

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

538/5

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)

28.05.2012. године

(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06)“, дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

НЕБОЈШЕ (ЈОВИЦА) ДИМИТРИЈЕВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **НЕБОЈША (ЈОВИЦА) ДИМИТРИЈЕВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ

Универзитет је дана 16.04.2010. год. својим актом под бр 020-1212/4-2/10 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НЕБОЈШЕ (ЈОВИЦА) ДИМИТРИЈЕВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 12.04.2012. године, одлуком факултета под бр 538/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Драгутин Дебељковић</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Михаило Лазаревић</u>	Редовни професор	Механика	Машински факултет Београд
3. <u>Др Сретен Стојановић</u>	Ванредни професор	Електротехника и аутоматско управљање	Технолошки факулт. Лесковац

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 26.04.2012. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

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.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 538/4
Датум: 26.04.2012. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Драгутин Дебељковић, ментор, проф.др Михаило Лазаревић, проф.др Сретен Стојановић, Технолошки факултет у Лесковцу, Универзитета у Нишу о оцени докторске дисертације „Динамичка анализа посебних класа система са чистим временским кашњењем“ докторанта мр Небојше Димитријевића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 26.04.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ“** докторанта **МР НЕБОЈШЕ ДИМИТРИЈЕВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај о завршеној докторској дисертацији Мр Небојше Ј. Димитријевића, дипл.машинског инжењера

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број **1015/2 од 12.04.2012.** године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Мр Небојше Ј. Димитријевића, дипл. машинског инжењера под насловом „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“, о којој подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација мр Мр Небојше Ј. Димитријевића, дипл. инж. маш., под насловом „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“, изложена је на **230 страна, у оквиру 12 поглавља.**

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Небојша Ј. Димитријевић, дипл. инж. маш., пријавио је израду докторске дисертације 20.01.2010. год. под бројем **88/1** Машинском факултету Универзитета у Београду.

На основу захтева Катедре за аутоматско управљање бр. **88/2**, од 01.02.2012. год., Научно-наставно веће Машинског факултета у Београду, донело је Одлуку бр. **88/3** од 05.02. 2012. год., којом је кандидату мр Небојши Ј. Димитријевићу, дипл. инж. маш., прихваћена тема докторске дисертације под називом: „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“ и именована Комисија у саставу: проф. др Драгутин Љ. Дебељковић, проф. др Михаило П. Лазаревић и доцент Др Сретен Б. Стојановић за подношење извештаја о прихватању теме и подобности кандидата за њену израду.

На основу претходно поменуте Одлуке Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: проф. др Драгутин Љ. Дебељковић, проф. др Михаило П. Лазаревић и доцент Др Сретен Б. Стојановић, поднела је Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду одговарајући извештај бр. **88/3** од 08.02.2010. године.

Одлуком Научно-наставног већа бр. **88/4** од 23.02.2010. год. прихваћен је предлог о испуњености услова и научној заснованости теме докторске дисертације под називом: „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“, докторанта мр Небојше Ј. Димитријевића, дипл. инж. маш. А за ментора дисертације одређен је проф. Др Драгутин Љ. Дебељковић.

На основу ове одлуке Научно-наставног већа Машинског факултета у Београду о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности, Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, са седнице одржане 16.04.2010., године декан Машинског факултета Универзитета у Београду је одлуком број бр. **756/1** од 10.05.2010. године одобрио рад на теми докторске дисертације „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“ докторанта мр Небојше Ј. Димитријевића, дипл. инж. маш.

За ментора дисертације именован је проф. др Драгутин Љ. Дебељковић.

На основу извештаја проф. др Драгутина Љ. Дебељковић, ментора, да је докторант мр Небојша Ј. Димитријевић дипл. инж. Маш. завршио докторску дисертацију „**ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“, као и предлога Катедре за аутоматско управљање, бр. **538/1** од 20.03.2012. год., Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку **број 538/2 од 12.04.2012.** године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу проф. др Драгутин Љ. Дебељковић, проф. др Михаило П. Лазаревић и ванредни проф. др Сретен Б. Стојановић.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Научна област докторске дисертације је машинство, а ужа научна област је аутоматско управљање.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Мр Небојаша (Јовица) Димитријевић, дипл. инж. маш., рођен је 21.05.1973.год. у Врању.

Похађао је и завршио основну школу “Радоје Домановић” и гимназију “Бора Станковић”, обе у Врању.

Студије на Машинском факултету у Београду, смер Аутоматско управљање, завршио је 1998.год., са просечном оценом од 8, 43 (осам и 43/100) одбранивши дипломски рад под називом: “Примена параметарских метода у анализи и синтези динамичког понашања система са кашњењем на коначном временском интервалу“, оценом 10 (десет).

Последиломске студије уписао је, такође, на Машинском факултету у Београду, одсек за аутоматско управљање, одбранивши магистарску тезу под називом: “Динамичка анализа и стабилизација временски континуалних линеарних сингуларних система са чистим временским кашњењем“, крајем 2009. године.

2000. године запослио се у радној организацији “Алфа Плам”, Врање, а од 2010. године ради у звању предавача на Високој школи примењених струковних студија, Врање.

1.5 Објављени радови кандидата

Radovi objavljeni u međunarodnim časopisima: (M_{23}) = 3

- [1] Stojanović, S. B., D. Lj. Debeljković, **N. J. Dimitrijević**, “Finite-time stability of discrete-time systems with time-varying delay”, *Chemical Industry & Chemical Eng. Quarterly* (2012), ISSN 0367-598X, IF (2010) 0,137, [DOI:10.2298/CICEQ120126026S](https://doi.org/10.2298/CICEQ120126026S)
- [2] Stojanović, S. B., D. Lj. Debeljković, **N. J. Dimitrijević**, “Delay-Dependent Stability of Discrete-Time Systems with Time-Varying Delay: Delay Decomposition Approach”, *International Journal of Computers, Communications & Control*, **Vol.7 (2012)**, ISSN 1841-9836, **IF: 0,650** (2010), **No. 4, pp. 242-250.**

Saopštenja sa međunarodnih skupova štampana u celini: (M_{33}) = 1

- [1] Debeljković, D. Lj., T. Nestorović, I. M. Buzurović, **N. J. Dimitrijević**, “A New Approach to the Stability of Time-Delay Systems in the Sense of Non-Lyapunov Delay-Independent and Delay-Dependent Criteria”, *8th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, September 10–11, Subotica, Serbia, 2010, pp. 213–218.
- [2] Debeljković, D. Lj., I. M. Buzurović, **N. J. Dimitrijević**, “On Finite Time and Practical Stability of Linear Discrete Time Delay Systems”, *9th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, September 8–10, Subotica, Serbia, 2011, pp. 119–124.
- [3] Debeljković, D. Lj., I. M. Buzurović, T. Nestorović, S. B. Stojanović, **N. J. Dimitrijević**, M. S. Aleksendrić, “Time Delayed System Stability Theory in the sense of Non-Lyapunov Delay Independent and Delay Dependent Approach: New Results”, *IEEE Multi-Conference on Systems and Control*, No. 36, September 28–30, Denver, CO, USA, 2011, pp. 1410–1417.
- [4] Debeljković, D. Lj., I. M. Buzurović, S. B. Stojanović, **N. J. Dimitrijević**, “A New Approach to the Stability of Discrete Descriptor Time Delay Systems in the sense of Non-Lyapunov: Delay Independent Conditions – LMI Approach”, *Proc. INES 2012*, Lisabon, Portugal, June 13–15, 2012, accepted.
- [5] Debeljković, D. Lj., S. B. Stojanović, **N. J. Dimitrijević**, D. Popov, “The Stability of Linear Discrete Time Delay Systems Over a Finite Time Interval: New Results”, *The 10th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA 2012)*, July 6–8, Beijing, China, 2012, accepted.
- [6] Debeljković, D. Lj., S. B. Stojanović, **N. J. Dimitrijević**, D. Popov, “On Non-Lyapunov Stability of Linear Discrete Time Delay Systems: LMIs Approach”, *The 10th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA 2012)*, July 6–8, Beijing, China, 2012, accepted.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Небојаша (Јовица) Димитријевић, дипл. инж. маш, под насловом „ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ“ изложена је на 235 страна.

Дисертација садржи следећих дванаест поглавља:

- I. Општа разматрања
- II. Општа питања динамике вremenски дискретних система са чистим вremenским [кашњењем](#)

- III. Hronološki pregled postignutih rezultata na polju izučavanja Ljapunovske stabilnosti vremenski diskretnih i kontinualnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- IV. Rekapitulacija nekih osnovnih rezultata na polju proučavanja Ljapunovljeve stabilnosti vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- V. Stabilnost u smislu Ljapunova vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem: kriterijumi koji ne uzimaju u obzir iznos čisto vremenskog kašnjenja
- VI. Stabilnost u smislu Ljapunova vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem: kriterijumi koji uzimaju u obzir iznos čisto vremenskog kašnjenja
- VII. Stabilnost u smislu Ljapunova perturbovanih vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- VIII. Stabilnost u smislu Ljapunova velikih vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- IX. Stabilnost u smislu Ljapunova velikih vremenski kontinualnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- X. Stabilnost velikih intervalnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem
- XI. Stabilnost diskretnih sistema sa vremenskim promenljivim kašnjenjem
- XII. Zaključak
- XIII. Dodaci
- XIV. Literatura

Предмет ове докторске дисертације је испитивање њапуновске и нељапуновске стабилности посебних класа система са чистим временским кашњењем.

Већ више од пола века системи са кашњењем привлаче пажњу научне и стручне јавности широм света. Њихово присуство у свим гранама науке и технике више је него евидентно и у том смислу бројни научни радови и обимна публицистичка делатност у пуној мери су исказали интерес који је за њих био показан.

У математичком смислу, ова класа система описана је обичним диференцијалним (диференцијалним) једначинама са помереним аргументом, што условљава читав низ додатних потешкоћа при њиховом решавању.

С друге стране, у првом случају, као системи бесконачне димензије, њихово проучавање у комплексном домену условљено је суочавањем са трансцендентним преносним функцијама, што у извесним случајевима захтева радикалну преформулацију постојећих критеријума и метода развијених за обичне линеарне системе, а понекада и формирање сасвим нових прилаза и поступака за разрешавање постављених задатака како класичне, тако и модерне теорије аутоматског управљања.

Нешто једноставнији ниво математичког апарата неопходан је у динамичкој анализи временски дискретних система са кашњењем, али одсуство експоненцијалног карактера одзива ове класе система и неких других особина, без обзира на чињеницу да је њихов простор стања коначне димензије, онемогућава примену читавог низа ефикасних решења и прилаза који се могу применити у првом случају.

Јасно, то захтева сасвим други начин размишљања а печат таквог једног таквог новог прилаза утемељен је у решавању многих, овде постављених, сложених задатака испитивања стабилности ове класе система.

У том смислу, ваља посебно истаћи чињеницу да за ову класу система егзистира један специфичан проблем који се огледа у могућности испитивања стабилности ове класе система кроз две врсте могућих критеријума.

Наиме, добро је познато да се за системе са кашњењем могу оформити услови који не узимају у обзир утицај чисто временског кашњења на стабилност система и они, у инжењерском смислу, сасвим задовољавају и даје реалтивно једноставне критеријуме, најчешће у виду једноставних алгебарских израза утемељених на коришћењу матрица које, у целости, описује динамику система. Износ чисто временског кашњења не појављује се у тим изразима.

У другом случају, формирају се критеријуми који узимају у обзир износ чисто временског кашњења и као такви они дају далеко бољи увид у утицај овог феномена, поред структуре система изражене кроз системске матрице, на стабилност система. Међутим, њихово добијање далеко је сложеније, као и изрази који их формулишу.

Валља посебно истаћи и чињеницу да у оба поменута случаја, већина објављених резултата дају само довољне услове стабилности, што свакако представља њихову мањкавост, више са теоријске стране а мање са практичне. Сама та чињеница омогућила је велики број резултата који су ишли у потрагу за што мање конзервативнијим резултатима, почев још од 1981. године.

Тек почев од 2001. године појавили су неки резултати који ове проблеме, успешно решавају нудећи и потребне и довољне услове, али ти резултати и њихово унапређење нису били предмет ове дисертације.

И на крају, као круцијено поље рада кандидата, обрађује се проблем љапуновске и нељапуновске стабилности ове класе система, али са временски променљивим кашњењем, што је био предмет интересовања у научним круговима тек од недавно.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Кандидат у **уводном делу** указује на значај феномена чисто временског кашњења присутног у различитим техничким и нетехничким дисциплинама, као и на његов негативан ефекат уколико се исто налази у склопу затворених система аутоматског управљања.

Настављајући даље, кандидат се осврће на значај испитивања стабилности ове класе система и указује на постојење две групе критеријума, разматра њихове предности и недостатке, све то елегантно повезујући са савременим могућим концептима стабилности. У том смислу помиње стандардни љапуновски прилаз, као и прилаз који је далеко ближи инжењерској пракси познат у литератури под називом концепт технике или нељапуновске стабилности са своја два посебно значајна концепта: концепт стабилности на коначном временском интервалу и концепт практичне стабилности.

Апострофирајући значај нељапуновске стабилности кандидат констатује да је у пракси је често од посебног интереса, не само испитивати стабилност система по Љапунову, већ је од далеко већег значаја утврдити да ли трајекторије система при његовом кретању у простору стања досежу или остају унутар раније прописаних граница. Систем може да буде стабилан у смислу Љапунова а потпуно неупотребљив са становишта његових показатеља прелазног процеса. Ту се у првом реду мисли на недозвољени прескок или неприхватљиво дуго време смирења. Због тога је сасвим оправдано кретање система посматрати унутар унапред прописаних граница које се могу усвојити у облику хипер-цилиндара у простору стања који могу бити схавћени као скупови дозвољених стања у којима се систем може задесити. Исти ти скупови могу бити стационарни или временски променљиви и потребно је да буду унапред дефинисани. Мимо тога, од посебног је интереса да се и динамичко понашање система посматра на коначном временском [интервалу](#).

Границе до којих достиже одзив система било у слободном било у принудном радном режиму представља веома значајан проблем са инжењерско-техничке тачке гледишта. Уважавајући ову чињеницу појавио се велики број дефиниција практичне стабилности и стабилности на коначном временском интервалу. Грубо говорећи, ове дефиниције се базирају на унапред одређеним границама дозвољених почетних стања система као и на дозвољеним границама у којима се очекује кретање разматраног система.

У инжењерским применама ова чињеница добија посебно на тежини, а некада постаје и круцијална када се, на пример, ради о проценама кретања система у простору стања и неопходности увођења адекватног управљања. Самим тим, изучавање концепта практичне стабилности и стабилности на коначном временском интервалу представља посебан изазов за сваког истраживача, посебно код система са кашњењем где се сви овакви проблеми изузетно усложњавају.

Имајући у виду изнете чињенице, природно је овај концепт проширити и на ову класу система, што је и урађено у раду *Debeljković, Aleksendrić* (2003), али ту постоји још читав низ отворених питања које треба истражити и дати коначне [резултате](#).

И на крају, кандидат констатује да ће у својим истраживањима нешто већу пажњу посветити временски дискретним системима са чистим временским кашњењем, у односу на добро познате континуалне, а све у светлу овде изнетих концепата са снажном мотивацијом да се, у оба случаја, изведу нови, мање конзервативни, услови стабилности, с обзиром на чињеницу да је њихов недостатак, за ову класу система аутоматског управљања, евидентан.

У **II поглављу** кандидат основне особине временски дискретних система и у том смислу разматра значајна питања њихове класификације, могућности решавања диференцијалних једначина са помереним аргументом које их доследно описују, разматра поступке анализе ове класе система у временском, комплексном и фреквентном домену, као и у простору стања са посебним освртом на проблеме постојања и јединствености њихових решења, имајући у виду вишеструки значај утицаја функције почетних услова на крајње решење.

У **поглављу III** кандидат детаљно и исцрпно износи, у хронолошком редоследу, доприносе уже групе аутора, чији су резултати непосредно везани за будућу израду ове докторске дисертације. Анализирају се резултати везани за примену како концепта Љапуновске тако и нељапуновске стабилности са значајном констатацијом да су ови проблеми евидентно сложенији код класа временски дискретних система са кашњењем, иако се ту пружа могућност њихове замене еквивалентним системима далеко виших редова, што накнадно изазива значајне потешкоће у њиховом нумеричком третману. Такође, се констатује да оваква трансформација није могућа у случајевима када је чисто временско кашњење функција времена или дискретног тренутка или када то кашњење није уопште познато.

У **IV поглављу** дата је рекапитулација неких основних резултата на пољу проучавања щапуновске стабилности временски дискретних система са чистим временским кашњењем, који у форми довољних услова стабилности карактеришу ову значајну особину система.

Стабилност у смислу Љапунова временски дискретних система са чистим временским кашњењем, у виду критеријума који не узимају у обзир чисто временско кашњење, је разматрана у **V поглављу** дисертације. Презентовани су, на основу класичне Љапуновљеве методе, критеријуми за испитивање асимптотске стабилности линеарних, временски дискретних система са чистим временским кашњењем. Сви услови су у форми само довољних услова и припадају критеријумима независним од чисто временског [кашњења](#).

Показано је да су ови резултати мање рестриктивни у односу на резултате у постојећој литератури. Изведен је резултат аналоган резултату датом у раду *Тиссир, Хамед* (1996), за временски континуалне системе са чистим временским кашњењем, који обухвата све специфичне особине временски дискретних система са чистим временским кашњењем и који је мање конзервативан у односу на резултат презентован у раду *Јацић et al.* (2004). На основу нове *Љапунов–Красовски* методе, презентовани су нови довољни услови асимптотске стабилности, независне од чисто временског кашњења, линеарних, временски дискретних система са чистим временским кашњењем.

Стабилност у смислу Љапунова временски дискретних система са чистим временским кашњењем, у виду критеријума који узимају у обзир чисто временско кашњење, је разматрана у **VI поглављу** дисертације. Дати су потребни и довољни услови асимптотске стабилности посебнерне класе линеарних, временски континуалних и дискретних система са чистим временским кашњењем. Критеријуми зависни од чисто временског кашњења су изведени коришћењем Љапуновљеве директне методе и искључиво се заснивају на максималним и доминантним солвентима партикуларне матричне једначине. У случају временски дискретних система са великим износом чисто временског кашњења, показано је да, ако се доминантан солвент може израчунати помоћу *Traub*–овог или *Bernoulli*–евог алгоритма, очекује се мали број израчунавања у поређењу са уобичајеним поступцима које се заснивају на сопственим вредностима проширене матрице A_{eq} .

У **VII поглављу** изучавана је стабилност у смислу Љапунова пертурбованих временски дискретних система са чистим временским кашњењем. Проблем робусне асимптотске стабилности је разматран за случај линеарних, пертурбованих, временски дискретних система са чистим временским кашњењем. Осим два резултата, који представљају даљу генерализацију неких претходних резултата из лит. *Mori et al.* (1982) и *Trinh, Aldeen* (1995), презентован је потпуно нови резултат у форми само довољног услова. Генерализовани резултати су се користили као основа за упоређивање резултата. Презентовани су довољни услови који гарантују $D(\alpha, r)$ робусну стабилност линеарних, пертурбованих, технолошких, временски дискретних система са вишеструком чистим временским кашњењем. Разматране су и структурне и неструктурне параметарске пертурбације. Такође је дат довољан услов који гарантује стабилност линеарних, технолошких система са чистим временским кашњењем и нелинеарним пертурбацијама. Овај услов, независан од кашњења, је изведен коришћењем прилаза који се заснива на Љапуновљевој директној методи. Презентован је и довољан услов који гарантује експоненцијалну стабилност линеарних, пертурбованих, временски дискретних система са вишеструким чистим временским кашњењем и нелинеарним пертурбацијама. Овај услов, зависан од кашњења, је изведен коришћењем прилаза који се заснива на Љапуновљевој директној методи. Изучаван је и проблем анализе квадратне стабилности линеарних, временски дискретних система са чистим временским кашњењем у стању и неодређеностима. Добијени су потребни и довољни услови. Ови услови су презентовани у смислу линеарних матричних неједнакости и не зависе од чисто временског кашњења. Изведени резултати се могу посматрати као проширење резултата квадратне стабилности временски дискретних система са чистим временским кашњењем и неодређеностима из рада *Xu et al.* (2001).

Стабилност у смислу Љапунова *великих*, временски дискретних система са чистим временским кашњењем је разматрана у **VIII поглављу**. Дати су потребни и довољни услови асимптотске стабилности партикуларне класе великих, линеарних, временски дискретних система са чистим временским кашњењем.

Критеријуми зависни од чисто временског кашњења су изведени коришћењем Љапуновљеве директне методе и заснивају се на тачном решењу партикуларног система матричних једначина. Такође је изведен потребан и довољан услов стабилности, који се заснива на еквивалентној матрици. Овај услов је независан од чисто временског кашњења. Изведени резултати за велике, линеарне, временски дискретне системе са два чиста временска кашњења проширени су на велике, линеарне, временски дискретне системе са вишеструким чистим временским кашњењем. Показано је да у случају система са великим износом чисто временског кашњења и великог броја подсистема N , примењујући изведене резултате, очекује се мањи број израчунавања у поређењу са уобичајеним поступцима који се заснивају на сопственим вредностима матрице A_{eq} проширеног система.

Стабилност у смислу Љапунова **великих**, временски континуалних система са чистим временским кашњењем је разматрана у **IX поглављу**. Презентовани су потребни и довољни услови асимптотске стабилности партикуларне класе великих, линеарних, временски континуалних система са чистим временским кашњењем. Критеријуми зависни од чисто временског кашњења су изведени коришћењем Љапуновљеве директне методе и заснивају се на решењу партикуларног система матричних једначина. Ови услови стабилности немају конзерватизам, међутим, захтевају комплексне нумеричке прорачуне. Ако се нумеричко решавање поменутог система поједностави, презентована метода за испитивање стабилности система има велику практичну важност. Изведени резултати за велике, линеарне, временски континуалне системе са два временска кашњења проширени су на велике, линеарне, временски континуалне системе са вишеструким чистим временским кашњењем.

У **X поглављу** разматрана је стабилност великих, **интервалних**, временски континуалних и дискретних система са чистим временским кашњењем. Разматран је проблем асимптотске стабилности великих, интервалних, временски континуалних и дискретних система са чистим временским кашњењем. За ову класу система презентовано је неколико критеријума независних од чисто временског кашњења.

У **XI поглављу** разматра нови прилаз стабилности система са чистим временским кашњењем у смислу не-љапунова – критеријуми независни и зависни од чисто временског кашњења. Предмет интересовања је како концепт атрактивне практичне стабилности, тако и концепт стабилности на коначном интервалу а са становишта критеријума који узимају и не узимају у обзир износ чисто временског кашњења. Изведено је неколико потпуно нових резултата али са ограничењима управљеним на неке од системских матрица. Ма колико ови критеријуми имају ово евидентно ограничење исти дају веома добре резултате јер недвосмислено показују и указују на основне изворе нестабилности у систему. На исту класу система, у неким излагањима, примењен је и прилаз са позиција линеарних матричних неједначина, при чему су добијени резултати ослобођени неких а priori претпоставки али са недвосмисленом дилемом, да ли су они бољи у процени стварних тренутака када трајекторије система напуштају прописане границе, што води ка дискутабилности њихове мање конзервативности. Ово логично произилази из чињенице да се у поступцима примене метода које користе линеарне матричне неједнакости користе бројне мајоризације и миноризације.

У **истом поглављу** разматра се стабилност, зависну од чисто временског кашњења, линеарних, временски дискретних система са временски **променљивим** кашњењем. Декомпозицијом интервала чисто временског кашњења на два неједнака подинтервала подешавањем параметра α , изабирањем различитих Љапуновљевих матрица на разложеним интервалима и тачнијим оцењивањем горње границе унакрсних чланова, добијени су нови критеријуми стабилности, зависни од чисто временског кашњења, а све кроз потребу решавања линеарних матричних неједнакости, што представља својеврсни тренд у савременој теорији аутоматског **управљања**.

Да би се показала ефикасност презентованих прилаза и изведених резултата дати су нумерички примери који показују да су добијени резултати мање конзервативни у односу на резултате у постојећој литератури.

Решен је и, по први пут, и проблем стабилности на коначном временском интервалу ове класе система у условима временски промјеливог кашњења и то за дискретан случај.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Савремени системи аутоматског управљања не могу се замилити а да их не прати феномен кашњења.

Наиме, већ од седамдесетих година двадесетог века, системи са чистим временским кашњењем привлаче велику пажњу научне и стручне јавности.

Њихова појава у роботизи, дугачким хидрауличним и пнеуматским и електричним водовима, динамици летелица и великим системима подстакла је бројне научнике да се њима интензивно баве.

Присуство чисто временског кашњења, без обзира да ли је оно присутно у управљању и/или у стању може да произведе нежељене прелазне карактеристике па чак и нестабилност.

Последње поменути случај веома је чест када су у питању системи аутоматског управљања са повратном спрегом.

Због тога је овај проблем наишао на велико интересовање код многих истраживача.

У општем случају разматрање проблема који укључује и чисто временско кашњење повлачи далеко сложенију математичку анализу разматраних система..

Постојћи концепти стабилности, где се у првом реду мисли на њапуновску а у другом на техничку стабилност, унапређују се из дана у дан.

Бројни резултати, имају увек неке полазне претпоставке и често се изводе под оређеним условима и за посебне класе система.

У том смислу није поштеђена ни класа система са кашњењем, а прва проширења концепта стабилности на коначном временском интервалу и практичне стабилности потичу из рада *Debeljković, Nenadić* (1992) када су у питању временски континуални а из рада *Debeljković, Aleksendrić* (2003) када су у питању временски дискретни системи са чистим временским кашњењем.

Од тих времена група аутора окупљена око ментора ове докторске дисертације непрестано ради на унапрђивању ових резултата што је у овој дисертацији и довело и до потпуно нових како резултата тако и прилаза овој проблематици.

Сваки нови резултат, свако ново проширење или слабљење одговарајућих услова представља значајан напредак у применама разматраних концепата стабилности на предметне класе система.

Конкретно, у овој дисертацији потпуно нова два прилаза су развијена и то: први који користи квазилјапуновљеве функције за добијање услова практичне и стабилности на коначном интервалу а који полази од претпоставке да те функције не морају да буду по знаку одређене као и да њихови изводи дуж трајекторија система не морају да буду негативно одређене функције. У комбинацији са лјапуновским прилазом могуће је одредити и услове под којима су разматрани системи атрактивно (привлачно) практично стабилни.

Други значај овде изведених резултата лежи у чињеници да су изведени потпуно нови довољни услови стабилности класе временски дискретних система са **промјеливим** чистим временским кашњењем и то користећи најсавременију технику извођења ових резултата оличену у познатој ЛМИ (linear matrix inequalities) **методи**.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Овде се кандидат показао као врсни познавалац референтне литературе из ове области. Наиме, на неколико места у дисертацији кандидат, сходно потребама, излаже хронолошки преглед релевантне литературе, која му је у многome била инспирација и претходница у генерисању нових резултата. Посебно је обрађена и приказана литература коауторских радова ментора, а касније и заједничких радова. Референце су навођене на крају сваке главе, као и поглавља а на крају дисертацији и њен сумарни преглед који износи више од 390 цитата. Већина цитираних радова млађи су од 10 година а потичу из часописа са импакт фактором.

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

Кандидат користи аналитичке методе истраживања које су добро познати научној и стручној јавности а огледају се у првенствено и примени Друге методе Љапунова или примене квази-Љапуновqebih функција као агрегационих функција, посебно бираних, за предметне класе система.

Афирмација изабраних методолошких поступака, који генеришу довољне услове стабилности, разматарних класа система у потпуности је постигнута новим, квалитетним и мање рестриктивним резултатима у односу на оне које тренутно постиоје у пракси.

Све то је илустровано бројним нумеричким примерима, где је здушно примењен програмски пакет MATLAB, као и програмски пакет SIMULINK.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Добијени резултати имају практичну примену у савременој теорији и пракси аутоматског управљања и могу се применити на све предметен класе изучаваних система под претоставком да су познати њихови веродостојни модели. Сама верификација резултата показана је кроз бројне школске примере, што не унађује њихов значај када су у питању реални системе са њиховим конкретно израчунатим константама или временским константама.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

За време израде дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад. То је документовано познавањем широког спектра савремених референци и коначно самосталним решавањем бројних проблема који су својевремено били предочени у планираним и очекиваним резултатима ове докторске дисертације а који су резултирали у бројне објављене радове, како на реномираним конференцијама тако и у угледним међународним часописима.

Учествовао је у бројним коаторским радовима и показао висок степен стручности и смисла за самоиницијативни рад. Самим тим показао се као веома погодна личност за тимски рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног допринос

Остварени научни допринос кандидата може се систематизовати у следећих неколико тачака:

1. Детаљно је сакупљена, проучена и систематизована релеванта литература, везана за све аспекте ове дисертације а [шире](#).

2. Формулисане су и доказане, потпуно нове *Теореме* које за различите класе како временски континуалних, тако и временски дискретних система са чистим временским кашњењем дају довољне услове стабилности ових класа система како **на ограниченном временском интервалу** тако и када је реч о **практичној атрактивној стабилности**. Мимо, тога одређени број резултата изаже критеријуме који не узимају у обзир износ тог константног чисто временског кашњења а изван број који ту чињенцу не пребегава.

Тиме је постигнуто да се иста класа система може разматрати са адекватног становишта усвојеног концепта стабилности само преко системских матрица, у првом случају, а и преко њих с допунском информацијом о износу кашњења у другом случају, што може квалитативно па и квантитативно да употпуни сазнања о стабилности разматраног система.

Та прва група новоизведених резултата примељива је у условима позитивно одређености једне квазисистемске матрице. Међутим, таква претпоставка не умањује значај резултата, посебно када су у питању временски дискретни системи са кашњењем, јер такви, до тада нису ни постојали, или су били исказани преко фундаменталне матрице. Што одговара практично потреби за решавањем система диференцијалних једначина са помереним аргументом, што се јасно настоји избећи.

Примена ЛМИ методе за неке од класа овде разматраних временски дискретних система са кашњењем, на један специфичан начин, представља такође, једна значајан и потпуно нов резултат у теорији. У посебно случају, када нема кашњења поменути резултат се своди на један добро познат од раније изведен за обичне дискретне системе.

3. Формулисана је и доказана, потпуно нова *Теорема* која разматра **асимптотску стабилност**, зависну од чисто временског кашњења, линеарних, временски дискретних система са временски **променљивим** кашњењем. Декомпозицијом интервала чисто временског кашњења на два неједнака подинтервала, подешавањем параметра α , изабирањем различитих Љапуновљевих матрица на разложеним интервалима и тачнијим оцењивањем горње границе унакрсних чланова, добијени су нови критеријуми стабилности, зависни од чисто временског кашњења и то применом савремене методе ЛМИ.

4. За класу временски дискретних система са **променљивим** чистим временским кашњењем изведени су потпуно нови довољни услови стабилности на коначном временском интервалу, који поред ове особине гарантују и каузалност система при ограниченој функцији почетних ислова. Иовде је техника извођења резултата користила сјајне предности ЛМИ поступка.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Изнети доприноси аутора подељени су већ и раније у две групе, класичан прилаз и прилаз преко ЛМИ.

Оно што је непосредно уочљиво кандидат је резултате стварао у једном хармонијском, хронолошком редоследу, одбацујући неке од услова императивно наметнуте у класи прворешаваних проблема.

Последњи резултати, представљају крајње опште резултате у овој техници прилаза њиховом решавању.

Како су у питању довољни услови, може се претпоставити да ће знатно жеља других аутора ићи и даље, што је и природно.

Да ли ће се доћи до мање рестриктивних резултата или не, треба **сачекати**

Ваља истаћи и неоспорну чињеницу да су овде изнети резултати само даље проширење постојећих резултат на нове класе система са чистим временским кашњењем, а да када су у питању системи са временски променљивим кашњењем, они су и методолошки и идејно потпуно нови.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Ова истраживања представљају добру основу за даљи рад и њихова примена је евидентна на све класе система заступљене у овој дисертацији.

Сем у једном случају, када треба решавати нелинеаран систем матричних једначина, све понуђене методе су веома питке и лаке за непосредну реализацију у пракси.

Томе, свакако, знатно доприносе програмски пакети типа MATLAB и SIMULINK, а посебно процедура ЛМИ.

4.4. Верификовани научни доприноси

Резултате истраживања из своје докторске дисертације кандидат мр Небојша Ј. Димитријевић, дипл. инж. маш., је презентовао радовима саопштеним на 6 (шест) међународних конференција и два рада са СЦИ листе, категорије (М₂₃).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да ова докторска дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области теоријског и практичне имплементације резултата, па сагласно томе предлаже Научно-наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Небојши Ј. Димитријевићу, дипл. инж. маш. одобри одбрану докторске дисертације под називом „ **ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**“, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Чланови Комисије:

Проф. др Драгутин Љ. Дебељковић,
редовни професор Машинског
факултета Универзитета у Београду

Проф. др Михаило П. Лазаревић,
редовни професор Машинског
факултета Универзитета у Београду

Проф. Д
р Сретен Б. Стојановић, ванредни
професор Технолошког факултета у
Лесковцу, Универзитета у Нишу

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:538/6
Датум:26.04.2012. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 26.04.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр НЕБОЈША ДИМИТРИЈЕВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПОСЕБНИХ КЛАСА СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ“

II Универзитет је дана 16.04.2010. године, својим актом број 020-1212/4-2/10

дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

[1] Stojanović, S. B., D. Lj. Debeljković, N. J. Dimitrijević, "Finite-time stability of discrete-time systems with time-varying delay", Chemical Industry & Chemical Eng. Quarterly (2012), ISSN 0367-598X, IF (2010) 0,137, DOI:10.2298/CICEQ120126026S

[2] Stojanović, S. B., D. Lj. Debeljković, N. J. Dimitrijević, "Delay-Dependent Stability of Discrete-Time Systems with Time-Varying Delay: Delay Decomposition Approach", International Journal of Computers, Communications & Control, Vol.7 (2012), ISSN 1841-9836, IF: 0,650 (2010), No. 4, pp. 242-250.

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за аутоматско управљање и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић