф. др Саша С. Николић, ванредни професор	члан
4.	Електротехничко и рачунарско инжењерство (Научна област)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)
	др Ненад Весић, научни сарадник	члан
5.	Математика (Научна област)	Математички институт САНУ у Београду (Установа у којој је запослен)

Датум и место: 05. 02. 2024. године, Ниш