

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на VIII седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 16. 9. 2020. године, одређени за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације *Self-Organization in Coupled Excitable Systems: Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise* (наслов на српском језику: *Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима: садејство вишеструких временских скала и шума*) из научне области Статистичка физика, коју је кандидаткиња Ива Бачић, дипломирани физичар, предала Физичком факултету у Београду дана 4. 9. 2020. године, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату

1.2 Биографски подаци

Ива Бачић је рођена у Суботици 12. јуна 1992. године, где је завршила основну школу и природни смер Гимназије „Светозар Марковић“. Основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, уписала је 2010. године. Дипломирала је 2014. године са просечном оценом 9.44, да би исте године уписала и мастер академске студије на Физичком факултету, смер Теоријска и експериментална физика. Мастер студије је завршила 2015. године са просечном оценом 9.67. У току мастер студија, кандидаткиња је посетила синхротрон SOLEIL у Француској, у склопу израде мастер рада на тему *Inner-Shell Action Spectroscopy of Trapped Substance P Peptide Ions and their Nanosolvated Complexes*. Мастер рад је урађен под менторством др Александра Милосављевића, научног саветника на Институту за физику у Београду.

Новембра 2015. године кандидаткиња је уписала докторске академске студије на Физичком факултету, ужа научна област Статистичка физика. Под руководством др Игора Франовића, вишег научног сарадника из Лабораторије за примену рачунара у науци Института за физику у Београду, Ива Бачић је урадила докторску дисертацију под називом *Self-Organization in Coupled Excitable Systems: Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise* (наслов на српском језику: *Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима: садејство вишеструких временских скала и шума*). Тема дисертације је одобрена на седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 24. 4. 2019. године, што је затим потврђено на седници Већа научних области природно-математичких наука Универзитета у Београду 13. 5. 2019. године.

1.3 Научна активност

Током мастер студија, Ива Бачић се бавила интеракцијом синхротронског зрачења са наносолватисаним молекулима. Под руководством др Александра Милосављевића, научног саветника из Лабораторије за физику сударних процеса Института за физику у Београду, на синхротрону SOLEIL у Француској је испитивала ефекте наносолватације на акционе спектре и фрагментацију неуропептида Substance P користећи тандем масену рендгенску спектрометрију биополимера у јонској замци.

Од почетка докторских студија под руководством др Игора Франовића, кандидаткиња се бави областима теорије нелинеарне динамике и стохастичких процеса, с фокусом на самоорганизовану динамику стохастичких ексцитабилних система с више карактеристичних временских скала. Од марта 2016. године Ива Бачић је запослена на Институту за физику у Београду као истраживач приправник у Лабораторији за примену рачунара у науци. Од марта 2016. до децембра 2019. године била је ангажована на пројекту основних истраживања ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* Министарства просвете,

науке и технолошког развоја Републике Србије, док је од јануара 2020. године ангажована институционално. Током 2017. и 2018. године учествовала је у раду на билатералном пројекту између Републике Србије и СР Немачке *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units* под руководством др Игора Франовића, у оквиру кога је више пута посетила Weierstrass Institute (WIAS) у Берлину, Немачка, као и Технички универзитет у Берлину, Немачка. Такође, учествује и на COST акцији CA17120 *Chemobionics* од 2018. године. У звање истраживач сарадник на Институту за физику у Београду изабрана је априла 2019. године. Током последњих неколико година, више пута је одржала предавања у Истраживачком центру Петница, где је руководила и радом неколико истраживачких пројеката средњошколаца. До сада је похађала неколико школа за докторанде, укључујући зимску школу Complexity Science Hub-a у Обергурглу, Аустрија (2019), као и радионицу за комплексне системе ICTP центра у Трсту, Италија (2020).

До сада, Ива Бачић је укупно објавила 6 научних радова (два рада категорије M21a, три рада категорије M21 и један рад категорије M22), као и три саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категирија M34). Рад *Disordered configurations of the Glauber model in two-dimensional networks*, објављен у часопису EPL, истакнут је у Research Highlights за 2018. годину на Europhysics News. Из теме доктората Ива Бачић је објавила два рада категорије M21a, два рада категорије M21, један рад категорије M22, као и два саопштења категорије M34.

2. Опис предатог рада

2.1 Основни подаци

Дисертација је урађена под руководством др Игора Франовића, вишег научног сарадника, запосленог на Институту за физику у Београду. Ментор испуњава услове Физичког факултета за руковођење израдом докторске дисертације, пошто је у научном звању, а аутор је и значајног броја радова из теорије нелинеарне динамике и стохастичких процеса, који су објављени у врхунским међународним часописима и представљени на међународним конференцијама.

Дисертација је написана на енглеском језику на 142 стране, не рачунајући насловну страну, захвалнице, сажетак, садржај, биографију аутора и изјаве. Теза је организована у 5 поглавља, која укључују 60 слика, док је у библиографији наведено 299 референци.

2.2 Предмет и циљ рада

Током последње деценије, у оквиру истраживања емергентне динамике комплексних система је све присутнија постала парадигма тзв. критичних прелаза (*critical transitions*), која описује нагле квалитативне промене у колективном понашању система услед деловања спољашњих пертурбација, спорог дрефта параметара система или шума. Идеју критичних прелаза, као универзалне форме колективне динамике у комплексним системима, увео је 2009. године Мартен Шефер (Marten Scheffer), истакавши да у самој околини прелаза, комплексни системи манифестују изузетну осетљивост на пертурбације, што може да изазове различите типове флукуација. У квалитативном смислу, ова парадигма наслања се на појам бифуркације из теорије нелинеарне динамике, али се у оквиру класичне теорије бифуркације типично посматрају на ниско-димензионим системима. Генерализација идеје бифуркације на системе састављене од великог броја елемената, чија динамика укључује већи број карактеристичних просторних и временских скала, показала се као озбиљан изазов, који захтева увођење нових теоријских метода за развој ефективних модела колективне стохастичке динамике, као и нових метода анализе стабилности и бифуркација система с вишеструким карактеристичним скалама.

Разумевање механизма и потенцијална контрола критичних прелаза од посебног је значаја код примена у биолошким системима. На пример, у неуронским системима су нарочито бројни случајеви наглих промена динамичких режима, како на мезоскопској скали (нпр. UP-DOWN стања у кортикалним колонама), тако и на макроскопској скали (нпр. појава нагле синхронизације као прекурсора епилептичних напада), при чему споре стохастичке флукуације, односно

колективна алтернирајућа (*switching*) динамика, заснована на транзијентној синхронизацији активности неурона, игра значајну улогу у нормалним, али и патолошким стањима. При том, треба имати у виду и да је локална динамика неурона, као и других биолошких система, типично ексциtabilна, тј. да јединице система типично нису аутономни осцилатори, него их на осциловање може побудити спољашња пертурбација, интеракција с другим јединицама или шум. С аспекта теорије нелинеарних динамичких система, особина ексциtabilности је заснована на чињеници да се систем налази у близини бифуркације од стационарног ка осцилаторном режиму. Иако је истраживање ексциtabilних система започео још Норберт Винер (Norbert Wiener) 1946. године, разумевање колективних форми понашања спрегнутих ексциtabilних система под утицајем шума садржи читав низ отворених питања. Стога њихово проучавање има изузетан значај, с једне стране као подстицај за развој нових теоријских метода и техника за анализу нових форми емергентне динамике комплексних система, а с друге стране, као основа за механицистичко разумевање колективне динамике неуронских и других биолошких система.

Главна тема истраживања кандидаткиње Иве Бачић су емергентни феномени у стохастичким ексциtabilним системима на вишеструким временским скалама. Последњих година, бројна истраживања су се бавила паралелно ексциtabilним системима или динамиком брзо-спорих система, али је недостајао интегративни приступ, па је значајан број проблема и даље недовољно испитан. У том контексту, као најважнији проблеми истраживања кандидаткиње издвајају се:

- 1) екстензија појма ексциtabilности на спрегнуте системе
- 2) разумевање механизма спорих стохастичких флукуација (*switching* динамике) између метастабилних стања
- 3) разумевање механизма и развијање метода контроле резонантних феномена на системима у близини бифуркације између стационарног и осцилаторног режима.

За реализацију првог циља истраживања, кандидаткиња се бавила парадигматским моделима спрегнутих ексциtabilних система, укључујући модел мотива од две спрегнуте ексциtabilне јединице и модел популације спрегнутих неуронских мапа. У другом случају, дефинисан је појам макроскопске ексциtabilности на нивоу динамике колективних променљивих, као потпуно нова форма емергентног понашања у комплексним системима. Како би испитала особине нелинеарног одговора спрегнутих система, као и област стабилности ексциtabilног режима, кандидаткиња је користила класичну методу теорије сингуларних пертурбација у случају мотива од две јединице, док је у случају популације изведена анализа стабилности и бифуркација на ефективном моделу колективне динамике, развијеном применом методе средњег поља (*mean-field method*).

У оквиру другог циља истраживања, кандидаткиња је разматрала појаву спорих стохастичких флукуација на примерима два парадигматска система, наиме моделу два адаптивно спрегнута активна ротатора и моделу стохастичког активног ротатора са споро адаптирајућом повратном спрегом. Модели су одабрани тако да омогуће детаљну анализу применом теорије сингуларних пертурбација, уз екстензију на стохастичке системе увођењем методе стохастичког усредњавања (*stochastic averaging*). Такав приступ је пружио прилику за дубље разумевање утицаја раздвајања карактеристичних временских скала на механизам настанка и карактеристике спорих стохастичких флукуација.

У оквиру трећег циља истраживања, кандидаткиња је разматрала генеричке механизме инверзне стохастичке резонанце, као и нове начине контроле резонанце кохеренције. Инверзна стохастичка резонанца је недавно уочен феномена при којем фреквенција стохастички пертурбованих осцилација немонотонно зависи од интензитета шума, постајући минимална на интермедијерном шуму. Одговарајућим избором парадигматског модела два спрегнута активна ротатора с адаптивним интеракцијама, откривена су два генеричка механизма инверзне стохастичке резонанце, која су касније потврђена и на другим релевантним моделима. Резонанца кохеренције, као феномен у коме регуларност осцилација индукованих шумом постаје максимална на оптималном интензитету шума, је већ дуго позната, али су досадашњи механизми контроле углавном били засновани на Пирагасовом принципу, који укључује увођење повратне спреге с

кашњењем. Кандидаткиња је допринела развоју новог приступа контроли, заснованог на раздвајању карактеристичних временских скала локалне променљиве и контролног сигнала.

2.3 Публикације чији су резултати представљени у дисертацији

У докторској дисертацији Иве Бачић су приказани резултати из два рада категорије M21a, два рада категорије M21, као и једног рада категорије M22, који су такође презентовани и на две међународне конференције као саопштења категорије M34. Према бази Web of Science, наведени радови су цитирани 11 пута, од чега 10 пута без аутоцитата.

Радови у часописима изузетних вредности (M21a)

1. I. Franović, S. Yanchuk, S. R. Eydam, **I. Ваčić**, and M. Wolfrum:
Dynamics of a Stochastic Excitable System with Slowly Adapting Feedback
Chaos **30**, 083109 (2020).
DOI: 10.1063/1.5145176
2. **I. Ваčić** and I. Franović:
Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance
Chaos **30**, 033123 (2020).
DOI: 10.1063/1.5139628

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **I. Ваčić**, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović:
Inverse Stochastic Resonance in a System of Excitable Active Rotators with Adaptive Coupling
EPL **124**, 40004 (2018).
DOI: 10.1209/0295-5075/124/40004
2. I. Franović, O. V. Maslennikov, **I. Ваčić**, and V. I. Nekorkin:
Mean-field Dynamics of a Population of Stochastic Map Neurons
Phys. Rev. E **96**, 012226 (2017).
DOI: 10.1103/PhysRevE.96.012226

Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

1. **I. Ваčić**, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and I. Franović:
Noise-induced Switching in Two Adaptively Coupled Excitable Systems
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1077 (2018).
DOI: 10.1140/epjst/e2018-800084-6

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34):

1. **I. Ваčić**, V. Klinshov, V. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović:
Inverse stochastic resonance in a system of excitable active rotators with adaptive coupling
WIAS Workshop Dynamics of Coupled Oscillator Systems,
9-21 November 2018, Berlin, Germany
2. **I. Ваčić**:
Inverse stochastic resonance in a system of active rotators with adaptive coupling
School and Workshop on Patterns of Synchrony: Chimera States and Beyond,
6–17 May 2019, ICTP Trieste, Italy

2.4 Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Докторска теза кандидаткиње Иве Бачић организована је у пет поглавља.

Уводно поглавље садржи преглед типичних феномена у спрегнутим стохастичким ексциtabilним системима на вишеструким временским скалама, приказаним у светлу тренутно актуелних истраживања критичних прелаза (*critical transitions*) у комплексним системима, као нове парадигме која описује брзе прелазе између квалитативно различитих динамичких режима услед деловања спољашње пертурбације, дрефта параметара система или ефеката шума. У квалитативном смислу, указано је да у близини бифуркације, системи на вишеструким карактеристичним временским скалама („брзо-спори“ системи) под утицајем шума могу да испољавају различите типове флукуација, манифестованих кроз тзв. *switching* (алтернирајућу) динамику између метастабилних стања или критичне флукуације између суб- и суперкритичног стања. Као најважнији стохастички емергентни феномени у спрегнутим ексциtabilним системима издвојени су: настанак колективне моде услед синхронизације осцилација индуктованих шумом, стабилизација детерминистички нестабилних стања, мултистабилност изазвана деловањем шума, као и резонантни ефекти. У теоријском смислу, приказана су два карактеристична модела ексциtabilне динамике (активни ротатор за класу ексциtabilности I Fitzhugh-Nagumo модел за класу ексциtabilности II), а уведени су и основни елементи теорије сингуларних пертурбација, као главног метода анализе детерминистичке динамике система на вишеструким временским скалама.

Друго поглавље се бави проблемом екстензије појма ексциtabilности на спрегнуте системе с брзо-спором структуром динамике, третирајући два парадигматска примера: (1) мотив од два активна ротатора са ексциtabilном локалном динамиком и адаптивним интеракцијама и (2) популацију стохастичких неуронских мапа. Поводом теме (1), приказана је класификација типова ексциtabilног одговора система на спољашње пертурбације, а механизам нелинеарног (*threshold-like*) одговора система објашњен је применом теорије сингуларних пертурбација, указујући на разлике у односу на нелинеарни одговор изолованих јединица. У оквиру теме (2), први пут је уведен појам макроскопске ексциtabilности, као нове форме емергентног понашања у спрегнутим системима. Анализа стабилности овог стања и бифуркација ка другим колективним стањима обављена на основу ефективног (редукованог) модел колективне динамике, развијеног применом методе средњег поља (*mean-field method*) допуњеног гаусијанском *closure* хипотезом (претпоставка о анулирању кумуланата дистрибуције колективних променљивих реда већег од два).

Треће поглавље садржи систематску анализу *switching* (алтернирајуће) динамике у стохастичким ексциtabilним системима на вишеструким временским скалама. Као два парадигматска примера искоришћени су модели (1) два адаптивно спрегнута активна ротатора с ексциtabilном локалном динамиком и (2) стохастичког ексциtabilног система са споро адаптирајућом повратном спрегом (*slowly adapting feedback*). На првом примеру, показано је да типови алтернирајуће динамике квалитативно зависе од раздвајања карактеристичних временских скала локалне динамике и адаптације, при чему у случају споре адаптације шум изазива појаву две нове карактеристичне временске скале, уз појаву спорих флукуација између две моде брзих осцилација. На другом примеру је показано да *switching* динамика између метастабилних стања доводи до појаве нове форме емергентног понашања, тзв. *stochastic bursting*-а, чији су механизам настанка и област стабилности анализирани методом стохастичког усредњавања (*stochastic averaging*), као екстензијом класичне теорије сингуларних пертурбација на брзо-споре системе са стохастичком брзом променљивом.

У четвртог поглављу су представљени резултати истраживања о два типа резонантних феномена на системима с вишеструким временским скалама, чији су параметри постављени у близини бифуркације између стационарног и осцилаторног режима. На примеру два адаптивно спрегнута активна ротатора с ексциtabilном или осцилаторном локалном динамиком демонстрирана су два генеричка механизма инверзне стохастичке резонанце, феномена у којем фреквенција стохастички пертурбованих осцилација постаје минимална на интермедијерним вредностима интензитета шума. Један од механизма је заснован на тзв. *biased switching*-у између квази-стационарних и осцилаторних метастабилних стања, док је други механизам заснован на стохастичкој стабилизацији нестабилне фиксне тачке. Анализа механизма је обављена

коришћењем геометријске сингуларне теорије пертурбација, уз решавање тзв. *layer* и *reduced* проблема. У случају стохастичког екситабилног система са споро адаптирајућом повратном спрегом, показан је нови механизам ефикасне контроле резонанце кохеренције, ефекта при којем регуларност осцилација индукованих шумом постаје максимална за оптимални интензитет шума.

У петом поглављу су сумирани најважнији резултати истраживања, при чему су као најзначајнија достигнућа у квалитативном смислу издвојени (1) екстензија појма екситабилности на спрегнуте системе; (2) откриће два генеричка механизма инверзне стохастичке резонанце; (3) откриће новог метода контроле резонанце кохеренције и (4) откриће два типа спорих стохастичких флукуација у стохастичким екситабилним системима на вишеструким временским скалама. У контексту развоја теоријских метода, као најважнији резултати су издвојени (1) екстензија метода средњег поља на дискретне стохастичке системе (стохастичке мапе) и (2) екстензија теорије сингуларне пертурбације на стохастичке системе увођењем методе стохастичког усредњавања.

3. Списак публикација кандидата

Према бази Web of Science, радови кандидаткиње су цитирани укупно 12 пута, од чега 11 пута без аутоцитата, а њен h-индекс је 3.

Радови у часописима изузетних вредности (M21a)

1. I. Franović, S. Yanchuk, S. R. Eydam, **I. Bačić**, and M. Wolfrum:
Dynamics of a Stochastic Excitable System with Slowly Adapting Feedback
Chaos **30**, 083109 (2020).
DOI: 10.1063/1.5145176
2. **I. Bačić** and I. Franović:
Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance
Chaos **30**, 033123 (2020).
DOI: 10.1063/1.5139628

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **I. Bačić**, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović:
Inverse Stochastic Resonance in a System of Excitable Active Rotators with Adaptive Coupling
EPL **124**, 40004 (2018).
DOI: 10.1209/0295-5075/124/40004
2. **I. Bačić**, I. Franović, and M. Perc:
Disordered Configurations of the Glauber Model in Two-dimensional Networks
EPL **120**, 68001 (2017).
DOI: 10.1209/0295-5075/120/68001
3. I. Franović, O. V. Maslennikov, **I. Bačić**, and V. I. Nekorkin:
Mean-field Dynamics of a Population of Stochastic Map Neurons
Phys. Rev. E **96**, 012226 (2017).
DOI: 10.1103/PhysRevE.96.012226

Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

1. **I. Bačić**, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and I. Franović:
Noise-induced Switching in Two Adaptively Coupled Excitable Systems
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1077 (2018).
DOI: 10.1140/epjst/e2018-800084-6

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34):

1. **I. Bačić**, V. Klinshov, V. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović:
Inverse stochastic resonance in a system of excitable active rotators with adaptive coupling
WIAS Workshop Dynamics of Coupled Oscillator Systems,
9-21 November 2018, Berlin, Germany
2. **I. Bačić**:
Inverse stochastic resonance in a system of active rotators with adaptive coupling
School and Workshop on Patterns of Synchrony: Chimera States and Beyond,
6-17 May 2019, ICTP Trieste, Italy
3. **I. Bačić**, I. Franović, and M. Perc:
Disordered configurations of the Glauber model on two-dimensional networks
20th Symposium on Condensed Matter Physics,
7-11 October 2019, Belgrade, Serbia

4. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације *Self-Organization in Coupled Excitable Systems: Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise* (наслов на српском језику: *Самоорганизација у спрегнутим екситабилним системима: садејство вишеструких временских скала и шума*) из научне области Статистичка физика, чији је аутор Ива Бачић, као и на основу оцене тог извештаја коју је дао ментор (извештај из програма и оцена извештаја се налазе у прилогу), констатујемо да је утврђено подударање текста око 3%. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, колокација као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

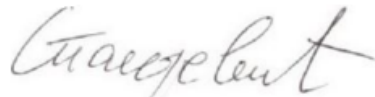
5. Закључак

На основу изложеног, Комисија закључује да резултати кандидаткиње Иве Бачић приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају оригиналан и значајан научни допринос у области Статистичке физике. У оквиру теме дисертације, кандидаткиња је објавила пет радова, од тога по два рада у међународним часописима категорија M21a и M21, као и један рад категорије M22. У складу с тим, комисија предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри јавну одбрану њене докторске дисертације под насловом:

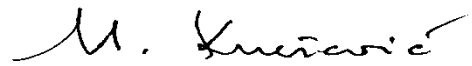
*Self-Organization in Coupled Excitable Systems:
Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise*

(Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима:
садејство вишеструких временских скала и шума)

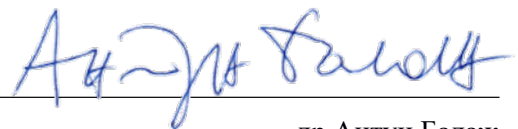
У Београду, 18. 9. 2020. године



проф. др Ђорђе Спасојевић
редовни професор Физичког факултета



проф. др Милан Кнежевић
редовни професор Физичког факултета



др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду


Self-organization in coupled excitable systems:...

By: Iva Bačić

As of: Sep 5, 2020 5:10:07 PM
58,258 words - 136 matches - 108 sources

Similarity Index

3%

Mode: 

sources:

119 words / < 1% match - Crossref

[Christian Kuehn. "Multiple Time Scale Dynamics", Springer Science and Business Media LLC, 2015](#)

71 words / < 1% match - Internet from 21-Jul-2020 12:00AM

journals.plos.org

53 words / < 1% match - Crossref

[A. A. Emelianova, V. I. Nekorkin. "On the intersection of a chaotic attractor and a chaotic repeller in the system of two adaptively coupled phase oscillators", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2019](#)

41 words / < 1% match - Crossref

[CHRISTIAN KUEHN. "FROM FIRST LYAPUNOV COEFFICIENTS TO MAXIMAL CANARDS", International Journal of Bifurcation and Chaos, 2012](#)

34 words / < 1% match - Internet from 18-Aug-2020 12:00AM

worldwidescience.org

33 words / < 1% match - Internet from 17-Dec-2018 12:00AM

www.cris.uns.ac.rs

25 words / < 1% match - Crossref

[Kuehn, Christian. "Introduction", Applied Mathematical Sciences, 2015.](#)

25 words / < 1% match - Crossref

[Mitry, John, Michelle McCarthy, Nancy Kopell, and Martin Wechselberger. "Excitable Neurons, Firing Threshold Manifolds and Canards", The Journal of Mathematical Neuroscience, 2013.](#)

23 words / < 1% match - Internet from 15-Jul-2020 12:00AM

www.math.ru.nl

23 words / < 1% match - Crossref

[Christian Kuehn, Peter Szmolyan. "Multiscale Geometry of the Olsen Model and Non-classical Relaxation Oscillations", Journal of Nonlinear Science, 2015](#)

22 words / < 1% match - Internet from 15-Mar-2020 12:00AM

aip.scitation.org

22 words / < 1% match - Internet from 30-Dec-2019 12:00AM

[epdf.pub](#)

22 words / < 1% match - Crossref

[Luca Arcidiacono, Maximilian Engel, Christian Kuehn. "Discretized fast-slow systems near pitchfork singularities", Journal of Difference Equations and Applications, 2019](#)

22 words / < 1% match - Crossref

[Eric Forgoston, Ira B. Schwartz. "Escape Rates in a Stochastic Environment with Multiple Scales", SIAM Journal on Applied Dynamical Systems, 2009](#)

22 words / < 1% match - Crossref

[Stefan Ruschel, Serhiy Yanchuk. "Chaotic bursting in semiconductor lasers", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2017](#)

21 words / < 1% match - Internet from 23-Jun-2015 12:00AM

[147.91.68.190](#)

21 words / < 1% match - Publications

[Chitzanidi, Ioanna. "Control of noise-induced spatio-temporal dynamics in superlattices", Technische Universität Berlin, 2008.](#)

20 words / < 1% match - Crossref

[Desroches, Mathieu, Martin Krupa, and Serafim Rodrigues. "Spike-adding in parabolic bursters: The role of folded-saddle canards", Physica D Nonlinear Phenomena, 2016.](#)

18 words / < 1% match - Internet from 18-Mar-2020 12:00AM

www.mdpi.com

18 words / < 1% match - Internet from 04-Aug-2020 12:00AM

publications.waset.org

18 words / < 1% match - Crossref

[Lea Albert, Alberto Peñalver, Nemanja Djokovic, Laura Werel et al. "Modulating Protein-Protein Interactions with Visible-Light-Responsive Peptide Backbone Photoswitches", ChemBioChem,](#)

[2019](#)

18 words / < 1% match - Crossref

[I. BASHKIRTSEVA, L. RYASHKO, P. STIKHIN. "NOISE-INDUCED BACKWARD BIFURCATIONS OF STOCHASTIC 3D-CYCLES", Fluctuation and Noise Letters, 2012](#)

17 words / < 1% match - Crossref

[Hengtong Wang, Longfei Wang, Lianchun Yu, Yong Chen. "Response of Morris-Lecar neurons to various stimuli", Physical Review E, 2011](#)

16 words / < 1% match - Internet from 12-Mar-2020 12:00AM

es.scribd.com

15 words / < 1% match - Crossref

[E. A. Gopalakrishnan, Yogita Sharma, Tony John, Partha Sharathi Dutta, R. I. Sujith. "Early warning signals for critical transitions in a thermoacoustic system", Scientific Reports, 2016](#)

14 words / < 1% match - Internet from 05-Jan-2020 12:00AM

aip.scitation.org

14 words / < 1% match - Internet from 20-Mar-2019 12:00AM

epdf.tips

14 words / < 1% match - Crossref

["Dynamical Systems V", Springer Science and Business Media LLC, 1994](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Zhigang Zhu, Deepak R Karuppiyah, Edward M Riseman, Allen R Hanson. "Dynamic mutual calibration and view planning for cooperative mobile robots with panoramic virtual stereo vision", Computer Vision and Image Understanding, 2004](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Oleg V. Maslennikov, Vladimir I. Nekorkin. "Attractors of relaxation discrete-time systems with chaotic dynamics on a fast time scale", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2016](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Barry C. Arnold, Narayanaswamy Balakrishnan. "Relations, Bounds and Approximations for Order Statistics", Springer Science and Business Media LLC, 1989](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Ulrike Feudel, Alexander N. Pisarchik, Kenneth Showalter. "Multistability and tipping: From](#)

[mathematics and physics to climate and brain—Minireview and preface to the focus issue", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2018](#)

13 words / < 1% match - Internet from 11-Jul-2020 12:00AM
mail.ipb.ac.rs

13 words / < 1% match - Internet from 19-May-2009 12:00AM
www.univie.ac.at

13 words / < 1% match - Crossref
[Springer Theses, 2014.](#)

13 words / < 1% match - Crossref
[Dmitry Postnov, Olga Sosnovtseva, Dmitry Setsinsky. "Rhythmic Activity of Noisy Neural Circuits", Fluctuation and Noise Letters, 2012](#)

13 words / < 1% match - Crossref
[Mikhail I. Rabinovich, Pablo Varona, Allen I. Selverston, Henry D. I. Abarbanel. "Dynamical principles in neuroscience", Reviews of Modern Physics, 2006](#)

12 words / < 1% match - Internet from 12-Mar-2019 12:00AM
zombiedoc.com

12 words / < 1% match - Internet
sro.sussex.ac.uk

12 words / < 1% match - Internet from 11-Aug-2020 12:00AM
strathprints.strath.ac.uk

12 words / < 1% match - Internet from 02-Oct-2018 12:00AM
polymer.bu.edu

12 words / < 1% match - Crossref
[Ilona Kosiuk, Peter Szmolyan. "Scaling in Singular Perturbation Problems: Blowing Up a Relaxation Oscillator", SIAM Journal on Applied Dynamical Systems, 2011](#)

12 words / < 1% match - Crossref
[John Burke, Mathieu Desroches, Albert Granados, Tasso J. Kaper, Martin Krupa, Theodore Vo. "From Canards of Folded Singularities to Torus Canards in a Forced van der Pol Equation", Journal of Nonlinear Science, 2015](#)

12 words / < 1% match - Crossref

["A symptotic analysis of canards in the EOE equations and the role of the inflection line", Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences, 1997](#)

12 words / < 1% match - Crossref

[Oleg V. Maslennikov, Vladimir I. Nekorkin, Jürgen Kurths. "Basin stability for burst synchronization in small-world networks of chaotic slow-fast oscillators", Physical Review E, 2015](#)

12 words / < 1% match - Crossref

[Horacio G. Rotstein, Stephen Coombes, Ana Maria Gheorghe. "Canard-Like Explosion of Limit Cycles in Two-Dimensional Piecewise-Linear Models of FitzHugh–Nagumo Type", SIAM Journal on Applied Dynamical Systems, 2012](#)

12 words / < 1% match - Crossref

[Muratov, C.B.. "Self-induced stochastic resonance in excitable systems", Physica D: Nonlinear Phenomena, 20051015](#)

11 words / < 1% match - Internet from 24-Nov-2019 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

11 words / < 1% match - Internet from 07-Jun-2020 12:00AM

[ajp.scitation.org](#)

11 words / < 1% match - Internet from 20-Jun-2020 12:00AM

[www.repository.cam.ac.uk](#)

11 words / < 1% match - Internet

[hdl.handle.net](#)

11 words / < 1% match - Internet from 14-May-2020 12:00AM

[ajp.scitation.org](#)

11 words / < 1% match - Internet from 15-Mar-2020 12:00AM

[ajp.scitation.org](#)

11 words / < 1% match - Internet from 02-Mar-2014 12:00AM

[www.matjazperc.com](#)

11 words / < 1% match - Internet from 10-May-2019 12:00AM

[ajp.scitation.org](#)

11 words / < 1% match - Internet from 01-May-2020 12:00AM
es.scribd.com

11 words / < 1% match - Internet from 31-Jan-2020 12:00AM
export.arxiv.org

11 words / < 1% match - Internet from 29-Sep-2010 12:00AM
www.ulb.ac.be

11 words / < 1% match - Crossref
["Synchronization", Springer Science and Business Media LLC, 2009](#)

11 words / < 1% match - Crossref
["Extended Abstracts Spring 2013", Springer Science and Business Media LLC, 2014](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[Martin Wechselberger. "Geometric Singular Perturbation Theory Beyond the Standard Form", Springer Science and Business Media LLC, 2020](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[Kuehn, C.. "A mathematical framework for critical transitions: Bifurcations, fast-slow systems and stochastic dynamics", Physica D: Nonlinear Phenomena, 20110601](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[Jonathan D. Touboul, Martin Krupa, Mathieu Desroches. "Noise-induced Canard and Mixed-Mode Oscillations in Large-Scale Stochastic Networks", SIAM Journal on Applied Mathematics, 2015](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[Danil Kulminskiy, Mikhail Prokhorov, Vladimir Ponomarenko. "Controlling Synchronization in Networks of Nonidentical Neuronlike Oscillators", 2019 3rd School on Dynamics of Complex Networks and their Application in Intellectual Robotics \(DCNAIR\), 2019](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[P. Brzeski, J. Kurths, P. Perlikowski. "Time dependent stability margin in multistable systems", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2018](#)

11 words / < 1% match - Crossref
[Tuckwell, Henry C., and Jürgen Jost. "Analysis of inverse stochastic resonance and the long-term firing of Hodgkin-Huxley neurons with Gaussian white noise", Physica A Statistical Mechanics and its Applications, 2012.](#)

11 words / < 1% match - Crossref

[R. Graham. "Nonequilibrium potentials for local codimension-2 bifurcations of dissipative flows", Physical Review A, 02/1987](#)

11 words / < 1% match - Crossref Posted Content

[Itamar Daniel Landau, Haim Sompolinsky. "Coherent chaos in a recurrent neural network with structured connectivity", Cold Spring Harbor Laboratory, 2018](#)

10 words / < 1% match - Internet from 27-Jun-2019 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

10 words / < 1% match - Internet from 29-Apr-2019 12:00AM

[pastel.archives-ouvertes.fr](#)

10 words / < 1% match - Internet from 20-Sep-2019 12:00AM

[aip.scitation.org](#)

10 words / < 1% match - Internet

[arxiv.org](#)

10 words / < 1% match - Internet from 17-Aug-2020 12:00AM

[aip.scitation.org](#)

10 words / < 1% match - Internet

[www.science.uottawa.ca](#)

10 words / < 1% match - Internet from 27-Aug-2020 12:00AM

[tel.archives-ouvertes.fr](#)

10 words / < 1% match - Internet from 25-Jul-2020 12:00AM

[www.biorxiv.org](#)

10 words / < 1% match - Internet from 13-Apr-2020 12:00AM

[aip.scitation.org](#)

10 words / < 1% match - Internet from 19-Jul-2010 12:00AM

[chicagoboyz.net](#)

10 words / < 1% match - Internet

[arxiv.org](#)

10 words / < 1% match - Internet from 27-May-2020 12:00AM
kyutech.repo.nii.ac.jp

10 words / < 1% match - Internet from 27-May-2019 12:00AM
imentaraddod.com

10 words / < 1% match - Internet from 03-Jul-2018 12:00AM
epubs.siam.org

10 words / < 1% match - Internet from 21-Sep-2017 12:00AM
core.ac.uk

10 words / < 1% match - Internet from 23-Mar-2017 12:00AM
researchonline.jcu.edu.au

10 words / < 1% match - Internet from 18-Dec-2015 12:00AM
chaos.c.u-tokyo.ac.jp

10 words / < 1% match - Internet from 13-Mar-2011 12:00AM
www.thomsonrogers.com

10 words / < 1% match - Internet from 20-Aug-2010 12:00AM
www.df.unipi.it

10 words / < 1% match - Publications
[Kosiuk, Ilona \(Prof. Dr. Freddy Dumortier, Prof. Dr. Juergen Jost, Prof. Dr. Juergen Jost and Universität Leipzig, Fakultät für Mathematik und Informatik\). "Relaxation oscillations in slow-fast systems beyond the standard form", Universitätsbibliothek Leipzig, 2013.](#)

10 words / < 1% match - Crossref
[P. Muruganandam. "Analytical calculation of the transition to complete phase synchronization in coupled oscillators", Pramana, 06/2008](#)

10 words / < 1% match - Crossref
["Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems", Springer Science and Business Media LLC, 2006](#)

10 words / < 1% match - Crossref
["Handbook of Chaos Control", Wiley, 2007](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Jean-Marc Ginoux, Jaume Llibre. "Canards Existence in Memristor's Circuits", Qualitative Theory of Dynamical Systems, 2015](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[T. Dahms, V. Flunkert, F. Henneberger, P. Hövel, S. Schikora, E. Schöll, H.-J. Wünsche. "Noninvasive optical control of complex semiconductor laser dynamics", The European Physical Journal Special Topics, 2011](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Ananthakrishna, G.. "Current theoretical approaches to collective behavior of dislocations", Physics Reports, 200703](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Oleg V. Maslennikov, Vladimir I. Nekorkin. "Hierarchical transitions in multiplex adaptive networks of oscillatory units", Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2018](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Irina Erchova. "Rhythms of the brain: An examination of mixed mode oscillation approaches to the analysis of neurophysiological data", Chaos An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2008](#)

10 words / < 1% match - Publications

[Hövel, Philipp. "Control of complex nonlinear systems with delay", Technische Universität Berlin, 2011.](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Jonathan Rubin. "Localized activity patterns in excitatory neuronal networks", Network Computation in Neural Systems, 5/1/2004](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Xiaozhu Zhang, Christian Kuehn, Sarah Hallerberg. "Predictability of critical transitions", Physical Review E, 2015](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Shilnikov, A.L.. "Subthreshold oscillations in a map-based neuron model", Physics Letters A, 20040726](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Shamik Gupta, Alessandro Campa, Stefano Ruffo. "Statistical Physics of Synchronization", Springer Science and Business Media LLC, 2018](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Advances in Cognitive Neurodynamics \(III\), 2013.](#)

10 words / < 1% match - Crossref

["Nonlinear Dynamics and Chaos: Advances and Perspectives", Springer Nature, 2010](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[W. Coomans, L. Gelens, S. Beri, J. Danckaert, G. Van der Sande. "Solitary and coupled semiconductor ring lasers as optical spiking neurons", Physical Review E, 2011](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Mark A. Kramer, Roger D. Traub, Nancy J. Kopell. "New Dynamics in Cerebellar Purkinje Cells: Torus Canards", Physical Review Letters, 2008](#)

10 words / < 1% match - Crossref

["Handbook of Mathematical Methods in Imaging", Springer Science and Business Media LLC, 2015](#)

10 words / < 1% match - Crossref

[Reddy, D.. "Dynamics of a limit cycle oscillator under time delayed linear and nonlinear feedbacks", Physica D: Nonlinear Phenomena, 20001001](#)

10 words / < 1% match - Crossref

["SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", Springer Science and Business Media LLC, 2016](#)

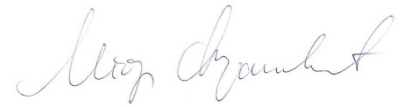
ПРИЛОГ 2

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације *Self-Organization in Coupled Excitable Systems: Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise* (наслов на српском језику: *Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима: садејство вишеструких временских скала и шума*) из научне области Статистичка физика, чији је аутор Ива Бачић, констатујем да је утврђено подударање текста око 3%, након искључивања извора који садрже радове кандидата и дупликате, као и изворе са преклапањем до 10 речи. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, колокација као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 17. 9. 2020. године



др Игор Франовић, ментор
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду