

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовео комисију: 13.5.2021. Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Владимир Костић	ванредни професор	Нумеричка математика, 28.1.2021.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Природно-математички факултет у Новом Саду	председник	
установа у којој је запослен-а	функција у комисији	
2. др Љиљана Цветковић	редовни професор	Нумеричка математика, 10.3.1997.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Природно-математички факултет у Новом Саду	ментор	
установа у којој је запослен-а	функција у комисији	
3. др Маја Недовић	доцент	Теоријска и примењена математика, 1.4.2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука у Новом Саду	члан	
установа у којој је запослен-а	функција у комисији	
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: Ернест, Ернест, Шанца		
2. Датум рођења, општина, држава: 06.05.1991, Нови Сад, Нови Сад, Србија		
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Природно-математички факултет Нови Сад, мастер студије примењене математике – математика финансија, мастер математичар - примењена математика		
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2015, докторске академске студије математике		
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:		
Динамичка анализа комплексних система у светлу X-матрица		

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Динамичка својства комплексних система, као што су стабилност, робусност, реактивност, транзиционо понашање, амплификациони оквир и слично су питања која леже у основи моделирања комплексних система и развоја одрживих стратегија за њихово очување и обнову. Стога је важно развити одговарајуће алате за испитивање тих динамичких својстава. Примарни циљ ове дисертације управо је усмерен у том правцу – да свеобухватним приступом повеже теорију X-матрица са разним динамичким својствима сложених система.

Дисертација је композиционо састављена из пет поглавља.

У првом делу дати су фундаментални резултати из области теорије X-матрица. Они започињу систематизацијом постојећих поткласа X-матрица и њихових блок општења, настављају се резултатима спектралне и псеудоспектралне теорије, као и оценама норме инверзне матрице, а представљају језгро дисертације, пре свега због тога што су у основи мотивисани решавањем реалних сложених проблема.

Друго поглавље уводи основне концепте теорије динамичких система, при чему је акценат стављен на непрекидне комплексне системе инваријантне у времену. Имајући у виду доминантно нелинеарни карактер феномена у природи и друштву, који се анализирају на околина равнотежне тачке на којој важи линеаризација, дисертација се бави искључиво непрекидним линеарним аутономним динамичким системима. У овом поглављу је представљен и модел емпиријских мрежа исхране екосистема тла, а поглавље се завршава поставком модела фракционих динамичких система, са посебним нагласком на бенефите које њихова употреба пружа.

Треће поглавље доноси преглед локализација матричног спектра, које су у блиској вези са концептом X-матрица. Након прегледа резултата у области, оно се завршава применом у динамичкој анализи комплексних система, у облику довољних услова за асимптотску стабилност, као и прегледом још неких динамичких својстава. Напоменимо да је познато да, у већини случајева, матрични спектар пружа сасвим адекватну количину информација о понашању и динамичким својствима комплексних система, осим када је структура матрице таква да није у стању да амортизује ефекат малих пертурбација на иначе осетљиве корене. Карактеристични корени представљају својеврсни "генетски код" матрица који открива њихов "карактер" и осликава им "генетски портрет" у комплексној равни.

У четвртој глави дата је систематизација постојећих, као и неке нове оцене норми инверза матрица из неких специјалних поткласа X-матрица.

Пето – закључно поглавље посвећено је матричном псеудоспектру, као и његовим блок и фракционим варијантама. Дат је преглед постојећих, као и формулација оригиналних научних доприноса, са освртом на оцене за растојање до нестабилности блок матрица, као и система линеарних фракционих диференцијалних једначина. Разлог за детаљно изучавање псеудоспектра лежи у чињеници да постоје матричне структуре подложне високој осетљивости спектралних особина, као што је на пример стабилност, чак и у условима контролисаних промена (пертурбација). Ова осетљивост на мале пертурбације у већини случајева осликава транзициону нестабилност иначе асимптотски стабилних комплексних система.

Дисертација се завршава закључним разматрањима и списком коришћених релевантних библиографских извора, на основу којих се види се да се предмету истраживања приступило свеобухватно и то из перспективе примењене линеарне алгебре. Литература је актуелна и садржи радове у најпрестижнијим светским научним часописима.

Нумеричка алгоритамска решења за спровођење израчунавања оцена норми инверза, као и репродукцију визуализација локализационих области спектра, блок и фракционог псеудоспектра у програмском пакету МАТЛАБ, обухваћена су каталогом кодова.

Дисертација има 198 страна, 5 поглавља, 119 референци, 41 слику и 1 прилог.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У реалном окружењу свакодневно сусрећемо разноврсне комплексне мреже, попут финансијских, неуралних, електро-енергетских, друштвених, биолошких, еколошких и многих других. Као последица изузетно високог степена сложености, оне могу испољити веома различита динамичка својства, па је од кључног интереса успоставити везу између тополошког и динамичког аспекта оваквих система. Међу многобројним приступима успостављању такве везе издваја се онај који је заснован на имплементацији алата примењене (нумеричке) линеарне алгебре која у јеку савремене "Биг Дата" ере, уз експоненцијални раст рачунских капацитета савремених рачунара, све више добија на значају. Тај приступ захтева нове резултате из области локализације спектра и псеудоспектра, као и оцене норме инверзне матрице. Управо ти резултати представљају оригинални научни допринос дисертације:

1. Оцена норме инверзне матрице за неку од поткласа X -матрица, између осталог, представља добру полазну тачку за локализацију псеудоспектра произвољне матрице. У дисертацији је представљен генерални принцип добијања оцена норме један за произвољну X -матрицу, како би се у комбинацији са оценама норме бесконачно за неке специјалне поткласе, добиле доње оцене минималне сингуларне вредности. На конкретним примерима из праксе су илустровани бенефити добијених резултата.
2. Матрице великих димензија са блоковском структуром јављају се приликом дискретизације парцијалних диференцијалних једначина методама коначних елемената или коначних разлика, затим током рада са структурираним мрежама, али и као производи у међуокорацима разних нумеричких алгоритама. Анализа њиховог псеудоспектра је посебан изазов, а дисертација има оригинални допринос и тој проблематици, при чему је, као последица, изведена и оцена за растојање до нестабилности блок матрица, како у норми бесконачно, тако и у Еуклидској норми.
3. Још један оригинални научни допринос односи се анализу робусне асимптотске стабилности еквилибријума комплексних система описаних (несразмерним) линеарним системом фракционих диференцијалних једначина. Уведен је појам фракционог псеудоспектра, а потом и техника његове локализације.

Након сваког новог научног сазнања о некој поткласи X -матрица, дат је осврт на могуће примене у динамичкој анализи комплексних система, где је, осим добијених резултата, имплементиран и одговарајући алгоритам у програмском пакету МАТЛАБ.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

- [1] Šanca Ernest, Kostić Vladimir, Cvetković Ljiljana: *Fractional pseudospectra and their localizations. Linear Algebra and its Applications* 559 (2018) : 244-269. (M21)
- [2] Kostić Vladimir, Cvetković Ljiljana, Šanca Ernest: *From pseudospectra of diagonal blocks to pseudospectrum of a full matrix, Journal of Computational and Applied Mathematics* 386 (2021) : 113265. (M21)
- [3] Doroslovački Ksenija, Cvetković Ljiljana, Šanca Ernest: *A New Lower Bound for the Smallest Singular Value, FILOMAT* 33(9) (2019) : 2711-2723. (M22)
- [4] Cvetković Ljiljana, Kostić Vladimir, Šanca Ernest: *A wider convergence area for the MSTMAOR iteration methods for LCP, Numerical Algorithms* 71,1 (2015) : 77-88 (M21)
- [5] Cvetković Ljiljana, Kostić Vladimir, Šanca Ernest, Saed Abear, *Error Control Based on the Novel Proof of Convergence of the MSMAOR Methods for the LCP, East Asian Journal on Applied Mathematics* 8,2 (2018) : 352-364 (M23)

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације.

<p>VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:</p>
<p>Систематско повезивање динамичких својстава комплексних система са теоријом Х-матрица захтевало је нове резултате из области локализације спектра и псеудоспектра, као и оцене норме инверзне матрице, како у тачкастој, тако и у блок форми. Ти резултати представљају оригинални допринос дисертације области примењене линеарне алгебре и могу се поделити у три основна правца. Први је извођење оцена норме инверзне матрице за неку од поткласа Х-матрица, што, између осталог, представља добру полазну тачку за оцену резолвенте, а затим и за локализацију псеудоспектра произвољне матрице. На примеру комплексних система из екологије, као и на примеру блок матрица великих димензија проистеклих из контурних проблема, илустровани су бенефити добијених резултата. Други правац представљају поменуте матрице великих димензија са блоковском структуром и анализа њиховог псеудоспектра, што је посебан изазов, с обзиром да се оне јављају у великом броју практичних примена. Трећи правац мотивисан је успешном употребом фракционих диференцијалних једначина у моделирању разноврсних значајних процеса у природи и друштву. Уведен је појам фракционог псеудоспектра, а потом и техника његове локализације. Овај нови приступ је имплементиран и анализиран на реалном моделу емпиријске трофичке мреже, како би се успоставила веза између асимптотске стабилности (која укључује наследне особине у динамици живих организама) са једне и емпиријских података (као и могућих грешака приликом њиховог прикупљања) са друге стране. Уз добијене резултате, имплементиран је и одговарајући алгоритам у програмском пакету МАТЛАБ.</p>
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:</p> <p>Начин приказа и тумачења резултата истраживања одликују се систематичношћу, прегледношћу, јединственим приступом и јасном могућношћу примене.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме? Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе? Дисертација садржи све битне елементе.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци? Оригиналан допринос науци се огледа, пре свега, у новим резултатима из теорије Х матрица, прецизније – локализације спектра и псеудоспектра, а са тим у вези и оцене норме инверзне матрице. Важно је, међутим, напоменути да ти оригинални резултати, осим што су сами по себи добринос области примењене, односно нумеричке линеарне алгебре, представљају добру основу за систематско повезивање са динамичким својствима комплексних система, као што су стабилност, робусност, реактивност, транзиционо понашање, амплификациони оквир и слично, што јесте био главни мотив истраживања ове докторске дисертације. Напомена: Докторска дисертација је прошла проверу оригиналности применом софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate који је показао да „индекс сличности” (енгл. similarity index) износи 4% (према упутству произвођача софтвера, све вредности испод 15 % представљају оригиналан рад).</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? Нема их.</p>

X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

Место и датум:
Нови Сад, 14.5.2021.

1. др Владимир Костић, ванредни професор

_____, председник

2. др Љиљана Цветковић, редовни професор

_____, ментор

3. др Маја Недовић, доцент

_____, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.