

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Др Игор Франовић је рођен 25.2.1979. године у Београду. Завршио је Пету београдску гимназију као ђак генерације 1997. године, након чега је уписао основне студије на Физичком факултету у Београду, смер теоријска и експериментална физика. Дипломирао је 2002. године с просечном оценом 9.43, одбранивши дипломски рад на тему *Анализа Јан-Телер (Jahn-Teller)-овог ефекта на примеру прелазног метал-комплекса $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$* под руководством проф. др Драгољуба Белића. Магистарске студије на Физичком факултету у Београду, смер теоријска физика кондензованог стања, завршио је с просечном оценом 10,00, а магистарску тезу под насловом *Перколациони фазни прелази на просторно-временским фракталним структурама у ex-vivo и in-vitro неуронским културама* одбранио је 2011. године. Ментор на изради магистарске тезе је био доц. др Владимира Миљковића, а у тези је показано да увођење претпоставке о функционалним ансамблима транзијентно синхронизованих неурона може да објасни механизам настанка и фракталну структуру патерна пропагације активности на мезоскопским неуронским мрежама. Докторат под насловом *Collective dynamics and self-organisation of stochastic neuronal systems influenced by synaptic time delay* одбранио је 2013. године на Физичком факултету у Београду. Радом на тези је руководио проф. др Никола Бурић, а у оквиру тезе су анализирани аналогije између процеса самоорганизације колективне активности у системима спрегнутих интринзичних осцилатора и системима спрегнутих ексциtabilних јединица, при чему је применом методе средњег поља развијен ефективни модел макроскопске динамике популације ексциtabilних јединица под дејством шума и кашњења у интеракцијама.

Од 2004. до 2006. године др Франовић је на Физичком факултету Универзитета у Београду, као стипендиста Министарства науке и заштите животне средине, учествовао на пројекту *Фазни прелази и нелинеарне појаве у биолошким и неорганским материјалима*, којим је руководио проф. др Сава Милошевић. Од јануара 2008. године до јануара 2011. године био је запослен на матичном факултету као истраживач приправник у оквиру пројекта *Фазни прелази и карактеризација неорганских и органских система*, којим је руководио проф. др Мићо Митровић. Од јануара 2011. до марта 2014. године био је ангажован на Физичком факултету у Београду као истраживач приправник, а затим и као истраживач сарадник на националном пројекту ОН171015, *Фазни прелази и карактеризација неорганских и органских система*, којим је руководила проф. др Сунчица Елезовић-Хацић. Од марта 2014. године др Франовић је запослен у Лабораторији за примену рачунара у науци у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система Института за физику у Београду. У периоду од 2014. до 2019. године, био је ангажован на националном пројекту ОН171017, *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система*, којим је руководио др Антун Балаж. У оквиру овог пројекта, др Франовић је руководио потпројектом *Самоорганизација у спрегнутим*

ексцитабилним системима. У периоду од 2019. до 2023. године, др Франовић је руководио истраживањем на потпројекту *Емергентна динамика на комплексним мрежама: стохастички ефекти, кашњење у интеракцијама, адаптивност* у оквиру Центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. У децембру 2014. године изабран је у звање научни сарадник, а маја 2019. године у звање виши научни сарадник.

Истраживачки рад др Франовића обухвата области теорије нелинеарне динамике, стохастичких процеса и теорије комплексних мрежа, а као водеће теме истраживања се издвајају (а) самоорганизација и формирање патерна у системима спрегнутих ексцитабилних јединица; (б) редукционе методе за анализу колективне динамике спрегнутих динамичких система; (в) динамика система на вишеструким временским скалама; (г) мултистабилност, алтернирајућа (switching) динамика и адаптивност у неуронским системима; (д) развој методе средњег поља за анализу стабилности и бифуркација система стохастичких диференцијалних једначина и стохастичких диференцијалних једначина с кашњењем. Његов досадашњи рад укључује 47 радова у међународним часописима, као и једног поглавља у књизи. Од 46 радова категорије M20, 32 је објављено у часописима изузетних вредности категорије M21a, као што су *Physical Review Letters*, *Scientific Reports*, *Chaos*, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* и *Physical Review E*. Од последњег избора у звање, своје резултате је представио на 11 предавања по позиву категорије M32, као и на 3 предавања по позиву на страним факултетима и институтима. Др Франовић је добитник награде за најбољег младог истраживача Физичког факултета у Београду за 2013. годину, као и добитник Годишње награде за научни допринос Института за физику у Београду за 2020. годину.

Др Франовић има развијену међународну научну сарадњу с истраживачким групама из Немачке, Русије, Јапана, Словеније, Турске, Ирана и Француске. Био је добитник DAAD стипендије за 2012. годину за студијски боравак у групи проф. Аркадија Пиковског у Потсдаму, СР Немачка. Учесник је више међународних пројеката. У периоду 2015./2016. учествовао је на билатералном пројекту између Републике Србије и Републике Португалије *Noise and Measurement Errors in Multi-parti Quantum Security Protocols*. У периоду 2017./2018. др Франовић је био руководилац билатералног пројекта између Републике Србије и СР Немачке *Emergent Dynamics in Systems of Coupled Excitable Units*. У периоду од 2018. до 2023. године био је члан Management комитета COST акције CA17120 *Chemobronics* (CBrio). Од ове године, учесник је пројекта ANSO-CR-PP-2022-05 *Estimation, Control and Optimization of Networked Coupled Dynamical Systems* у оквиру сарадње Академије наука НР Кине и европских Академија наука.

Био је ментор др Иви Бачић на докторским студијама. Др Бачић је докторску тезу *Self-organization in coupled excitable systems: interplay between multiple timescale dynamics and noise* одбранила 2020. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Тренутно, др Франовић је ментор на докторским студијама Зорану Рајчевићу. Поред тога, др Франовић је јуна 2019. године био члан комисије за одбрану докторске тезе Себастијана Ејдама на

Техничком универзитету у Берлину. Предавач је на предмету *Физика неуређених система* на докторским студијама Физичког факултета Универзитета у Београду. У периоду од 2017. до 2020. године, др Франовић је био Associate Editor у часопису *Chaos, Solitons & Fractals* категорије M21a. Тренутно је Associate Editor у часописима *Journal of Applied Nonlinear Dynamics* (категорија M23) и *Frontiers in Network Physiology* (додељивање ИФ се очекује следеће године). Такође, др Франовић је Guest Editor у часописима *Chaos* (категорија M21a) и *Entropy* (категорија M22).

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Др Игор Франовић се бави теоријском анализом самоорганизације и генеричких форми емергентног понашања у комплексним системима, чија је локална динамика представљена моделима спрегнутих осцилатора или ексцитабилних јединица. У свом раду интегрише концепте и методе из неколико различитих области физике, укључујући теорију нелинеарне динамике, статистичку физику и теорију комплексних мрежа, док се као главна мотивација и потенцијалне области примене добијених резултата истичу карактеризација, предвиђање и контрола колективне динамике неуронских мрежа и других биолошких система.

У ширем контексту, проучавање емергентних феномена заснованих на (парцијалној) синхронизацији елемената, као главном принципу самоорганизације, представља парадигму за карактеризацију макроскопске динамике великог броја природних и артифицијелних система, од физике, хемије и биологије, преко инжењерства и технологије до социологије и економије. При том, класа ексцитабилних система, чије је карактеристично нелинеарно понашање одређено тиме што им се параметри налазе у близини бифуркације која преводи систем из стационарног стања у осцилаторни режим, је у фокусу савремених истраживања како због теоријског значаја, тако и због могућности практичне примене, пре свега у биофизици и неуронауци. Комплексности колективног понашања система спрегнутих ексцитабилних јединица доприносе особине локалне динамике, која типично подразумева вишеструке временске скале, значајан утицај шума и кашњења у интеракцијама, коегзистенција атрактивних и репулзивних интеракција, као и модуларна организација како на структурном, тако и на функционалном нивоу. Проучавање емергентне динамике на оваквим системима већ је довело до настанка значајних нових теоријских концепата, као што су редукциони приступи за анализу макроскопске динамике система; методе анализе патерна кохеренције-некохеренције, као и различитих форми пропагативних и само-локализованих патерна активности; установљење појма адаптивних мрежа; развој техника анализе стабилности и бифуркација система стохастичких диференцијалних једначина са и без кашњења.

У досадашњем раду, др Франовић се бавио развојем редукционих метода за проучавање генеричких форми емергентног понашања у системима спрегнутих ексцитабилних или осцилаторних јединица, развојем теорије динамике система на вишеструким временским скалама, као и развојем аналитичких метода за проучавање стабилности и бифуркација макроскопске динамике стохастичких система с кашњењем у интеракцијама. Рад др Франовића се може поделити у следеће подтеме:

- Патерни кохеренције-некохеренције у системима спрегнутих ексцитабилних јединица
- Алтернирајућа (switching) динамика у системима спрегнутих ексцитабилних јединица с адаптивношћу

- Мултистабилност и споре стохастичке флукуације средње активности у неуронским мрежама;
- Екстензија појма ексциtabilности на системе с периодичним орбитама;
- Макроскопска динамика хетерогених система;
- Хаотични системи с екстремном мултистабилношћу;
- Спонтано кластероване у системима спрегнутих ексциtabilних јединица под утицајем шума и кашњења у интеракцијама;
- Проблем активације у системима спрегнутих ексциtabilних јединица с вишеструким изворима шума;
- Развој гаусијанске методе средњег поља за анализу стабилности и бифуркација система стохастичких диференцијалних једначина са и без кашњења;
- Динамика мотива стохастичких неурона с кашњењем у интеракцијама;
- Патерни пропагације синхронизоване активности у мезоскопским неуронским мрежама;
- Примена теорије нелинеарне динамике у интердисциплинарним истраживањима;
- Неуређене конфигурације кинетичког Изинговог модела на комплексним мрежама.

У наредним подсекцијама су приказани главни научни резултати добијени у оквиру ових тема.

2.1 Патерни кохеренције-некохеренције у системима спрегнутих ексциtabilних јединица

Током последњих петнаест година, појава патерна кохеренције-некохеренције (алтернативно, патерна парцијалне синхронизације) на путу десинхронизације од потпуно синхронизованог ка несинхронизованом турбулентном стању постала је доминантна тема у истраживању колективне динамике спрегнутих осцилатора, замењујући као водећу тему фазни прелаз синхронизације приликом настанка колективне моде. Међутим, интуиција развијена за системе спрегнутих осцилатора не важи у системима спрегнутих осцилатора, између осталог и због фундаменталне особине спрегнутих ексциtabilних система да настанак нетривијалног колективног понашања захтева значајно присуство репулзивних, а не атрактивних интеракција. Два суштинска питања која су остала отворена односе се на пуну класификацију патерна кохеренције-некохеренције у системима спрегнутих ексциtabilних јединица, као и генеричке механизме настанка оваквих патерна. Недавна истраживања др Франовића значајно су допринела расветљавању ова два питања.

С једне стране, др Франовић је с колегама показао да у спрегнутим ексциtabilним системима с нелокалним атрактивним и репулзивним интеракцијама могу да настану патерни кохеренције-некохеренције који не постоје у системима спрегнутих осцилатора. То се пре свега односи на постојање тзв. patched патерна карактерисаних део-по-део константним (piecewise constant) профилем средњих фреквенција осциловања јединица, при чему се популација спонтано дели на тзв. већинске и мањинске (majority and minority) patch-еве чије су фреквенције locked у односу 1:2. У смислу временске зависности, patched патерни могу да буду периодични, квазипериодични и хаотични, а само хаотични патерни могу да манифестују интерфејсе између patch-ева, састављене од јединица с интермедијерном фреквенцијом између већинских и мањинских patch-ева, чија динамика одговара тзв. хаотичном лутању (chaotic itinerance). Применом класичне теорије бифуркација и хаоса у коначним системима обичних диференцијалних једначина, утврђено је да сценарио преласка у хаос с параметром који одређује превалентност репулзивних у односу на атрактивне интеракције, зависи од таласног броја патерна, одређеног дометом нелокалних интеракција. У случају већег таласног броја, тј. мањег домета интеракција, прелазак у хаос одвија се преко квазипериодичне динамике, разбијањем инваријантног торуца. У случају мањег таласног броја, прелазак у хаос може бити праћен depinning прелазом, где интерфејси престају да буду статични и манифестују дифузионо кретање. Др Франовић је показао да patched патерни показују значајне разлике у односу на химера стања, пре свега због тога што је прелазак у хаос колективни, а не просторно локализовани феномен, као и због тога што максимални Љапуновљев експонент достиже ненулту константну вредност с повећањем величине система. С друге стране, с другом групом страних колега, др Франовић је показао да у једноставним моделима система нелокално спрегнутих јединица с фазно-осетљивом ексциtabilношћу (phase-sensitive excitability) може да дође до формирања патерна каскадне активности, познатих у неуронауци као неуронске лавине, при чему такви патерни изненађујуће коегзистирају с робусним колективним ритмовима. Овакви патерни показују неке од особина критичног скалирања, пошто су уочени у околини критичних прелаза између стања ниске и високе средње фреквенције осциловања. Са становишта самоорганизације активности, оба новооткривена типа патерна комбинују две класичне особине ексциtabilних система, самолокализоване ексцитације и пропагацију таласа активности. Као интересантна чињеница, показало се и да само мотиви од две спрегнуте ексциtabilне јединице могу да покажу нетривијалне патерне активности у форми тзв. leap-frogging динамике с алтернирајућим редоследом опаљивања јединица, који су организовани путем комплексног сценарија око прелаза канарда између subthreshold и релаксационих осцилација.

Поред нових типова патерна специфичних за спрегнуте ексцитабилне системе, истраживања др Франовића показала су и да генерички механизми настанка патерна кохеренције-некохеренције не следе сценарије познате из система спрегнутих осцилатора. Конкретно, у случају тзв. bump стања у системима с нелокалном атракцијом и глобалном репулзијом, по први пут је механизам настанка патерна кохеренције-некохеренције непосредно повезан с класичним Тјуринговим механизмом настанка патерна. Испоставило се да bump стања, за разлику од патерна кохеренције-некохеренције у системима спрегнутих осцилатора, могу да настану на суперкритичан начин, unlocking-ом само једне јединице с Тјуринговог патерна који одговара стању модулисане кохеренције. С друге стране, у случају солитарних стања, показана су два генеричка механизма настанка фундаментално различита од механизма настанка солитарних стања у системима спрегнутих осцилатора, од којих је један повезан, а други независан од небалансираних кластер стања у глобално повезаним мрежама.

Описани резултати приказани су у следећим радовима:

1. *Scale-free Avalanches in Arrays of FitzHugh–Nagumo Oscillators*
M. Contreras, E. S. Medeiros, A. Zakharova, P. Hövel, and **I. Franović**
Chaos **33**, 093106 (2023);
2. *Patched Patterns and Emergence of Chaotic Interfaces in Arrays of Nonlocally Coupled Excitable Systems*
I. Franović and S. R. Eydam:
Chaos **32**, 091102 (2022);
3. *Unbalanced Clustering and Solitary States in Coupled Excitable Systems*
I. Franović, S. R. Eydam, N. Semenova, and A. Zakharova
Chaos **32**, 011104 (2022);
4. *Bumps, Chimera States, and Turing Patterns in Systems of Coupled Active Rotators*
I. Franović, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum
Phys. Rev. E **104**, L052201 (2021);
5. *Leap-frog Patterns in Systems of Two Coupled FitzHugh–Nagumo Units*
S. R. Eydam, **I. Franović**, and M. Wolfrum:
Phys. Rev. E **99**, 042207 (2019).

2.2 Алтернирајућа (switching) динамика у системима спрегнутих ексцитабилних јединица с адаптивношћу

Адаптивност је фундаментална особина бројних спрегнутих динамичких система која се огледа у промени структуре система под утицајем повратне спреге с динамиком система. У погледу карактеристичних временских скала, системи с адаптивношћу најчешће имају брзо-спору структуру, у смислу да се адаптација одвија на споријој скали у односу на локалну динамику јединица. У неуронским системима, на пример, испољава се у два вида: кроз адаптацију јачина веза (синаптичка пластичност), и/или кроз промену особина локалне динамике јединица (адаптација фреквенције опаљивања или локалне ексцитабилности неурона). Користећи адаптацију у неуронским системима као мотивацију, др Франовић је са страним колегама, као и у сарадњи с др Ивом Бачић током њеног доктората, показао да: а) адаптивност може да доведе до појаве нових емергентних феномена заснованих на алтернирајућој (switching) динамици, као што су колективна bursting активност на нивоу великих популација, као и стохастички bursting на нивоу једне или мотива две спрегнуте јединице; б) у интеракцији са шумом, адаптивност може да игра значајну улогу у механизму настанка или контроли резонантних феномена (инверзна стохастичка резонанца, резонанца кохеренције); в) брзина адаптације на нетривијалан начин утиче на форме switching динамике између коегзистентних метастабилни стања; г) адаптивност може да доведе до критичних прелаза или да одржава динамику система у близини критичности. Конкретно, на примеру неуронске популације повезане повратном спрегом с резервоаром метаболичких ресурса, показано је да адаптивност доприноси настанку цикличних патерна активности, у којој динамика популације пролази кроз сукцесивне критичне прелазе који одговарају switch-евима из активног у псеудо-стационарни режим и обрнуто, што се манифестује као колективна bursting активност популације. На примеру мотива две стохастичке ексцитабилне јединице с адаптивним везама, показано је да спора адаптација (сингуларни лимес) може да индукује нову временску скалу на којој се одвија switching између осцилаторних мода изазваних шумом. С друге стране, умерено брза адаптација (коначно раздвајање временских скала) индукује алтернирајућу динамику између коегзистентних псеудо-стационарних и осцилаторних метастабилних стања. Тада је могућ и сценарио тзв. biased switching-а, где постоји преферентна вредност нивоа шума на којој је прелаз из осцилаторног у псеудо-стационарно стање много вероватнији од прелаза у супротном смеру, што се на нивоу средње фреквенције осциловања система манифестује као ефекат инверзне стохастичке резонанце, где фреквенција осциловања постаје минимална за интермедијерни интензитет шума. На примеру стохастичке ексцитабилне јединице са спором адаптацијом параметра ексцитабилности, утврђено је да редукована динамика садржи регион бистабилности између псеудо-стационарног режима и стохастички пертурбованих осцилација, што при малим, али коначним брзинама адаптације доводи до појаве bursting динамике засноване на алтернирању између коегзистентних стања.

У контексту развоја аналитичких метода, значај групе радова о адаптивности огледа се у увођењу нових редуccionих метода за анализу система с динамиком на вишеструким временским скалама. Наиме, уведена је метода стохастичког усредњавања (stochastic averaging) за анализу брзо-спорих система са стохастичком layer динамиком заснована на комбинацији Фокер-Планковог формализма и класичне теорије сингуларних пертурбација. Такође, уведена је и нова редуccionа техника заснована на интеграцији От-Антонсенове теорије за анализу макроскопске layer динамике спрегнутих фазних осцилатора и теорије сингуларних пертурбација.

Наведени резултати приказани су у следећим радовима:

1. *Perspectives on Adaptive Dynamical Systems*
J. Sawicki, R. Berner, S. A. M. Loos, M. Anvari, R. Bader, W. Barfuss, N. Botta, N. Brede, I. Franović, D. J. Gauthier, S. Goldt, A. Hajizadeh, P. Hövel, O. Karin, P. Lorenz-Spreen, C. Miehl, J. Mölter, S. Olmi, E. Schöll, A. Seif, P. A. Tass, G. Volpe, S. Yanchuk, and J. Kurths
Chaos **33**, 071501 (2023);
2. *Collective Activity Bursting in a Population of Excitable Units Adaptively Coupled to a Pool of Resources*
I. Franović, S. R. Eydam, S. Yanchuk, and R. Berner
Front. Netw. Physiol. **2**, 841829 (2022);
3. *Dynamics of a Stochastic Excitable System with Slowly Adapting Feedback*
I. Franović, S. Yanchuk, S. R. Eydam, I. Bacic, and M. Wolfrum
Chaos **30**, 083109 (2020);
4. *Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance*
I. Bačić and **I. Franović**
Chaos **30**, 033123 (2020);
5. *Inverse Stochastic Resonance in a System of Excitable Active Rotators with Adaptive Coupling*
I. Bačić, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, M. Perc, and **I. Franović**
EPL **124**, 40004 (2018);
6. **Noise-induced Switching in Two Adaptively Coupled Excitable Systems**
I. Bačić, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and **I. Franović**
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1077 (2018).

2.3 Мултистабилност и споре стохастичке флукуације средње активности у неуронским мрежама

У оквиру ове области, др Франовић се бави анализом проблема макроскопске варијабилности, која представља емергентну форму колективног понашања на неуронским мрежама. Наиме, познато је да се активност неурона може описати као двоструки стохастички процес, који се с једне стране манифестује као микроскопска варијабилност у временским серијама појединачних неурона, и с друге стране, као макроскопска варијабилност, која се опажа на дугим временским скалама, и укључује споре стохастичке флукуације средње фреквенције емитовања импулса. Споре флукуације настају услед спонтаног алтернирања између епизода повишене активности неурона и епизода релативног мировања. Таква алтернирајућа (switching) динамика између различитих колективних стања је од посебног значаја за пирамидалне неуроне у неокортексу, и сматра се да представља динамичку парадигму за реализацију различитих форми учења и меморије. Циљ истраживања је да се утврде услови који омогућавају појаву switching динамике, при чему је акценат стављен на садејство различитих типова шума, кашњења у интеракцијама и хетерогености топологије интеракција мреже. Између осталог, разматран је и случај кластерованих мрежа неурона, које су нарочито заступљене у можданом кортексу. Главни резултат досадашњег истраживања представља развој ефективног модел колективне активности кластероване мреже rate неурона, који омогућава да се процене различити доприноси ефективном макроскопском шуму, као и да се одреде области параметара где је могуће очекивати switching динамику. Од посебног значаја за могуће апликације је чињеница да се механизми switching динамике у случајним и модулларним неуронским мрежама квалитативно разликују, при чему је показано да кластеровање доприноси мултистабилности мреже, чинећи switching феномен робуснијим. Утврђено је и да карактеристике switching динамике индуковане спољашњом стимулацијом значајно зависе од типа стимулације, при чему стимулација усмерена на одређени кластер, за разлику од дистрибуиране стимулације, значајно смањује макроскопску варијабилност динамике мреже, усмеравајући је ка појединим метастабилним стањима. Додатно, релаксација мреже не зависи доминантно од амплитуде стимулације, већ од стања система у тренутку примене стимулације, при чему је уочен и феномен стохастичке амплификације (noise-enhanced stability) појединих метастабилних стања са значајно продуженом релаксацијом након престанка стимулације.

У недавном истраживању са страним колегама, др Франовић је актуелизовао питање механизма настанка спорих стохастичких флукуација посматрајући реалистичнији модел мреже састављене од spiking неурона. У том контексту, отворено је питање механизма преласка из хомогеног асинхроног стања мреже с некорелисаном активношћу неурона у хетерогено асинхроно стање rate хаоса, које се одликује спорим стохастичким флукуацијама средње фреквенције осциловања. Показана су три различита сценарија преласка у стање rate хаоса, укључујући кластеровање структуре мреже, појачавање јачина синапси и повећавање константе интеграције синапси. Као изненађујући резултат, на примеру једноставног задатка динамичке меморије, показало се да рачунске способности мреже суштински зависе од сценарија преласка у режим rate хаоса.

Наведени резултати су објављени у следећим радовима:

1. *Rate Chaos and Memory Lifetime in Spiking Neural Networks*
V. Klinshov, A. V. Kovalchuk, **I. Franović**, M. Perc, and M. Svetec
Chaos Soliton. Fract. **158**, 112011 (2022);
2. *Stimulus-evoked Activity in Clustered Networks of Stochastic Rate-based Neurons*
I. Franović and V. Klinshov
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1063 (2018);
3. *Clustering Promotes Switching Dynamics in Networks of Noisy Neurons*
I. Franović and V. Klinshov
Chaos **28**, 023111 (2018);
4. *Slow Rate Fluctuations in a Network of Noisy Neurons with Coupling Delay*
I. Franović and V. Klinshov
EPL **116**, 48002 (2016);
5. *Mean-field Dynamics of a Random Neural Network with Noise*
V. Klinshov and **I. Franović**
Phys. Rev. E **92**, 062813 (2015).

2.4 Екстензија појма ексцитабилности на системе с периодичним орбитама

Класичан појам ексцитабилности повезан је са система који имају линеарно стабилан еквилибријум, али који могу да дају два различита типа одговора на спољашње пертурбације: линеаран одговор мале амплитуде за слабије пертурбације или нелинеаран одговор велике амплитуде за довољно јаке пертурбације. У теорији нелинеарне динамике, ексцитабилност је објашњена чињеницом да се систем налази у близини бифуркације од стационарног режима ка режиму периодичних осцилација. Међутим, постављало се питање да ли је појам ексцитабилности једино примењив на системе с линеарно стабилним еквилибријумом, или је овај појам ипак могуће генерализовати. У сарадњи с иностраним колегама, др Франовић је показао да је појам ексцитабилности могуће проширити на системе са стабилном периодичном орбитом, уз одређене сличности и разлике у односу на класичан појам ексцитабилности. Сличности се састоје у томе да ексцитабилне периодичне орбите манифестују нелинеарно threshold-like понашање и нелинеаран одговор на шум у форми резонантног феномена. С друге стране, указано је и на неколико значајних разлика у поређењу с класичним појмом ексцитабилности: а) ексцитабилне периодичне орбите не налазе се у близини бифуркације, већ типично канард прелаза између subthreshold и релаксационих осцилација; б) одговор система на пертурбацију је неуниформан, тј. мења се дуж периодичне орбите; в) резонантан феномен индукован шумом не промовише осциловање, већ се напротив састоји у супресији стохастички пертурбованих осцилација.

Наведени резултати приказани су у раду:

1. *Phase-sensitive Excitability of a Limit Cycle*
I. Franović, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum:
Chaos **28**, 071105 (2018).

2.5 Макроскопска динамика хетерогених система

Велики број природних и артифицијелних система одликује се варијабилношћу параметара локалне динамике, која се још назива и диверзитет, хетерогеност, нечистоће, или quenched неуређеност у зависности од области примене. Понекад је варијабилност толико изражена да се локална динамика јединица разликује на квалитативном, а не само на квантитативном нивоу. На пример, неуронске популације се типично састоје од ексцитабилних јединица и јединица у режиму тоничног опаљивања, тако да интеракције суштински утичу на промене интринзичне динамике јединица. Овакав сценарио се суштински разликује од класичног Курамотовог модела у којем се јединице одликују само квантитативном хетерогеношћу, у смислу да се популација састоји од осцилатора с различитим локалним фреквенцијама. Значајан напредак у анализи макроскопске динамике спрегнутих осцилатора постигнут је појавом От-Антонсенове теорије (2008./2009. год.), која се у основи заснива на открићу инваријантног манифолда којем, под одређеним условима, генерички тежи асимптотска динамика система. Др Франовић је с руским колегом први пут систематски применио От-Антонсенову теорију на анализу макроскопске динамике система с квалитативном хетерогеношћу локалне динамике, аналогне оној у типичним неуронским популацијама. Хетерогеност је реализована на нивоу локалних бифуркационих параметара јединица, за које је, због могућности детаљне математичке анализе, претпостављено да су униформно дистрибуирани на одређеном интервалу. Користећи главне карактеристике дистрибуције, средњу вредност и ширину, као бифуркационе параметре, утврђено је да постоје три макроскопска режима, и да су границе њихових домена стабилности организоване преко сложеног сценарија који укључује три бифуркације кодимензије два. Такође, доказано је да постоје два домена бистабилне динамике између два макроскопска еквилибријума, или макроскопског еквилибријума и макроскопског граничног круга.

Наведени резултати описани су у раду:

1. *Two Scenarios for the Onset and Suppression of Collective Oscillations in Heterogeneous Populations of Active Rotators*
V. Klinshov and **I. Franović**
Phys. Rev. E **100**, 062211 (2019).

2.6 Хаотични системи с екстремном мултистабилношћу

Упркос томе што је зачета пре тачно 50 година, сведоци смо тога да и даље постоји активно интересовање за развој теорије хаоса. Последњих неколико година, нарочито је интензивна област истраживања која повезује две класе система чија је динамика сензитивна на избор почетних услова: хаотичне системе с једне стране, и мултистабилне системе карактерисане коегзистенцијом више атрактора за исте вредности параметара с друге стране. У контексту примена, од посебног значаја су питања конструисања система који имају задату форму мултистабилног понашања, као и проналажење стратегија контроле switching динамике између коегзистентних стања. Иако је мултистабилност класично повезана с коначно много коегзистентних стања, последњих неколико година откривена је нова класа дисипативних система с бесконачно много коегзистентних атрактора. У оквиру те класе, пронађени су екстремно мултистабилни системи с небројиво много коегзистентних атрактора, тако да континуална промена почетних услова може да изазива бифуркације, и мегастабилни системи с пребројиво много коегзистентних стања, где варијација почетних услова не изазива бифуркације. Иако је владао став да су ове две подкласе система дисјунктне, у сарадњи с иранским колегама, др Франовић је развио први пример система који манифестује како екстремну, тако и мега мултистабилност при варијацији почетних услова две различите варијабле система. Модел је заснован на неаутономном тродимензионалном систему који може да манифестује периодично, квазипериодично и хаотично понашање, а примењивост модела демонстрирана је конструкцијом аналогног електричног кола.

Наведени резултати приказани су у раду:

1. *A Non-autonomous Mega-extreme Multistable Chaotic System*
A. Ahmadi, S. Parthasarathy, H. Natiq, S. Jafari, **I. Franović**, and K. Rajagopal
Chaos Soliton. Fract. **174**, 113765 (2023).
1. *Rate Chaos and Memory Lifetime in Spiking Neural Networks*
V. Klinshov, A. V. Kovalchuk, **I. Franović**, M. Perc, and M. Svetec:
Chaos Soliton. Fract. **158**, 112011 (2022).

2.7 Спонтано кластеровање у системима спрегнутих ексцитабилних јединица под утицајем шума и кашњења у интеракцијама

Циљ истраживања у оквиру ове теме, коју је др Франовић покренуо као докторанд, састоји се у испитивању и продубљивању аналогије између колективног понашања интерагујућих фазних осцилатора и популација састављених од ексцитабилних елемената, који су типични за неуронске и друге биолошке системе. Главни допринос др Франовића у овој области састоји се у томе што је експлицитно показано да системи ексцитабилних јединица, представљених парадигматским Фицхју-Нагумо (FitzHugh-Nagumo) моделом, могу да испоље комплексне феномене самоорганизације, засноване на синхронизацији локалних активности. У том контексту, уочен је феномен спонтане кластер-синхронизације на хомогеној популацији, који настаје једино услед садејства ексцитабилности јединица, шума и кашњења у интеракцијама. Утврђено је да се механизам кластерована заснива на конкуренцији две карактеристичне временске скале, где једна одговара осцилаторној моди изазваној шумом, а друга моди вођеној кашњењем. Поред асимптотски стабилних дво- и тро-кластер партиција, уочена су и тро-кластер стања динамичког карактера. Утврђено је да стабилност дво-кластер стања важи и у термодинамичком лимесу. Детаљном анализом, др Франовић је показао да је кластероване резонантни феномен у односу на кашњење у интеракцијама, који опстаје и у случају комплексних топологија повезаности неурона (scale-free мреже), као и при неуниформним вредностима локалних параметара. Утврђено је да глобална бифуркација ефективног модела добијеног применом методе средњег поља (mean-field method) указује на области параметара система у којима се може очекивати појава кластерована. Наведени резултати приказани су у следећим радовима:

1. *Spontaneous Formation of Synchronization Clusters in Homogenous Neuronal Ensembles Induced by Noise and Interaction Delays*
I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić
 Phys. Rev. Lett. **108**, 094101 (2012);
2. *Cluster Synchronization of Spiking Induced by Noise and Interaction Delays in Homogenous Neuronal Ensembles*
I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić
 Chaos **22**, 033147 (2012).

2.8 Проблем активације у системима спрегнутих ексцитабилних јединица с вишеструким изворима шума

У оквиру ове теме, др Франовић се бавио анализом threshold понашања и статистичких карактеристика процеса активације у системима једне и две ексцитабилне јединице, као и популације ексцитабилних јединица под утицајем интринзичног и екстерног шума. По први пут су размотрени ефекти интермедијерних интензитета шума који леже изван области применљивости теорије великих флукуација. Као најважнији резултат, др Франовић је показао да постоје универзалне статистичке особине процеса активације за сва три посматрана система, а да је универзалност квалитативно одређена стохастичком бифуркацијом која одговара прелазу из стохастички стабилне фиксне тачке у стохастички стабилан гранични циклус. Постојање стохастичке бифуркације доказано је применом ефективних модела стохастичке динамике система, заснованих на методи кумуланата допуњеној гаусијанском closure хипотезом. Поред тога, важан резултат представља увођење релевантних граничних услова за проблеме активације у ексцитабилним системима: у случају једне јединице, одређени су гранични услови који омогућавају директну генерализацију на системе од две јединице, док су у случају популације размотрене три различите формулације догађаја активације, које карактеришу различите аспекте threshold понашања и улогу кохеренције активности појединачних јединица у процесу активације. Описани резултати представљени су у следећим радовима:

1. *Activation Process in Excitable Systems with Multiple Noise Sources: One and Two Interacting Units*

I. Franović, K. Todorović, M. Perc, N. Vasović, and N. Burić
Phys. Rev. E **92**, 062911 (2015);

2. *Activation Process in Excitable Systems with Multiple Noise Sources: Large Number of Units*

I. Franović, M. Perc, K. Todorović, S. Kostić, and N. Burić
Phys. Rev. E **92**, 062912 (2015).

2.9 Развој гаусијанске методе средњег поља за анализу стабилности и бифуркација система стохастичких диференцијалних једначина са и без кашњења

У оквиру ове теме, фокус истраживања је на развоју и примени методе средњег поља, заснованој на развоју по кумулантима и гаусијанској апроксимацији, при анализи стохастичке стабилности и стохастичких бифуркација макроскопске динамике неуронских популација. Најважнији резултати др Франовића у овој области се односе на (а) прецизну формулацију релевантних апроксимација на којима се заснива примена гаусијанске методе средњег поља у макроскопским системима стохастичких ексцитабилних јединица с кашњењем у интеракцијама; (б) развој ефективних модела колективне динамике у случају популација ексцитабилних јединица; (в) извођење редукованог модела глобалне динамике популације стохастичких неуронских мапа. За примену mean-field методе, од изузетног је значаја питање да ли су апроксимације иза mean-field модела универзалног карактера, или је потребно да се прилагођавају конкретној класи система која се проучава. У истраживању др Франовића експлицитно је показано да апроксимације немају универзалну форму, већ морају да буду прилагођене конкретној класи система којој припада модел локалне динамике. У случају спрегнутих ексцитабилних система, дефинисане су две релевантне апроксимације, назване гаусијанска апроксимација и апроксимација о квази-независности. При том, испоставља се да формулација прве апроксимације мора да узме у обзир релаксациони карактер осцилација типичан за ексцитабилне јединице, док је нарушење друге апроксимације могуће предвидети на самоусаглашен начин анализом динамике коју приказује модел добијен применом методе средњег поља.

Поред тога, др Франовић је демонстрирао да ефективни модели засновани на методи средњег поља с гаусијанском апроксимацијом могу да на квалитативно исправан начин опишу стабилност егзактног система, сценарије за појаву и супресију колективне моде, као и мултистабилне режиме егзактног система, примењујући их на системима интерагујућих популација ексцитабилних јединица, као и на популацијама стохастичких неуронских мапа. Поред квалитативног поклапања, у смислу генеричких форми бифуркација и одговарајућих области параметара појединих динамичких режима, утврђено је да ефективни модели са задовољавајућом тачношћу предвиђају: (а) статистичке карактеристике релевантних временских серија егзактног система, (б) одговор популације на спољашње стимулације мале амплитуде, задат кривама фазног одговора, као и одговор на пертурбације коначне амплитуде. Наведени резултати представљени су у следећим радовима:

1. *Mean-field Dynamics of a Population of Stochastic Map Neurons*
I. Franović, O. V. Maslennikov, I. Bačić, and V. I. Nekorkin
Phys. Rev. E **96**, 012226 (2017);
2. *Persistence and Failure of Mean-field Approximations Adapted to a Class of Systems of Delay-coupled Excitable Units*
I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:
Phys. Rev. E **89**, 022926 (2014);
3. *Mean-field Approximation of Two Coupled Populations of Excitable Units*

I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić
Phys. Rev. E **87**, 012922 (2013);

4. *Stability, Bifurcations, and Dynamics of Global Variables of a System of Bursting Neurons*
I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić
Chaos **21**, 033109 (2011).

2.10 Динамика мотива стохастичких неурона с кашњењем у интеракцијама

Акцент истраживања у овој области је на анализи динамичких режима и феномена стохастичке фазне синхронизације на типичним бинарним или тернарним мотивима неурона. Од посебног значаја су управо триплети, који чине основне јединице грађе комплексних неуронских мрежа. Циљ истраживања се састоји у систематском одређивању односа између структурних мотива, задатих анатомском повезаношћу неуронске мреже, и функционалних мотива, који одражавају актуелну динамику јединица или њихово стање синхронизованости. Др Франовић се бавио моделима који укључују две парадигматске форме локалне динамике неурона: *bursting* динамику задату Рулковљевим мапама и ексцитабилну динамику представљену Fitzhugh-Nagumo моделом. У случају неуронских мапа с *bursting* динамиком, главни резултат представља одређивање механизма настанка *burst* синхронизације и патерна активности карактеристичних за поједине мотиве применом геометријске теорије сингуларних пертурбација. Важан допринос представља и дефинисање два типа функционалних мотива, при чему су идентификовани управо они функционални мотиви који највише доприносе успостављању *burst* синхронизације између јединица. У случају ексцитабилне локалне динамике, анализирани су стохастичка стабилност, као и стања синхронизације различитих осцилаторних мода у систему од две спрегнуте јединице у присуству два независна извора шума (интринзични шум у јонским каналима и спољашњи синаптички шум), као и два типа кашњења у интеракцијама. Посматрани систем је значајан и у светлу испитивања односа особине ексцитабилности и динамике на вишеструким карактеристичним временским скалама. Питање коефекта шума и кашњења у модификовању ексцитабилног понашања у дуговременском лимесу третирано је применом методе статистичке линеаризације, при чему је показано да карактер шума (интринзични или екстерни) примарно утиче на прилагођавање фреквенција између јединица, као и на резултат конкуренције између осцилаторних мода вођених шумом или кашњењем.

Описани резултати представљени су у следећим радовима:

1. *Stability, Coherent Spiking and Synchronization in Noisy Excitable Systems with Coupling and Internal Delays*
I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **19**, 3202 (2014);

2. *Possibilities of Introducing Different Functional Circuits on Top of a Structural Neuron Triplet: Where Do the Gains Lie?*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
Chaos Soliton. Fract. **45**, 527 (2012);
3. *The Effects of Synaptic Time Delay on Motifs of Chemically Coupled Rulkov Model Neurons*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **16**, 623 (2011);
4. *Functional Motifs: a Novel Perspective on Burst Synchronization and Regularization of Neurons Coupled Via Delayed Inhibitory Synapses*
I. Franović and V. Lj. Miljković
Chaos Soliton. Fract. **44**, 122 (2011);
5. *Phase Plane Approach to Cooperative Rhythms in Neuron Motifs with Delayed Inhibitory Synapses*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
EPL **92**, 68007 (2011);
6. *Power Law Behavior Related to Mutual Synchronization of Chemically Coupled Map Neurons*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
Eur. Phys. J. B **76**, 613 (2010).

2.11 Патерни пропагације синхронизоване активности у мезоскопским неуронским мрежама

Истраживањем у оквиру ове теме др Франовић се бавио током магистарских студија на Физичком факултету у Београду. Основна идеја се састојала у томе да се процес пропагације патерна транзијентне синхронизоване активности у мезоскопским неуронским система представи моделом перколације на разубљеним мрежама насталим одстрањивањем веза с дводимензионалне решетке с интеракцијама најближих суседа, или с интеракцијама најближих и наредних најближих суседа. Транзијентна синхронизација, као основни мод локалне динамике мреже, моделована је увођењем претпоставке о функционалним ансамблима неурона, чија се примарна активност састоји у емитовању пакета приближно синхронизованих акционих потенцијала (импулса). Показано је да настајак просторно-временских патерна активности, тзв. *synfire* ланаца, представља критичну појаву, која зависи од вероватноће повезаности између неуронских популација на чворовима мреже. Применом методе скалирања на коначним системима, одређена је зависност критичне вероватноће од параметара локалне динамике и јачине интеракција, а анализирано је и како

на фракталне особине перколационог кластера утиче топологије интеракција. Као најважнији резултат, утврђено је како класе универзалности посматраних фазних прелаза зависе од карактеристика динамике неуронских популација на чворовима мреже, при чему се добијени резултати поклапају с подацима из релевантних експерименталних истраживања.

Наведени резултати су приказани у радовима:

1. *Percolation Transition at Growing Spatiotemporal Fractal Patterns in Models of Mesoscopic Neural Networks*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
Phys. Rev. E **79**, 061923 (2009);
2. *Fractal Properties of Percolation Clusters in Euclidian Neural Networks*
I. Franović and V. Lj. Miljković:
Chaos Soliton. Fract. **39**, 1418 (2009).

2.12 Примена теорије нелинеарне динамике у интердисциплинарним истраживањима

У оквиру ове теме, др Франовић се бави применом теорије нелинеарне динамике на моделовање комплексног понашања сеизмичких раседа, геолошких структура одговорних за настанак земљотреса. Конкретно, третиране су три групе проблема, укључујући (а) анализу осетљивости парадигматских модела раседа на спољашње пертурбације, (б) настанак колективне моде у сложеним раседима под утицајем шума и кашњења у интеракцијама и (в) механизам настанка апериодичних временских серија на једноставним (монокомпонентним) раседима. Током анализе групе проблема (а), користећи методу кривих фазног одговора (*phase response curves*) првог и другог реда, експлицитно је демонстриран низ нетривијалних ефеката, укључујући: нарушење принципа суперпозиције при деловању сукцесивних пертурбација услед јаке нелинеарности модела, сложену зависност промене фазе сеизмичког циклуса од параметара и комплексности раседа, као и постојање дуговременског ефекта пертурбација, како у случају монокомпонентних, тако и у случају сложених раседа. Поводом круга питања (б), детаљно су испитани коефекти сеизмичког шума (белог и обојеног) и кашњења у интеракцијама на појаву колективне моде у два класа модела комплексних раседа. За оба сценарија, развијен је mean-field модел који на квалитативно исправан начин описује колективну динамику раседа, чиме је показано да се метод средњег поља може успешно примењивати и у случају система чији елементи имају дисконтинуалну и stiff динамику. Бифуркационом анализом ефективних модела утврђено је постојање области параметера који подржавају бистабилну динамику, којој у егзактним системима одговарају комплексне апериодичне осцилације чија статистика квалитативно задовољава релевантне сеизмичке законе скалирања, као што је Гутенберг-Рихтеров (Gutenberg-Richter) закон. У оквиру целине (в), показано да сасвим

једноставан модел монокомпонентног раседа, представљеног канонским Burridge-Кноповим моделом, може да генерише комплексне форме понашања захваљујући меморијском ефекту, уведеном у типични модел трења између масивног блока и контактне површине раседа. На основу спроведене бифуркационе анализе, показано је да се прелазак у хаос одвија према Ruelle-Takens-Newhouse сценарију.

Наведени резултати су представљени у следећим радовима:

1. *Effect of Colored Noise on the Generation of Seismic Fault Movement: Analogy with Spring-block Model Dynamics*
S. Kostić, N. Vasović, K. Todorović, and I. Franović:
Chaos Soliton. Fract. **135**, 109726 (2020);
2. *Nonlinear Dynamics Behind the Seismic Cycle: One-dimensional Phenomenological Modeling*
S. Kostić, N. Vasović, K. Todorović, and **I. Franović**
Chaos Soliton. Fract. **106**, 310 (2018);
3. *Dynamics of Fault Motion in a Stochastic Spring-slider Model with Varying Neighboring Interactions and Time-delayed Coupling*
S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, K. Todorović, V. Klinshov, and V. I. Nekorkin
Nonlinear Dyn. **87**, 2563 (2017);
4. *Phase Response Curves for Models of Earthquake Fault Dynamics*
I. Franović, S. Kostić, M. Perc, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, and J. Kurths
Chaos **26**, 063105 (2016);
5. *Earthquake Nucleation in a Stochastic Fault Model of Globally Coupled Units with Interaction Delays*
N. Vasović, S. Kostić, **I. Franović**, and K. Todorović:
Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **38**, 117 (2016);
6. *Triggered Dynamics in a Model of Different Fault Creep Regimes*
S. Kostić, **I. Franović**, M. Perc, N. Vasović, and K. Todorović
Sci. Rep. **4**, 5401 (2014);
7. *Complex Dynamics of Spring-Block Earthquake Model Under Periodic Parameter Perturbations*
S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, and K. Todorović
J. Comput. Nonlin. Dyn. **9**, 031019 (2014);
8. *Dynamics of Landslide Model with Time Delay and Periodic Parameter Perturbations*
S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, D. Jevremović, D. Mitrović, and K. Todorović:
Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **19**, 3346 (2014);
9. *Friction Memory Effect in Complex Dynamics of Earthquake Model*

S. Kostić, **I. Franović**, K. Todorović, and N. Vasović:
Nonlinear Dyn. **73**, 1933 (2013);

10. *Dynamics of Simple Earthquake Model with Time Delay and Variation of Friction Strength*

S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, and K. Todorović
Nonlinear Proc. Geoph. **20**, 857 (2013).

2.13 Неуређене конфигурације кинетичког Изинговог модела на комплексним мрежама

У оквиру ове теме, др Франовић се бавио проблемом процеса уређивања и структуром неуређених конфигурација кинетичког Изинговог (Глауберовог) модела на нултој температури, задатог на комплексним мрежама. Разматрани су различити примери комплексних мрежа укључујући случај Вотс-Строгацових (Watts-Strogatz) мрежа добијених преповезивањем регуларне дводимензионалне решетке, као и парадигматских хетерогених двослојних мрежа (two-layer networks) с мултиплек или случајном структуром веза између слојева. Као главни резултат, показано је да код small-world топологије интеракција, систем не постиже уређеност у термодинамичком лимесу, већ завршава у метастабилним активним конфигурацијама састављеним из два домена, који одговарају кластерованом стању на почетној решетки. За интермедијерне вероватноће преповезивања, додатно се појављују неуређене конфигурације с малим, изолованим капљицама спинова супротне оријентације. У случају двослојних мрежа, показано је да карактер коначног стања квалитативно зависи од структуре интеракција између слојева.

Описани резултати представљени су у раду:

1. *Disordered Configurations of the Glauber Model in Two-dimensional Networks*
I. Bačić, **I. Franović**, and M. Perc
EPL **120**, 68001 (2017).

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Франовић је у свом досадашњем раду дао кључни допринос у укупно 48 радова, од којих је 46 објављено у међународним часописима са ISI листе, а једно представља поглавље у књизи. Од тога је 32 у категорији M21a, 9 у категорији M21 и 5 у категорији M22. Два поглавља у књигама су каласификована у категорију M14.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања, др Франовић је објавио 16 радова у часописима са ISI листе, као и једно поглавље у књизи. Од тога је 10 у категорији M21a, 4 у категорији M21, а 2 у категорији M22. Одржао је више предавања на научним скуповима, од којих је 11 по позиву.

Као 5 најзначајнијих радова кандидата из изборног периода издвајају се:

1. **I. Franović**, S. R. Eydam, N. Semenova, and A. Zakharova:
Unbalanced Clustering and Solitary States in Coupled Excitable Systems
Chaos **32**, 011104 (2022), M21a, цитиран 11 пута (Scopus)
DOI: 10.1063/5.0077022
2. **I. Franović**, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum:
Bumps, Chimera States, and Turing Patterns in Systems of Coupled Active Rotators
Phys. Rev. E **104**, L052201 (2021), M21, цитиран 6 пута (Scopus)
DOI: 10.1103/PhysRevE.104.L052201
3. **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), M21a, цитиран 20 пута (Scopus)
DOI: 10.1063/1.5145176
4. V. Klinshov and **I. Franović**:
Two Scenarios for the Onset and Suppression of Collective Oscillations in Heterogeneous Populations of Active Rotators
Phys. Rev. E **100**, 062211 (2019), M21, цитиран 11 пута (Scopus)
DOI: 10.1103/PhysRevE.100.062211
5. **I. Franović**, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum:
Phase-sensitive Excitability of a Limit Cycle
Chaos **28**, 071105 (2018), M21a, цитиран 16 пута (Scopus)

У првом раду, проучавани су (а) механизми настанка стања спонтаног нарушења синхронизације, као и њихове потенцијалне везе на путу десинхронизације од потпуно синхронизоване до асинхроне динамике; (б) настанак и начини карактеризације нових патерна парцијалне синхронизације, специфичних само за системе спрегнутих ексциtabilних јединица. Патерни парцијалне синхронизације у просторно дистрибуираним системима, укључујући химере и солитарна стања, подразумевају спонтано нарушење симетрије, у смислу да у системима идентичних јединица са симетричним интеракцијама неке јединице манифестују другачије средње фреквенције осциловања, тј. постају некохерентне (frequency unlocked) у односу на већину кохерентних (frequency locked) јединица. Међутим, интуиција развијена на основу система спрегнутих осцилатора не може да се пренесе у системе ексциtabilних јединица, које манифестују осцилације само под утицајем спољашње стимулације, између осталог и зато што колективни феномени у њима типично подразумевају значајан утицај одбојних, а не само привлачних интеракција. На примеру модела спрегнутих Фицхју-Нагумо (FitzHugh-Nagumo) јединица с ексциtabilном локалном динамиком у близини сингуларне Хопфове бифуркације и мешовитим привлачним и одбојним нелокалним интеракцијама, објашњени су механизми настанка небалансираних двокластер стања и њихова веза са солитарним стањима. Док кластероване подразумева спонтану поделу система на две или више група при чему јединице у оквиру исте групе имају идентичну динамику, солитарна стања подразумевају да се мала група јединица, распоређених случајно у простору, одвоји средњом фреквенцијом осциловања од кластера кохерентних јединица. Користећи две комплементарне редукционе методе, тзв. метод експонената евопарације (evaporation exponents) и метод увођења тест осцилатора (probe oscillators), извршена је класификација и објашњене су бифуркације које, приликом доминације одбојних над привлачним интеракцијама, доводе до настанка небалансираних двокластер стања (стања са значајном асиметријом величина кластера) у глобално повезаним мрежама. Утврђено је да постоји шест типова небалансираних кластер стања, при чему је откривен нови тип кластер стања заснован на алтернирајућој (leap-frogging) динамици кластера с изменом редоследа емитовања импулса између кластера. Такође је утврђено да постоје два типа солитарних стања, с тим што доминантан тип у потпуности наслеђује особине, као што су област параметара постојања, однос средњих фреквенција и орбите солитарних и типичних јединица, од одговарајућих небалансираних двокластер стања. С друге стране, мањински тип солитарних стања нема коресподентна двокластер стања, а самоорганизација ових стања заснована на алтернирајућем емитовању импулса типичних и солитарних јединица. На крају, демонстрирано је да солитарна стања нису отпорна на присуство шума, пошто чак и мали шум изазива прелаз (biased switching) ка тзв. patched патернима. Овај феномен објашњен је као манифестација тзв. ефекта стохастичке преференције атрактора (noise-induced preference of attractors), где атрактори с малом базом атракције (у овом случају солитарна стања) постају неопсервабилни у присуству шума.

У другом раду, показано је да класичне парадигме настанка патерна кохеренције-некохеренције (coherence-incoherence patterns), уочене код система спрегнутих интринзичних осцилатора, не важе у случају система спрегнутих ексциtabilних јединица. Још од открића химера стања (2004. год.), патерни коегзистенције кохеренције-некохеренције у системима спрегнутих осцилатора сматрани су изолованим од остатка велике класе патерна у нелинеарним системима. С једне стране, генерички механизми настанка патерна кохеренције-некохеренције остали су неповезани с класичним механизмима настанка патерна. С друге стране, сматрано је да патерни кохеренције-некохеренције нису глобални атрактори система, тј. да су увек коегзистентни са униформним комплетно кохерентним стањем, и да су као последица, асимптотски стабилни једино у термодинамичком лимесу, тако да доживљавају колапс на униформно комплетно кохерентно стање у системима коначне величине. У овом раду, показано је да ова два класична става не важе за патерне кохеренције-некохеренције у спрегнутим ексциtabilним системима. Наиме, на примеру тзв. bump стања, типичних за неуронске системе и који се од химера разликују по томе што је кохерентан домен стационаран, демонстрирано је да патерни кохеренције-некохеренције генерички могу да настану на суперкритичан начин од Тјурингових патерна, тако да не постоји бистабилност с униформним комплетно кохерентним стањем, као и да такав механизам патерн формирања не зависи од величине система. Увођењем модела ланца спрегнутих активних ротатора с нелокалним атрактивним интеракцијама и глобалном репулзијом, по први пут је показано да патерни кохеренције-некохеренције могу да настану путем класичне парадигме локалне активације и дугодометне инхибиције коју је увео Тјуринг (1952) а актуелизовали Гирер и Мајнхарт (1972). Конкретно, испоставља се да суперкритични механизам настанка bump стања укључује два корака, од којих је први Тјурингова бифуркација од униформног комплетно кохерентног стања до просторно модулисаног комплетно кохерентног стања, док се други корак састоји у просторно локализованој хомоклиничној бифуркацији у којој само једна јединица доживљава unlocking од кохерентне групе јединица. Овакав основни тип патерна затим добија просторно-временску комплексност секундарним бифуркацијама (интермитенција или распад торуца), које доводе до преласка у ниско-димензиони и екстензивни хаос. Додатно је показано да је прилагођавањем јачина нелокалне атракције и глобалне репулзије могуће добити и друге механизме патерн формирања, од којих неки одговарају и раније утврђеним субкритичним прелазима од кохерентног стања ка патернима кохеренције-некохеренције.

У трећем раду, извршена екстензија теорије сингуларних пертурбација на стохастичке multiscale системе са шумом на брзој карактеристичној временској скали. Конкретно, уведен је модел стохастичког ексциtabilног система са спором адаптацијом која утиче на ексциtabilност јединице. Модел је развијен тако да укључује главне парадигме неуронске динамике, као што су ексциtabilност, шум и адаптивност. С теоријске тачке, главни допринос рада састоји се у увођењу нове редукционе методе стохастичког усредњавања (stochastic averaging), заснованог на комбиновању Фокер-Планковог формализма и

сингуларне теорије пертурбација. Решавање layer проблема путем Фокер-Планкове једначине омогућило је конструкцију бифуркационог дијаграма спорог (редукованог) подсистема path-following техником. Бифуркациона анализа у сингуларном лимесу је показала постојање три карактеристична динамичка режима: шумом индуковано опаљивање (spiking), шумом пертурбовани spiking, као и домен бистабилности, који у случају малог, али коначног раздвајања временских скала одговара стохастичком bursting-у. Показано је да се механизам стохастичког bursting-a, као нове форме емергентног понашања, заснива на шумом индукованој switching динамици између два коегзистентна метастабилна стања (квазистационарно стање и осцилаторна мода). Такође, у случају коначног раздвајања временских скала, демонстрирано је да се променом јачине повратне спреге може појачавати или слабити ефекат резонанце кохеренције у режиму шумом индукованог опаљивања, што представља нову методу контроле ефекта резонанце кохеренције, принципијелно другачије од класичне Пирагасове технике. Додатно, показано је и да је могуће контролисати статистичке особине стохастичког bursting-a, као што је релативан однос трајања епизода опаљивања и квази-стационарних периода.

У четвртој раду анализирана је макроскопска динамика популације с квалитативном хетерогеношћу локалне динамике, у смислу да се популација састоји од активних ротатора с ексцитабилном или осцилаторном интринзичном динамиком. Овакав сценарио се суштински разликује од класичног Курамотовог модела у којем се јединице одликују само квантитативном хетерогеношћу, тако да се популација састоји од осцилатора с различитим локалним фреквенцијама. Хетерогеност (диверзитет) је фундаментална карактеристика бројних биолошких система, нпр. неуронских популација, а у конкретном случају је реализована тако што су локални бифуркациони параметри активних ротатора дистрибуирани према унапред задатој дистрибуцији вероватноће. Анализа режима макроскопске динамике, укључујући локалну структуру стања и одговарајуће области стабилности, обављена је екстензијом От-Антонсеновог (*Ott-Antonsen*) редукционог метода, који одговара термодинамичком лимесу, на популације с динамичком хетерогеношћу јединица. Као бифуркациони параметри разматране су карактеристике дистрибуције локалних фреквенција ротатора (средња вредност и ширина дистрибуције). Конкретно, откривено је да постоје три режима макроскопске динамике, и то: (1) глобално хомогено стање мировања, где се сви ротатори налазе у ексцитабилном стању; (2) глобално осцилаторно стање, где су локалне осцилације ротатора парцијално синхронизоване; (3) хетерогено макроскопски стационарно стање, где се неке јединице налазе у ексцитабилном, а друге у осцилаторном режиму, при чему су њихове локалне активности несинхронизоване. Хетерогено стационарно стање је од фундаменталног значаја за неуронске системе јер показује особину макроскопске ексцитабилности. Детаљна бифуркациона анализа показала је да су области стабилности појединих стања задата сложеним бифуркационим сценаријом, организованим око три бифуркације кодимензије два (Богданов-Такенс бифуркација, *cusp* бифуркација, *fold*-хомоклинична бифуркација). Такође, показано је да постоје области параметара у којима систем манифестује

бистабилност између два макроскопска стационарна стања, или глобалног стационарног и осцилаторног стања. Откривена су два генеричка механизма настанка колективне моде (класичан курамотовски и преко SNIPER бифуркације), као и два сценарија (глатки/суперкритични и хистеретични/субкритични) преласка из хомогеног у хетерогено стационарно стање с повећањем диверзитета.

У петом раду извршена је генерализација појма ексцитабилности на системе у којима са стабилним периодичним осцилацијама, чија локална динамика има *limit cycle* атрактор. Класичан појам ексцитабилности повезан је са системима који имају линеарно стабилно стационарно стање (еквилибријум), али манифестују нелинеарно *threshold-like* понашање, тако да пертурбација довољно велике амплитуде може да изазове ексцитацију, као нелинеаран одговор система у форми *spike-a*. Према класичној теорији нелинеарне динамике, ексцитабилност настаје услед тога што се систем налази у близини бифуркације од стационарног стања ка режиму периодичних осцилација. У овом раду је пак показано и да системи у режиму релаксационих осцилација могу да испоље ексцитабилно понашање, које је неуниформног карактера дуж периодичне орбите, а састоји се у нелинеарном *threshold-like* одговору система на спољашњу пертурбацију одређене амплитуде и правца. Због неуниформности дуж периодичне орбите, феномен је назван *phase-sensitive excitability* периодичне орбите. Користећи елементе теорије сингуларних пертурбација, показано је да је *threshold* динамика задата структуром максималног канарда, која је повезана с нестабилном фиксном тачком. Дакле, у поређењу с класичним појмом ексцитабилности, систем се не налази у близини бифуркације, али се налази у близини канард прелаза. Такође, сама ексцитација, насупрот класичној ексцитабилности, је инхибиторног типа, у смислу да пертурбација изазива девијацију с периодичне орбите у форми мале (*subthreshold*) осцилације која прати структуру максималног канарда. Као и у случају класичне ексцитабилности, системи с *phase-sensitive excitability* манифестују нелинеаран одговор на шум у форми инверзне стохастичке резонанце, тако да постоји преферентни ниво шума на коме је фреквенција стохастички пертурбованих осцилација минимална. Објашњено је да ефекат инверзне стохастичке резонанце настаје као резултат конкуренције растуће ефикасности ексцитације и деградације нелинеарног одговора система с повећањем интензитета шума.

3.1.2 Цитираност научних радова кандидата

Према подацима о цитираности аутора преузетим из базе Scopus 26.9.2023. године, радови чији је др Франовић коаутор досад су цитирани 480 пута, док је број хетероцитата 339 уз Хиршов индекс 14. Према бази Google Scholar, укупан број цитата је 585, а Хиршов индекс је 15.

3.1.3 Параметри квалитета радова и часописа

Битан елемент за процену квалитета научних резултата је и квалитет часописа у којима су радови објављени, односно њихов импакт фактор – ИФ. Др Франовић је објављивао радове у часописима категорија M21a, M21 и M22, при чему су подвучени импакт-фактори часописа у којима су публиковани радови након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања:

- 7 радова у часопису *Chaos, solitons & fractals* (ИФ 9.922 за два рада, ИФ 5.944 за један рад, ИФ 3.315 за два рада, ИФ 1.611 за један рад и ИФ 1.268 за један рад)
- 11 радова у часопису *Chaos* (ИФ 3.741 за четири рада, ИФ 3.642 за два рада, ИФ 2.643 за један рад, ИФ 2.283 за два рада, 2.188 за један рад и 2.081 за један рад)
- 10 радова у часопису *Physical Review E* (ИФ 2.707 за један рад, ИФ 2.353 за два рада, ИФ 2.366 за један рад, ИФ 2.326 за 5 радова и ИФ 2.508 за један рад)
- 1 рад у часопису *Physical Review Letters* (ИФ 7.943)
- 1 рад у часопису *Scientific Reports* (ИФ 5.578)
- 2 рада у часопису *Nonlinear Dynamics* (ИФ 3.464 за један рад и ИФ 3.009 за други рад)
- 4 рада у часопису *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulations* (ИФ 2.866 за три рада и ИФ 2.806 за један рад)
- 4 рада у часопису *EPL* (ИФ 1.957 за један рад, ИФ 2.893 за један рад и ИФ 2.095 за два рада)
- 2 рада у часопису *European Physical Journal Special Topics* (ИФ 1.947 за два рада)
- 1 рад у часопису *Nonlinear Processes in Geophysics* (ИФ 1.692)
- 1 рад у часопису *European Physical Journal B* (ИФ 1.575)
- 1 рад у часопису *Journal of Computational Nonlinear Dynamics* (ИФ 1.530)

Укупан импакт-фактор радова др Франовића износи 142.069, а фактор утицаја радова у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања радова је 63.943. Часописи у којима објављује др Франовић су цењени по свом угледу и водећи у његовим областима рада. Међу поменутиим часописима посебно се истичу *Chaos, Chaos, Solitons & Fractals, Physical Review Letters, Scientific Reports, Nonlinear Dynamics, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulations, Physical Review E, Europhysics Letters*.

Додатни библиометријски показатељи у вези са објављеним радовима кандидата у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник приказани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	63.943	132.25	20.37
Усредњено по чланку	3.996	8.265	1.273
Усредњено по аутору	16.979	41.1	5.726

3.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Од 46 објављених радова, др Франовић је први аутор на 25 радова, други наведени аутор на 7 рада, трећи аутор на 6 радова, пети и девети аутор на по једном раду, а последњи је аутор на 5 публикација. На радовима који су објављени у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање звања виши научни сарадник, др Франовић је први аутор на 6 публикација, други наведени аутор на 3 рада, трећи наведени аутор на једном раду, пети и девети аутор на по једном раду, као и последњи аутор на 4 публикације. При изради поменутих радова, др Франовић је учествовао у осмишљавању и формулацији проблема, конструкцији релевантних нумеричких симулација и прикупљању података, развоју теоријских метода за анализу добијених резултата, као и писању и уређивању радова.

Током магистарских студија на Физичком факултету у Београду, др Франовић се бавио развојем теоријских и квантитативних метода за карактеризацију пропагативних патерна транзијентне синхронизације у неуронским популацијама, анализом односа структурних и функционалних неуронских мотива, као и применом теорије сингуларне пертурбације на анализу феномена стохастичке фазне синхронизације у системима *bursting* неурона. Током докторских студија, у сарадњи с проф. др Николом Бурићем с Института за физику у Београду, др Франовић је започео истраживање у области емергентне динамике на системима екситабилних јединица под утицајем шума и кашњења у интеракцијама. У том контексту, започет је развој нове mean-field методе за анализу стабилности и (стохастичких) бифуркација система стохастичких диференцијалних једначина, као и система стохастичких диференцијалних једначина с кашњењем. Након завршеног доктората, др Франовић је покренуо истраживања у неколико различитих праваца, одржавајући активну научну сарадњу с више страних истраживача и истраживачких група. Из перспективе развоја аналитичких метода, посветио се генерализацији редукционих приступа на системе с динамиком на вишеструким временским скалама. У том смислу, допринео је развоју нове аналитичке методе за опис колективне динамике система засноване на комбиновању класичног От-Антонсеновог приступа и теорије сингуларних пертурбација. Такође, осмислио је методу за анализу динамике стохастичких система с брзо-спором структуром у којој се комбинује Фокер-Планков формализам за третирање стохастичке брзе динамике с елементима класичне теорије сингуларних пертурбација. Један од значајних праваца истраживања односи се и на екстензију појма екситабилности, с једне стране на системе с

limit cycle атрактором, формулишући појам phase-sensitive excitability, а с друге стране на генерализацију појма ексцитабилности на спрегнуте системе. Др Франовић је покренуо и нови правац истраживања усмерен на разумевање механизма настанка патерна парцијалне синхронизације (coherence-incoherence patterns) у спрегнутим ексцитабилним системима, као и објашњењу разлика у односу на класичне механизме познате у системима спрегнутих осцилатора. У том контексту, др Франовић је открио нову класу тзв. patched патерна специфичних само за спрегнуте ексцитабилне системе; повезао механизам настанка bump стања с класичним Тјуринговим патернима у системима с нелокалном атракцијом и глобалном репулзијом; објаснио генеричке механизме настанка солитарних стања и каскадне активности (avalanches) у спрегнутим ексцитабилним системима. Као трећа значајна област недавних истраживања, издваја се истраживање улоге адаптивности, како на нивоу јачине веза, тако и на нивоу промена карактеристика локалне динамике јединица, на емергентну алтернирајућу (switching) динамику и одржавање система у околини критичности у спрегнутим ексцитабилним системима, или хетерогеним системима састављеним од ексцитабилних јединица и интринзичних осцилатора.

Др Франовић је руководио билатералним пројектом сарадње Републике Србије и СР Немачке под називом *Emergent Dynamics in Systems of Coupled Excitable Units*. Такође, у оквиру националног пројекта ОН171017, *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система*, руководио је потпројектом *Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима*. У оквиру Центра изузетних вредности за изучавање комплексних система на Институту за физику у Београду, руководио је истраживањем на потпројекту *Емергентна динамика на комплексним мрежама: стохастички ефекти, кашњење у интеракцијама, адаптивност*.

Др Франовић има широку научну сарадњу с колегама из иностранства из области нелинеарне динамике, статистичке физике и неуронауке, укључујући: групу др Луиса Канга с Рикен института из Токија, Јапан; групу професора Владимира Некоркина с Института примењене физике Руске академије наука у Нижњем Новгороду; групу др Матијаса Волфрума с Вајерштрас института у Берлину, Немачка; др Олеха Омељченка с Универзитета у Потсдаму, Немачка; др Рика Бернера с Хумболт универзитета у Берлину, Немачка; проф. др Филипа Хефела с Универзитета у Сарбрикену, Немачка; проф. др Ану Захарову с Техничког универзитета у Берлину, Немачка; др Надежду Семјонову с Фемто-СТ института, Француска; групу др. Саада Цафарија с Амиркабир универзитета у Техерану, Иран; као и проф. Матјажа Перца с Универзитета у Марибору и проф. др Јиргена Куртса с Института за климатологију у Потсдаму.

3.1.5 Награде и стипендије

Др Франовић је добитник награде за најбољег младог истраживача Физичког факултета у Београду за 2013. годину, као и добитник Годишње награде за научни допринос Института

за физику у Београду за 2020. годину. Такође, кандидат је 2012. године добио DAAD стипендију за студијски боравак у СР Немачкој.

3.1.6 Елементи применљивости научних резултата

Истраживања др Франовића се односе на самоорганизацију и генеричке форме емергентне динамике у система спрегнутих ексцитабилних јединица или осцилатора, а као главна мотивација и потенцијалне области примене добијених резултата се истичу карактеризација, предвиђање и контрола колективног понашања неуронских и других биолошких система. Неки од кључних појмова у истраживању др Франовића, као што су ексцитабилност, шум и адаптивност, представљају главне особине неуронских система. Ексцитабилност има и шири значај у светлу чињенице да се може сматрати основним елементом физике живота (*physics of life*), пошто представља водећу парадигму локалне динамике не само нервног, него и срчаног ткива, бета-ћелија панкреаса задужених за секрецију инсулина, као и неких генских мрежа. Поред тога, спрегнутим ексцитабилним системима могуће је описати бројне друге системе, како природне тако и артифицијелне, од хемијских реакција до ласера и модела климе. За разумевање неуронских система, од фундаменталног значаја је неколико корпуса проблема које др Франовић проучава, укључујући критичне прелазе ка синхронизацији, али и феномени парцијалне синхронизације (химере, bump и солитарна стања) на путу од кохеренције ка некохеренцији. Док настанак колективне моде може да се повеже с настанком колективних ритмова у кортексу, познато је да bump стања играју значајну улогу у формирању краткорочне меморије, репрезентацији визуелних стимулуса и усмеравању положаја главе. Такође, др Франовић се бави и механизмима настанка самолокализованих ексцитација и пропагативних патерна транзијентне синхронизације, које у контексту неуронауке одговарају тзв. неуронским лавинама (neuronal avalanches), честом типу спонтане активности неуронских популација. Поред аналогија с нормалним, физиолошки пожељним (хомеостатским) стањима неуронских популација, истраживања др Франовића могу да пруже и значајан увид у механизме настанка патолошких стања, тј. неуролошких обољења која на нивоу динамике неурона као заједничку одлику имају изразито висок степен синхронизоване активности (епилепсија, Алцхајмерова и Паркинсонова болест, тремор). У том случају, пожељно је пронаћи методе контроле за изазивање прелаза десинхронизације ка хомеостатској асинхроној активности. Истраживања др Франовића у том контексту указују на значајну улогу адаптивности, како у форми синаптичке пластичности, тако и у форми метаболичке адаптације локалне динамике неурона. Проучавање механизма адаптације, као и њихове интеракције са шумом, представља основ за развијање метода контроле патолошких стања у неуронских система путем супресије ексесивно синхронизованих стања и индуковања прелазу ка асинхроним стањима.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Др Франовић је био ментор на изради докторске тезе др Иве Бачић под називом *Self-organization in coupled excitable systems: interplay between multiple timescale dynamics and noise*, која је одбрањена 2020. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру тезе припадају областима нелинеарне динамике и стохастичких процеса, а као главни научни доприноси издвајају се екстензија појма екситабилности на динамику спрегнутих система; развој редукционих приступа за стохастичке системе с динамиком на вишеструким временским скалама; анализа коефекта адаптивности и шума на појаву и потенцијалне методе контроле алтернирајуће (switching) динамике између метастабилних стања и резонантних феномена. Наведени научни доприноси описани су у поглављима: 2. *The excitability of coupled systems*, 3. *Switching dynamics induced by the interplay of adaptivity and noise*, 4. *Resonant phenomena in coupled systems with local dynamics near the bifurcation threshold*. Поглавља описују резултате представљене у следећим радовима:

- **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);
- **I. Bačić and I. Franović:**
Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance
Chaos **30**, 033123 (2020);
- **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);
- **I. Bačić, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and I. Franović:**
Noise-induced Switching in Two Adaptively Coupled Excitable Systems
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1077-1090 (2018);
- **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).

Такође, од септембра 2023. године, др Франовић је ментор на докторским студијама Зорану Рајчевићу. Поред менторстава у Србији, кандидат је био члан комисије на одбрани докторске тезе др Себастијана Ејдама на Техничком универзитету у Берлину 2019. године.

Кандидат је ангажован као наставник на предмету *Физика неуређених система* у оквиру уже научне области *Физике кондензоване материје и статистичка физика* на докторским студијама Физичког факултета Универзитета у Београду.

Као доказ о менторству у изради докторске тезе приложене су прва страна доктората др Иве Бачић, захвалница и садржај рада. Као доказ о учествовању у настави приложен је испис са веб странице књиге предмета докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Др Франовић је досад био руководиоца једног пројекта и две потпројектне теме. У периоду од 2017.-2018. године руководио је билатералним пројектом између Републике Србије и СР Немачке *Emergent Dynamics in Systems of Coupled Excitable Units*. Такође, руководио је потпројектом у оквиру пројекта основних истраживања, као и потпројектом у оквиру Националног центра изузетних вредности Центар за изучавање комплексних система.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник, руководио је следећим потпројектима:

Назив: Самоорганизација у спрегнутим ексциtabilним системима

Тип пројекта: потпројекат у оквиру пројекта ОН171017 Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система

Покровитељ: Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Период: 2016-2019

Доказ: Потврда руководиоца пројекта ОН171017 Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система

Назив: Емергентна динамика на комплексним мрежама: стохастички ефекти, кашњење у интеракцијама, адаптивност

Тип пројекта: тема у оквиру Националног центра изузетних вредности Центар за изучавање комплексних система

Покровитељ: Министарство просвете науке и технолошког развоја Републике Србије

Период: 2019-2023

Доказ: Потврда руководиоца Националног центра изузетних вредности Центар за изучавање комплексних система

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Франовић је у периоду пре и након избора у звање виши научни сарадник учествовао, а и тренутно учествује у уређивању неколико међународних научних часописа. У периоду од 2017. до 2020. године, др Франовић је био Associate Editor у часопису *Chaos, Solitons & Fractals* категорије М21а. Тренутно је Associate Editor у часописима *Journal of Applied Nonlinear Dynamics* (категирија М23) и *Frontiers in Network Physiology* (додељивање ИФ се очекује следеће године). Такође, др Франовић је Guest Editor у часопису *Chaos* (категирија М21а) на фокус издању *Regime switching in coupled nonlinear systems: sources, prediction, and control*, као и у часопису *Entropy* (категирија М22) на специјалном издању *Synchronization*

in Complex Networks of Nonlinear Dynamical Systems. Као доказ, приложена је релевантна комуникација с часописима као и исписи са сајта часописа.

Поред тога, у периоду након избора у претходно звање био је члан Научног комитета и координатор секције 9 *Theoretical, Mathematical and Computational Physics* конференције ВРУ11 *11th International Conference of the Balkan Physical Union*, одржане од 28.8.-1.9.2022. године. Такође је био уредник секције PoS Proceedings-a ВРУ11.

Кандидат је до сада био рецензент у преко 20 међународних часописа, укључујући: *Scientific Reports*, PLOS ONE, *Nonlinear Dynamics*, *Chaos*, *Chaos, Solitons & Fractals*, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, *EPL*, *SIAM Journal on Applied Dynamical Systems*, *Physics Letters A*, *European Physical Journal B*, *Neural Networks*, *Neurocomputing*, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, *Journal of Statistical Physics*, *Frontiers in Computational Neuroscience*, *Radiofizika*, *Nonlinear Processes in Geophysics*, *Applied Mathematics and Computation*, *International Journal of Electronics and Communications*, *Theory in Biosciences*, *Journal of Difference Equations and Applications*, *IEEE Transactions on Cybernetics*, *Environmental Earth Sciences*, *Wave Motion*. Као доказ су приложени примери релевантне комуникације с часописима.

Др Франовић је члан научно-стручног друштва *International Physics and Control Society* (IPACS).

3.6 Утицај научних резултата

Утицај научних резултата огледа се у подацима о цитираности, наведеним у секцији 3.1.2.

Др Франовић је одржао 11 предавања по позиву: (1) 4th International Conference on Integrable Systems and Nonlinear Dynamics (ISND-2023) у Јарослављу, Русија (и online), септембра 2023. године; (2) Dynamics Days Europe 2023 (DD23) у Напуљу, Италија, септембра 2023. године; (3) Dynamics Days US 2023, online, јануара 2023. године; (4) SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems (DS21), online, маја 2021. године; (5) International Symposium Topical problems of Nonlinear Wave Physics (NWP-2021) у Нижњем Новгороду, Русија (и online), септембра 2021. године; (6) Symposium of SFB 910: Dynamical patterns in complex networks, online, октобра 2021. године; (7) The 1st Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity (NSC 2020), online, новембра 2020. године; (8) The 20th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM 2019) у Београду, октобра 2019. године; (9) The 7th Conference on Information Theory and Complex Systems (TINKOS 2019) у Београду, октобра 2019. године; (10) 9th International Conference on Physics and Control (PhysCon 2019) у Инополису, Русија, септембра 2019. године; (11) Dynamics of Coupled Oscillator Systems, Weierstrass Institute (WIAS), Берлин, Немачка, новембра 2018. године. Такође, др Франовић је своје резултате представио и на 3 конференције у иностранству: (1) Sixth Scientific School Dynamics of Complex Networks and their Applications (DCNA 2022), Калињинград, Русија (и online), септембра 2022. године; (2) Solvay Workshop on Nonlinear phenomena and complex

systems in memory of Grégoire Nicolis (online) јуна 2021. године; (3) Second Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity (NDC2021) октобра 2021. године. Поред тога, одржао је и 3 семинара по позиву на институтима у иностранству: на Техничком универзитету у Берлину, Немачка (и online), јуна 2020. године; Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) новембра 2019. године; Институту за физику и астрономију Универзитета у Потсдаму, Немачка, новембра 2018. године, као и семинар на Институту за физику у Београду августа 2021. године.

3.7 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Др Франовић је суштински допринео сваком раду на коме је учествовао. Седамнаест радова у часописима у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник су у погледу ангажовања кандидата урађени на Институту за физику у Београду. Од 17 радова, кандидат је corresponding аутор на 12 радова, а први аутор на 8 радова. Међу радовима на којима је corresponding аутор налазе се и 4 рада који су ушли у корпус докторске тезе др Иве Бачић, чијом је изработком руководио др Франовић. На три од та четири рада др Франовић је последњи аутор. Такође, на једном од радова са страним колегама, др Франовић је последњи и corresponding аутор, а очекује се да тај рад буде у саставу докторске тезе Макса Контрераса, која ће бити одбрањена у Немачкој. У свим радовима где је corresponding аутор, кандидат је био покретач истраживања, суштински је утицао на дефинисање проблема и формулисање математичког модела, а значајно је допринео математичкој и нумеричкој анализи модела, као и интерпретацији резултата. Такође је дао суштински допринос у писању изворне верзије рада и каснијој ревизији. На једном прегледном раду, који даје осврт и перспективу на тему адаптивних мрежа, др Франовић је девети од 24 коаутора, при чему је допринео писањем свог поглавља и едитовању коначне верзије рада. На пет радова на којима је други, трећи или четврти аутор, др Франовић је допринео математичкој и нумеричкој анализи модела, као и едитовању рада.

На Институту за физику у Београду, др Франовић је зачетник новог правца истраживања у области физике комплексних система, усмереног на истраживање емергентне динамике у системима спрегнутих ексцитабилних јединица и осцилатора. Знања и искуства које је стекао у теоријском моделовању, аналитичким методама и техникама анализе динамике комплексних система успешно преноси млађим сарадницима у Лабораторији за примену рачунара у науци у оквиру Центра изузетних вредности за проучавање комплексних система.

3.8 Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

1. I. Franović:

Emergence of collective oscillations in assemblies of stochastic active elements with coupling delay

9th International Conference on Physics and Control (PhysCon 2019), Innopolis, Russia,

September 8-11, 2019, Conference Proceedings, pp. 90-96, M31

2. **I. Franović**
Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems
4th International Conference on Integrable Systems and Nonlinear Dynamics (ISND-2023), Yaroslavl, Russia (and online), September 25-29, 2023, M32
3. **I. Franović**
Switching Dynamics in Excitable Systems with Adaptation
Dynamics Days Europe (DDE23), Naples, Italy, September 3-8, 2023, M32
4. **I. Franović**
Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems
Dynamics Days US 2023 (online), January 9-11, 2023, M32
5. **I. Franović:**
Switching Dynamics in Systems of Stochastic Excitable Units with Adaptive Couplings
SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems (DS21) (online), May 23-27, 2021, M32
6. **I. Franović:**
Bumps, chimera states, and Turing patterns in systems of coupled active rotators
International Symposium Topical problems of Nonlinear Wave Physics (NWP-2021), Nizhny Novgorod, Russia (and online), September 19-22, 2021, M32
7. **I. Franović:**
Unbalanced clustering and solitary states in coupled excitable systems
Symposium of SFB 910: “Dynamical patterns in complex networks” (online), October 29, 2021, M32
8. **I. Franović:**
Dynamics of a Stochastic Excitable System with a Slowly Adapting Feedback
The 1st Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity (NSC2020), (online), November 23-25, 2020, M32
9. **I. Franović:**
Macroscopic dynamics in heterogeneous assemblies of excitable and oscillatory units
The 7th Conference on Information Theory and Complex Systems (TINKOS 2019), Belgrade, Serbia, October 15-16, 2019, M32
10. **I. Franović:**
Macroscopic Variability in Modular Neural Networks
The 20th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM 2019), Belgrade, Serbia, October 7-11, 2019, M32
11. **I. Franović:**

Switching dynamics in two adaptively coupled excitable systems
Workshop Dynamics of Coupled Oscillator Systems, Weierstrass Institute (WIAS),
Berlin, Germany, November 19 - 21, 2018, M32

12. **I. Franović:**

Solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo units
Sixth Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications"
(DCNA'2022), Kaliningrad, Russia (and online), September 14 - 16, 2022, pp. 89-92,
doi: 10.1109/DCNA56428.2022.9923122, M33

13. **I. Franović:**

Emergent Dynamics in Populations of Active Rotators with Diversity
Solvay Workshop on "Nonlinear phenomena and complex systems" in memory of
Grégoire Nicolis (online), June 14-16, 2021, M34

14. **I. Franović:**

Unbalanced clustering and solitary states in coupled excitable systems
Second Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity NDC2021,
(online), October 4-6, 2021, M34

Као доказ су приложена позивна писма за учешће на конференцијама, веб сајтови конференција, изводи из књига апстраката.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање звања виши научни сарадник приказани су у табели. Према бази ISI Web of Science, радови др Франовића су укупно цитирани 391 пута, док је број цитата без аутоцитата 287 уз Хиршов индекс 12. Према бази Scopus, укупан број цитата је 480, док је број цитата без аутоцитата 339 уз Хиршов индекс 14. Према бази Google Scholar, укупан број цитата је 585, а Хиршов индекс је 15. Сви изводи из база односе се на дан 26.9.2023. године.

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	10	100	90.25
M21	8	4	32	32
M22	5	2	10	10
M28b	2.5	3	7.5	7.5
M29a	1.5	3	4.5	4.5
M31	3.5	1	3.5	3.5
M32	1.5	10	15	15
M33	1	1	1	1
M34	0.5	2	1	1

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни саветник:

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено, број М бодова без нормирања	Остварено, нормирани број М бодова
Укупно	70	174.5	164.75
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	50	161.5	151.75
M11+M12+M21a+M21+M22+M23	35	142	132.25

6. СПИСАК РАДОВА ДР ИГОРА ФРАНОВИЋА

- Поглавље у монографији међународног значаја (M14)

Радови објављени пре претходног избора у звање

1. S. Kostić, N. Vasović, K. Todorović, and **I. Franović**:
Nonlinear Dynamics Behind The Seismogenic Fault Motion – A Review On Dynamics Of Single-Array Spring-Block Models
in Wayne Coleman (ed.), “Earthquakes: Monitoring Technology, Disaster Management and Impact Assessment“, p. 1-60, Nova Science Publishers (2017)

- Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a)

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. M. Contreras, E. S. Medeiros, A. Zakharova, P. Hövel, and **I. Franović**:
Scale-free Avalanches in Arrays of FitzHugh–Nagumo Oscillators
Chaos **33**, 093106 (2023), (Editor’s Pick), ИФ=3.741 за 2021. годину
2. J. Sawicki, R. Berner, S. A. M. Loos, M. Anvari, R. Bader, W. Barfuss, N. Botta, N. Brede, **I. Franović**, D. J Gauthier, S. Goldt, A. Hajizadeh, P. Hövel, O. Karin, P. Lorenz-Spreen, C. Miehl, J. Mölter, S. Olmi, E. Schöll, A. Seif, P. A. Tass, G. Volpe, S. Yanchuk, and J. Kurths:
Perspectives on Adaptive Dynamical Systems
Chaos **33**, 071501 (2023), (SciLight and Focus Article), ИФ=3.741 за 2021. годину
3. A. Ahmadi, S. Parthasarathy, H. Natiq, S. Jafari, **I. Franović**, and K. Rajagopal:
A Non-autonomous Mega-extreme Multistable Chaotic System
Chaos Soliton. Fract. **174**, 113765 (2023), ИФ=9.922 за 2021. годину
4. **I. Franović** and S. R. Eydam:
Patched Patterns and Emergence of Chaotic Interfaces in Arrays of Nonlocally Coupled Excitable Systems
Chaos **32**, 091102 (2022), ИФ=3.741 за 2021. годину
5. V. Klinshov, A. V. Kovalchuk, **I. Franović**, M. Perc, and M. Svetec:
Rate Chaos and Memory Lifetime in Spiking Neural Networks
Chaos Soliton. Fract. **158**, 112011 (2022), ИФ=9.922 за 2021. годину
6. **I. Franović**, S. R. Eydam, N. Semenova, and A. Zakharova:
Unbalanced Clustering and Solitary States in Coupled Excitable Systems
Chaos **32**, 011104 (2022), ИФ=3.741 за 2021. годину

7. **I. Franović**, S. Yanchuk, S. R. Eydám, I. Bačić, and M. Wolfrum:
Dynamics of a Stochastic Excitable System with Slowly Adapting Feedback
Chaos **30**, 083109 (2020), ИФ=3.642 за 2020. годину
8. S. Kostić, N. Vasović, K. Todorović, and **I. Franović**:
Effect of Colored Noise on the Generation of Seismic Fault Movement: Analogy with Spring-block Model Dynamics
Chaos Soliton. Fract. **135**, 109726 (2020), ИФ=5.944 за 2020. годину
9. I. Bačić and **I. Franović**:
Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance
Chaos **30**, 033123 (2020), ИФ=3.642 за 2020. годину

Радови објављени након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

1. **I. Franović**, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum:
Phase-sensitive Excitability of a Limit Cycle
Chaos **28**, 071105 (2018), ИФ=2.643 за 2018. годину

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. **I. Franović** and V. Klinshov:
Clustering Promotes Switching Dynamics in Networks of Noisy Neurons
Chaos **28**, 023111 (2018), ИФ=2.283 за 2016. годину
2. S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, K. Todorović, V. Klinshov, and V. I. Nekorkin:
Dynamics of Fault Motion in a Stochastic Spring-slider Model with Varying Neighboring Interactions and Time-delayed Coupling
Nonlinear Dyn. **87**, 2563 (2017), ИФ=3.464 за 2016. годину
3. **I. Franović**, S. Kostić, M. Perc, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, and J. Kurths:
Phase Response Curves for Models of Earthquake Fault Dynamics
Chaos **26**, 063105 (2016), ИФ=2.283 за 2016. годину
4. N. Vasović, S. Kostić, **I. Franović**, and K. Todorović:
Earthquake Nucleation in a Stochastic Fault Model of Globally Coupled Units with Interaction Delays
Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **38**, 117 (2016), ИФ=2.866 за 2014. годину
5. **I. Franović**, K. Todorović, M. Perc, N. Vasović, and N. Burić:
Activation Process in Excitable Systems with Multiple Noise Sources: One and Two Interacting Units
Phys. Rev. E **92**, 062911 (2015), ИФ=2.326 за 2013. годину
6. **I. Franović**, M. Perc, K. Todorović, S. Kostić, and N. Burić:

Activation Process in Excitable Systems with Multiple Noise Sources: Large Number of Units

Phys. Rev. E **92**, 062912 (2015), ИФ=2.326 за 2013. годину

7. V. Klinshov and **I. Franović**:

Mean-field Dynamics of a Random Neural Network with Noise

Phys. Rev. E **92**, 062813 (2015), ИФ=2.326 за 2013. годину

8. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Stability, Coherent Spiking and Synchronization in Noisy Excitable Systems with Coupling and Internal Delays

Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **19**, 3202 (2014), ИФ=2.866 за 2014. годину

9. S. Kostić, **I. Franović**, M. Perc, N. Vasović, and K. Todorović:

Triggered Dynamics in a Model of Different Fault Creep Regimes"

Sci. Rep. **4**, 5401 (2014), ИФ=5.578 за 2014. годину

10. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Persistence and Failure of Mean-field Approximations Adapted to a Class of Systems of Delay-coupled Excitable Units

Phys. Rev. E **89**, 022926 (2014), ИФ=2.326 за 2013. годину

11. S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, D. Jevremović, D. Mitrović, and K. Todorović:

Dynamics of Landslide Model with Time Delay and Periodic Parameter Perturbations

Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **19**, 3346 (2014), ИФ=2.866 за 2014. годину

12. S. Kostić, **I. Franović**, K. Todorović, and N. Vasović:

Friction Memory Effect in Complex Dynamics of Earthquake Model"

Nonlinear Dyn. **73**, 1933 (2013), ИФ=3.009 за 2012. годину

13. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Mean-field Approximation of Two Coupled Populations of Excitable Units

Phys. Rev. E **87**, 012922 (2013), ИФ=2.326 за 2013. годину

14. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Cluster Synchronization of Spiking Induced by Noise and Interaction Delays in Homogenous Neuronal Ensembles

Chaos **22**, 033147 (2012), ИФ=2.188 за 2012. годину

15. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Spontaneous Formation of Synchronization Clusters in Homogenous Neuronal Ensembles Induced by Noise and Interaction Delays

Phys. Rev. Lett. **108**, 094101 (2012), ИФ=7.943 за 2012. годину

16. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:

The Effects of Synaptic Time Delay on Motifs of Chemically Coupled Rulkov Model Neurons

Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. **16**, 623 (2011), ИФ=2.806 за 2011. годину

17. **I. Franović**, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić:

Stability, Bifurcations, and Dynamics of Global Variables of a System of Bursting Neurons

Chaos **21**, 033109 (2011), ИФ=2.081 за 2010. годину

18. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:

Functional Motifs: a Novel Perspective on Burst Synchronization and Regularization of Neurons Coupled Via Delayed Inhibitory Synapses

Chaos Soliton. Fract. **44**, 122 (2011), ИФ=3.315 за 2009. годину

19. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:

Phase Plane Approach to Cooperative Rhythms in Neuron Motifs with Delayed Inhibitory Synapses

EPL **92**, 68007 (2011), ИФ=2.893 за 2009. годину

20. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:

Percolation Transition at Growing Spatiotemporal Fractal Patterns in Models of Mesoscopic Neural Networks

Phys. Rev. E **79**, 061923 (2009), ИФ=2.508 за 2008. годину

21. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:

Fractal Properties of Percolation Clusters in Euclidian Neural Networks

Chaos Soliton. Fract. **39**, 1418 (2009), ИФ=3.315 за 2009. годину

- **Радови у врхунским међународним часописима (M21)**

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. **I. Franović**, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum:

Bumps, Chimera States, and Turing Patterns in Systems of Coupled Active Rotators
Phys. Rev. E **104**, L052201 (2021), ИФ=2.707 за 2021. годину

2. V. Klinshov and **I. Franović**:

Two Scenarios for the Onset and Suppression of Collective Oscillations in Heterogeneous Populations of Active Rotators

Phys. Rev. E **100**, 062211 (2019), ИФ=2.353 за 2018. годину

Радови објављени након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

1. S. R. Eydám, **I. Franović**, and M. Wolfrum:
Leap-frog Patterns in Systems of Two Coupled FitzHugh-Nagumo Units
Phys. Rev. E **99**, 042207 (2019), ИФ=2.353 за 2018. годину
2. 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), ИФ=1.957 за 2016. годину

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. I. Bačić, **I. Franović**, and M. Perc:
Disordered Configurations of the Glauber Model in Two-dimensional Networks
EPL **120**, 68001 (2017), ИФ=2.095 за 2014. годину
2. S. Kostić, N. Vasović, K. Todorović, and **I. Franović**:
Nonlinear Dynamics Behind the Seismic Cycle: One-dimensional Phenomenological Modeling
Chaos Soliton. Fract. **106**, 310 (2018), ИФ=1.611 за 2015. годину
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), ИФ=2.366 за 2016. годину
4. **I. Franović** and V. Klinshov:
Slow Rate Fluctuations in a Network of Noisy Neurons with Coupling Delay
EPL **116**, 48002 (2016), ИФ=2.095 за 2014. годину
5. S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, and K. Todorović:
Complex Dynamics of Spring-Block Earthquake Model Under Periodic Parameter Perturbations
J. Comput. Nonlin. Dyn. **9**, 031019 (2014), ИФ=1.530 за 2013. годину

- Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

Радови објављени након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

1. **I. Franović** and V. Klinshov:
Stimulus-evoked Activity in Clustered Networks of Stochastic Rate-based Neurons
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1063 (2018), ИФ=1.947 за 2017. годину

2. 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), ИФ=1.947 за 2017. годину

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović**, and K. Todorović:
Dynamics of Simple Earthquake Model with Time Delay and Variation of Friction Strength
Nonlinear Proc. Geoph. **20**, 857 (2013), ИФ=1.692 за 2013. годину
2. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:
Possibilities of Introducing Different Functional Circuits on Top of a Structural Neuron Triplet: Where Do the Gains Lie?
Chaos Soliton. Fract. **45**, 527 (2012), ИФ=1.268 за 2010. годину
3. **I. Franović** and V. Lj. Miljković:
Power Law Behavior Related to Mutual Synchronization of Chemically Coupled Map Neurons
Eur. Phys. J. B **76**, 613 (2010), ИФ=1.575 за 2010. годину

- **Уређивање истакнутог међународног научног часописа (M28b)**

Уређивање након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

1. Associate Editor у Chaos, Solitons & Fractals (категорија M21a) 2018.

Уређивање након избора у звање виши научни сарадник

1. гост уредник у Chaos (категорија M21a), фокус издање *Regime switching in coupled nonlinear systems: sources, prediction, and control* (2023. год.)
2. гост уредник у Entropy (категорија M22), специјално издање *Synchronization in Complex Networks of Nonlinear Dynamical Systems* (2023. год.)
3. Associate Editor у Chaos, Solitons & Fractals (категорија M21a) 2019-2020.

- **Уређивање међународног научног часописа (M29a)**

Уређивање након избора у звање виши научни сарадник

1. Journal of Applied Nonlinear Dynamics (категорија M23) 2022-

- **Предавања по позиву са међународних скупова штампана у целини (M31)**

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. I. Franović:

Emergence of collective oscillations in assemblies of stochastic active elements with coupling delay

9th International Conference on Physics and Control (PhysCon 2019), Innopolis, Russia, September 8-11, 2019, Conference Proceedings, pp. 90-96

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. Igor Franović, Kristina Todorović, Nebojša Vasović and N. Burić

Mean Field Dynamics of Networks of Delay-coupled Noisy Excitable Units

International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2015), Minisymposium “Dynamical Networks with Complex Links“

22–28 September 2015, Rhodes, Greece,

AIP Conf. Proc. **1738**, 210004 (2016), DOI: 10.1063/1.4951987

- **Предавања по позиву са међународних скупова штампана у изводу (M32)**

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. I. Franović

Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems

4th International Conference on Integrable Systems and Nonlinear Dynamics (ISND-2023), Yaroslavl, Russia (and online), September 25-29, 2023

2. I. Franović

Switching Dynamics in Excitable Systems with Adaptation

Dynamics Days Europe (DDE23), Naples, Italy, September 3-8, 2023

3. I. Franović

Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems

Dynamics Days US 2023 (online), January 9-11, 2023

4. I. Franović:

Switching Dynamics in Systems of Stochastic Excitable Units with Adaptive Couplings

SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems (DS21) (online), May 23-27, 2021

5. I. Franović:

Bumps, chimera states, and Turing patterns in systems of coupled active rotators
International Symposium Topical problems of Nonlinear Wave Physics (NWP-2021),
Nizhny Novgorod, Russia (and online), September 19-22, 2021

6. **I. Franović:**

Unbalanced clustering and solitary states in coupled excitable systems
Symposium of SFB 910: "Dynamical patterns in complex networks" (online),
October 29, 2021

7. **I. Franović:**

Dynamics of a Stochastic Excitable System with a Slowly Adapting Feedback
The 1st Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity (NDC2020), (online),
November 23-25, 2020

8. **I. Franović:**

Macroscopic dynamics in heterogeneous assemblies of excitable and oscillatory units
The 7th Conference on Information Theory and Complex Systems (TINKOS 2019),
Belgrade, Serbia, October 15-16, 2019

9. **I. Franović:**

Macroscopic Variability in Modular Neural Networks
The 20th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM 2019), Belgrade, Serbia,
October 7-11, 2019

Радови објављени након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

1. **I. Franović:**

Switching dynamics in two adaptively coupled excitable systems
Workshop Dynamics of Coupled Oscillator Systems, Weierstrass Institute (WIAS),
Berlin, Germany, November 19 - 21, 2018

- Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. **I. Franović:**

Solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo units
Sixth Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications"
(DCNA'2022), Kaliningrad, Russia (and online), September 14 - 16, 2022, pp. 89-92,
doi: 10.1109/DCNA56428.2022.9923122

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. S. Kostić, N. Vasović and **I. Franović:**

Effect of Viscosity of Fault Filling on Stick-Slip Dynamics of Seismogenic Fault Motion:

A Numerical Approach

ISRM European Rock Mechanics Symposium - EUROCK 2018, St. Petersburg, Russia, May 2018

2. K. Todorović, **I. Franović**, N. Vasović and S. Kostić:
Mean-field approximation of two coupled populations of excitable units modeled by Fitzhugh-Nagumo elements
4th South-East European Conference on Computational Mechanics, isbn: 978-86-921243-0-3, Kragujevac, 3.-4. jul 2017
3. K. Todorović, **I. Franović**, N. Vasović and S. Kostić:
Spontaneous formation of synchronization clusters in neuronal populations induced by noise and interaction delays
6th Internacional Congress of Serbian Society of Mechanics, Tara, Serbia, isbn: 978-86-909973-6-7, 19.-21. jun 2017
4. Srđan Kostić, Nebojša Vasović, Dragutin Jevremović, Duško Sunarić, **Igor Franović** and Kristina Todorović:
Complex Dynamics of Landslides with Time Delay Under External Seismic Triggering Effect
IAEG XII Congress "Engineering Geology for Society and Territory", Torino 2014, Engineering Geology for Society and Territory, vol. 2: Landslide processes, Springer (2015), p. 1353-1356, DOI: 10.1007/978-3-319-09057-3_328
5. S. Kostić, N. Vasović, **I. Franović** and K. Todorović:
Assessment of blast induced ground vibrations by artificial neural network
Proceedings of 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL) 55-60, 2014
6. **I. Franović** and V. Miljković:
Percolation approach to formation of synfire chains in two dimensional neural networks
Proceedings of 8th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL) 69-72, 2006

- **Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)**

Радови објављени након избора у звање виши научни сарадник

1. **I. Franović:**
Emergent Dynamics in Populations of Active Rotators with Diversity
Solvay Workshop on "Nonlinear phenomena and complex systems" in memory of Grégoire Nicolis (online), June 14-16, 2021
2. **I. Franović:**
Unbalanced clustering and solitary states in coupled excitable systems
Second Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity NDC2021,

(online), October 4-6, 2021

Радови објављени пре избора у звање виши научни сарадник

1. I. Franović:

Leap-frog patterns in motifs of two coupled FitzHugh-Nagumo units
School and Workshop on Patterns of Synchrony: Chimera States and Beyond,
The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics,
Trieste, Italy, May 6 – 17, 2019

2. I. Franović:

Switching dynamics in networks of stochastic rate-based neurons
Analysis and Modeling of Complex Oscillatory Systems (AMCOS), Barcelona,
Spain, March 19-23, 2018

3. O.V. Maslennikov, I. Franović and V.I. Nekorkin

Mean-field model for a network of globally coupled stochastic map-based neurons
Topical problems of Nonlinear Wave Physics (NWP-2017), Moscow, St Petersburg,
Russia, July 22-28, 2017

4. V. Klinshov and I. Franović

Bistability, Rate Oscillations and Slow Rate Fluctuations in a Neural Network with Noise and Coupling Delays
XXXVII Dynamics Days Europe, Szeged, Hungary, June 5–9, 2017

5. I. Franović, Matjaž Perc and Kristina Todorović

Activation process in systems of excitable units with multiple noise sources
XXXVI Dynamics Days Europe, Corfu, Greece, June 6-10, 2016

6. I. Franović, Kristina Todorović, Nebojša Vasović and Nikola Burić

Mean-field Dynamics of Systems of Delay-coupled Noisy Excitable Units
The 19th Symposium on Condensed Matter Physics – SFKM 2015, Belgrade,
Serbia, September 7-11, 2015,

7. I. Franović, Kristina Todorović, Nebojša Vasović and Nikola Burić

Mean-field treatment of collective motion in systems of delay-coupled stochastic excitable units
XXXIV Dynamics Days Europe, Bayreuth, Germany, September 8-12, 2014



Citation overview

[Export](#) [Print](#)

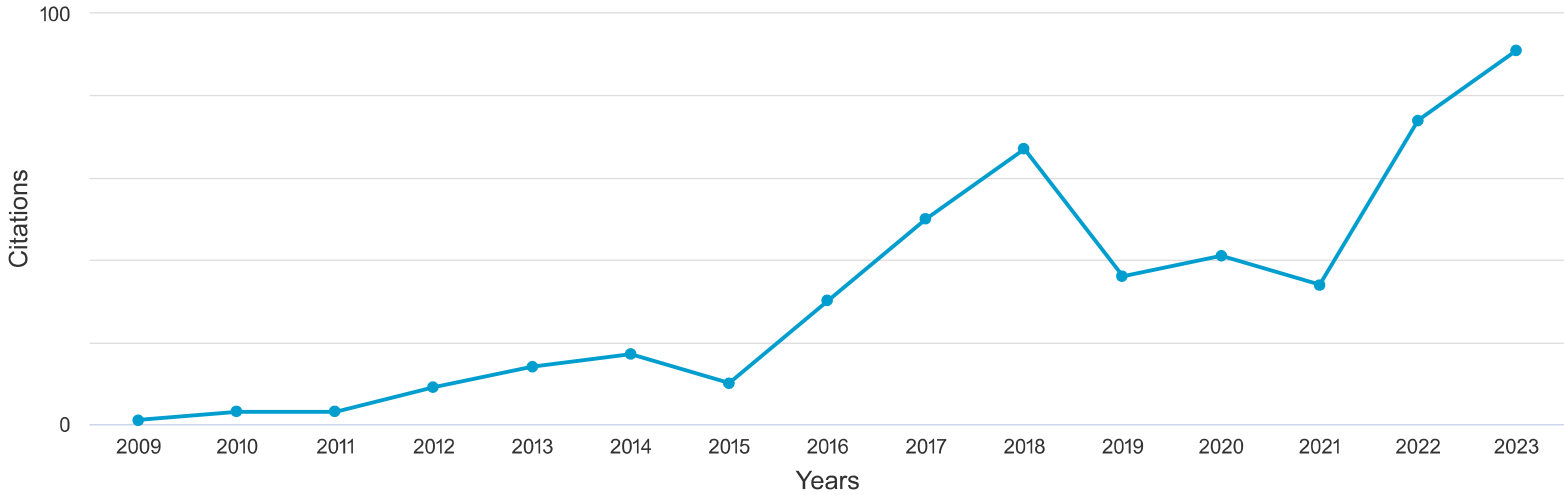
This is an overview of citations for this author.

Author *h*-index : 14 [View *h*-graph](#)

53 Cited Documents from "Franović, Igor" [+ Add to list](#)

Author ID:24461512400

Date range: to Exclude self citations of selected author Exclude self citations of all authors Exclude citations from books



Sort on:

Page Remove

Documents	Citations	<2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Subtotal	>2023	Total	
	Total		0	1	3	3	9	14	17	10	30	50	67	36	41	34	74	91	480	0	480
<input type="checkbox"/> 1 Scale-free avalanches in arrays of FitzHugh-Nagumo oscillato...	2023																		0		0
<input type="checkbox"/> 2 A non-autonomous mega-extreme multistable chaotic system	2023																		0		0
<input type="checkbox"/> 3 Perspectives on adaptive dynamical systems	2023																1		1		1
<input type="checkbox"/> 4 Generic mechanisms of inverse stochastic resonance	2023																		0		0
<input type="checkbox"/> 5 Patched patterns and emergence of chaotic interfaces in arra...	2022																1		1		1
<input type="checkbox"/> 6 Rate chaos and memory lifetime in spiking neural networks	2022																1	8	9		9

Documents		Citations	<2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Subtotal	>2023	Total
		Total	0	1	3	3	9	14	17	10	30	50	67	36	41	34	74	91	480	0	480
<input type="checkbox"/>	7 Solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo units	2022																	0		0
<input type="checkbox"/>	8 Unbalanced clustering and solitary states in coupled excitab...	2022															7	4	11		11
<input type="checkbox"/>	9 Bumps, chimera states, and Turing patterns in systems of cou...	2021															3	3	6		6
<input type="checkbox"/>	10 Dynamics of a stochastic excitable system with slowly adapti...	2020													6	5	9		20		20
<input type="checkbox"/>	11 EFFECT of colored noise on the generation of seismic fault M...	2020														1	2	1	4		4
<input type="checkbox"/>	12 Two paradigmatic scenarios for inverse stochastic resonance	2020														2	2	6	10		10
<input type="checkbox"/>	13 Two scenarios for the onset and suppression of collective os...	2019													1	3	2	5	11		11
<input type="checkbox"/>	14 Leap-frog patterns in systems of two coupled FitzHugh-Nagumo...	2019													2	2	5	1	10		10
<input type="checkbox"/>	15 Stimulus-evoked activity in clustered networks of stochastic...	2018											1	1			1		3		3
<input type="checkbox"/>	16 Noise-induced switching in two adaptively coupled excitable ...	2018											2	2	2	1		7	14		14
<input type="checkbox"/>	17 Phase-sensitive excitability of a limit cycle	2018											1	3	4	2	3	3	16		16
<input type="checkbox"/>	18 Clustering promotes switching dynamics in networks of noisy ...	2018											4	1	1	2	1	2	11		11
<input type="checkbox"/>	19 Inverse stochastic resonance in a system of excitable active...	2018												1	3	1	4	9	18		18
<input type="checkbox"/>	20 Effect of viscosity of fault filling on stick-slip dynamics ...	2018																	0		0
<input type="checkbox"/>	21 Nonlinear dynamics behind the seismic cycle: One-dimensional...	2018																1	1		1
<input type="checkbox"/>	22 Disordered configurations of the Glauber model in two-dimens...	2017													1			1	2		2
<input type="checkbox"/>	23 Mean-field dynamics of a population of stochastic map neuron...	2017												1	2		2	1	6		6
<input type="checkbox"/>	24 Dynamics of fault motion in a stochastic spring-slider model...	2017												1	1		1	1	4		4
<input type="checkbox"/>	25 Nonlinear dynamics behind the seismogenic fault motion: A re...	2017																	0		0
<input type="checkbox"/>	26 Slow rate fluctuations in a network of noisy neurons with co...	2016												5	1	2	1	2	13		13
<input type="checkbox"/>	27 Earthquake nucleation in a stochastic fault model of globall...	2016													3	2		2	11		11
<input type="checkbox"/>	28 Mean field dynamics of networks of delay-coupled noisy excit...	2016																	0		0
<input type="checkbox"/>	29 Phase response curves for models of earthquake fault dynamic...	2016													3	1	2	1	10		10
<input type="checkbox"/>	30 Activation process in excitable systems with multiple noise ...	2015								1		8	8	6	2	2	2		29		29
<input type="checkbox"/>	31 Activation process in excitable systems with multiple noise ...	2015								1	1	7	8	7	4	2	4	2	36		36

Documents		Citations	<2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Subtotal	>2023	Total
		Total	0	1	3	3	9	14	17	10	30	50	67	36	41	34	74	91	480	0	480
<input type="checkbox"/>	32 Mean-field dynamics of a random neural network with noise	2015									1	1	4	2	1		2	2	13		13
<input type="checkbox"/>	33 Complex dynamics of landslides with time delay under externa...	2015																	0		0
<input type="checkbox"/>	34 Triggered dynamics in a model of different fault creep regim...	2014									5	5	3	1	3				17		17
<input type="checkbox"/>	35 Persistence and failure of mean-field approximations adapted...	2014							1	2	2	1	1	1	1		1		10		10
<input type="checkbox"/>	36 Assessment of blast induced ground vibrations by artificial ...	2014											1			1		1	3		3
<input type="checkbox"/>	37 Dynamics of landslide model with time delay and periodic par...	2014									1	1		1		1	3		7		7
<input type="checkbox"/>	38 Stability, coherent spiking and synchronization in noisy exc...	2014								1					1			3	5		5
<input type="checkbox"/>	39 Complex dynamics of spring-block earthquake model under peri...	2014									1	1		1		1	1		5		5
<input type="checkbox"/>	40 Dynamics of simple earthquake model with time delay and vari...	2013									2	2	6		1	1		2	14		14
<input type="checkbox"/>	41 Friction memory effect in complex dynamics of earthquake mod...	2013					1	3			2	5	2	2	1		1	2	19		19
<input type="checkbox"/>	42 Mean-field approximation of two coupled populations of excit...	2013						3	3	4	2	3	1	1			1		18		18
<input type="checkbox"/>	43 Cluster synchronization of spiking induced by noise and inte...	2012					2	3			1	2	2	2		2	1	3	18		18
<input type="checkbox"/>	44 Spontaneous formation of synchronization clusters in homogen...	2012				1	3	5	2	4	1	3	1	1	2	6	1		30		30
<input type="checkbox"/>	45 Possibilities of introducing different functional circuits o...	2012									1		1						2		2
<input type="checkbox"/>	46 The effects of synaptic time delay on motifs of chemically c...	2011				1	2				1	2	2			1	5	4	18		18
<input type="checkbox"/>	47 Stability, bifurcations, and dynamics of global variables of...	2011									1		1		1		1		4		4
<input type="checkbox"/>	48 Functional motifs: A novel perspective on burst synchronizat...	2011					3				1	1	2					1	8		8
<input type="checkbox"/>	49 Phase plane approach to cooperative rhythms in neuron motifs...	2010					4	4			1	2	1		1		1		14		14
<input type="checkbox"/>	50 Power law behavior related to mutual synchronization of chem...	2010			1	2	1	2	1			2	1						10		10
<input type="checkbox"/>	51 Percolation transition at growing spatiotemporal fractal pat...	2009			2				1		1				1		1		6		6
<input type="checkbox"/>	52 Fractal properties of percolation clusters in Euclidian neur...	2009		1								1							2		2
<input type="checkbox"/>	53 Percolation approach to formation of synfire chains in two d...	2006																	0		0

About Scopus

[What is Scopus](#)
[Content coverage](#)
[Scopus blog](#)
[Scopus API](#)
[Privacy matters](#)

Language

[日本語版を表示する](#)
[查看简体中文版本](#)
[查看繁體中文版本](#)
[Просмотр версии на русском языке](#)

Customer Service

[Help](#)
[Tutorials](#)
[Contact us](#)

ELSEVIER

[Terms and conditions ↗](#) [Privacy policy ↗](#)


Copyright © Elsevier B.V. ↗. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.


We use cookies to help provide and enhance our service and tailor content. By continuing, you agree to the use of cookies ↗.






Folders

I [REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Update on "Regime switching in coupled nonlinear systems: sources, prediction, and control" 

From Chaos - Journal Manager 

To franovic@ipb.ac.rs , richard.eydam@riken.jp , Deniz Eroğlu , jeroen.lamb@imperial.ac.uk 

Cc Chaos - Journal Manager , Brian Solis , Felisa Conrad-Burton , Jürgen Kurths 

Date 2023-09-06 19:55

Regime Switching September 2023 Update.xlsx (~26 KB)

Dear Guest Editors,

I hope your week is going well! I wanted to reach out to you today with an update on "Regime switching in coupled nonlinear systems: sources, prediction, and control."

Although the August 31st hard submission deadline has just passed, we wanted to let you know that authors can still submit their papers to this Focus Issue. Usually, we leave Focus Issues open on PXP for about two months after a hard deadline, with the expectation of receiving late submissions.

Have any authors informed you that they will be submitting after the hard deadline? If so, please let me know so I can update our records with their approximate submission dates.

So far, 31 papers have been submitted: 11 have been Accepted, 13 are Pending, 1 has been Rejected, and 6 have been Deleted. Please see the attached chart for more information, and feel free to reach out to me if you have any questions.

Thank you all for your kind service to *Chaos* and for organizing this successful Focus Issue!

Best,

Rebecca Maher

Editorial Assistant

she/her

AIP Publishing

1305 Walt Whitman Road | Suite 110 | Melville NY 11747-4300 | USA

† +1.516.576.2349

rmaher@aip.org | publishing.aip.org

Follow us: [Facebook](#) | [Twitter](#) | [LinkedIn](#)

Subject Chaos: MS #CHA23-AR-RSCNS2023-01092R Ready for Decision

From cha-edoffice@aip.org

To franovic@ipb.ac.rs

Cc igor.franovic@gmail.com

Date Sun 20:24

Dear Prof. Franovic,

The below referenced manuscript, is ready for your decision:

[REDACTED]

To access the manuscript, review form, and instructions please go to the URL below:

<https://chaos.peerx-press.org/cgi-bin/main.plex?el=A5C4KrRw4B5HBbT2F1A9ftduUN8JOBbyQLdx3FUbuUtzAY>

If you are unable to complete your decision or expect significant delays, please contact us at cha-edoffice@aip.org.

The contents of the manuscript are, of course, confidential until published.

Sincerely,

Chaos Editorial Office
AIP Publishing
1305 Walt Whitman Road

Regime switching in coupled nonlinear systems: sources, prediction, and control

Submission Deadline: August 31, 2023

The focus issue intends to provide a holistic view on the origins, prediction, and control of regime switching, which is fundamental to understanding both optimal function and breakdowns in various fields, from brain and gene networks to ecosystems, Earth's climate, and financial markets. Switching events typically involve abrupt and/or irreversible regime shifts, but may also be a part of cyclic patterns or, as in case of spatiotemporal patterns, evolve more gradually via intermediate regimes with coexisting alternate-state domains. Despite the diversity of local dynamics and interactions, as well as a variety of spatial and temporal scales, switching phenomena typically follow some universal scenarios associated with exceeding different types of thresholds and manifest qualitatively similar dynamical and statistical fingerprints and precursors. This focus issue aims to: advance understanding of various switching scenarios by harnessing recent advances in reduction approaches to coupled systems and stochastic multiple timescale modeling; catalyze research on early-warning indicators of switching beyond tipping of equilibria, and including spatially extended systems; support development of theory-informed control strategies to induce the desired and suppress the unfavorable regime switches; and advance the data-driven approaches to allow for description, prediction, and control of regime switching in applications, and establish a stronger

connection between theory and real observation data in nature and experiments.

Topics covered include, but are not limited to:

- Stochastic switching in multistable systems
- Delayed bifurcations in reduced models of complex system's dynamics
- Impact of local noise (Lévy, bounded, correlated, biological) to collective dynamics
- Switching due to time-varying interactions
- Switching between spatial patterns
- Examples of chaotic itinerancy
- Theory-informed early-warning indicators for different types of switching
- Threshold detection and anticipation by data-driven approaches
- (Delayed) Feedback, non-feedback and stochastic control of switching

Guest Editors

Igor Franović – Institute of Physics Belgrade, Serbia

Richard Sebastian Eydam – RIKEN Center for Brain Science, Japan

Deniz Eroglu – Kadir Has University, Turkey

Jeroen S.W. Lamb – Imperial College London, UK

Submission Deadline: August 31, 2023

Folders

Inbox (4782)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject [Entropy] Manuscript ID: entropy-2478873 - Pre Peer-Review Approval**From** Entropy Editorial Office**Sender** tim.li@mdpi.com**To** Ralf Toenjes, Igor Franović**Cc** Entropy Editorial Office**Reply-To** tim.li@mdpi.com**Date** 2023-06-15 08:08

Dear Dr. Toenjes and Dr. Franović,

The paper below is a new submission to Special Issue "Synchronization in Complex Networks of Nonlinear Dynamical Systems". We would be grateful if you could check it and give us your opinion as to whether it can be sent for peer-review.

You can find the manuscript file at the following link:

https://susy.mdpi.com/user/pre_decision/process_form/3748303/v18BYMNj7QaL

Please note that an editorial decision can be provided at any stage during peer-review. If you have any questions, please contact tim.li@mdpi.com.

You will see there is a list of recommended reviewers provided by either the authors or our in-house editors. If any of these are unsuitable, please click the button "Reviewer is not suitable" to remove them. If you have reviewer suggestions, please let us know and we will gladly contact them.

Should you have any potential or perceived conflicts of interest with either the content of the manuscript or the authors, this should be disclosed.

Please note that your name will be included in the published article if you participate in the final decision for this paper.

Manuscript ID: entropy-2478873

Type of manuscript: Article

Title: Unveiling the connectivity of complex networks using ordinal transition methods

Authors: Juan Almendral *, Inmaculada Leyva, Irene Sendina-Nadal

Received: 14 June 2023

Submitted to section: Complexity,

<https://www.mdpi.com/journal/entropy/sections/complexity>

Synchronization in Complex Networks of Nonlinear Dynamical Systems

https://www.mdpi.com/journal/entropy/special_issues/TRE5271SK7

Thank you very much for your time, we look forward to hearing from you.

Kind regards,

Mr. Tim Li

Assistant Editor

email: tim.li@mdpi.com

--

Increased Impact Factor for Entropy (2021): 2.738

Increased CiteScore for Entropy (2021): 4.4

Indexed in PMC and PubMed

--

Editor's Choice: https://www.mdpi.com/journal/entropy/editors_choice

Video Exhibition: <https://www.mdpi.com/journal/entropy/exhibition>

--

Special Issue Mentor Program:

<https://www.mdpi.com/journal/entropy/announcements/3609>

--

MDPI Entropy Editorial Office

St. Alban-Anlage 66, 4052 Basel, Switzerland

- > [Forthcoming issue \(/1099-4300/25/10\)](#)
- > [Current issue \(/1099-4300/25/9\)](#)

- [Vol. 25 \(2023\) \(/1099-4300/25\)](#)
- [Vol. 24 \(2022\) \(/1099-4300/24\)](#)
- [Vol. 23 \(2021\) \(/1099-4300/23\)](#)
- [Vol. 22 \(2020\) \(/1099-4300/22\)](#)
- [Vol. 21 \(2019\) \(/1099-4300/21\)](#)
- [Vol. 20 \(2018\) \(/1099-4300/20\)](#)
- [Vol. 19 \(2017\) \(/1099-4300/19\)](#)
- [Vol. 18 \(2016\) \(/1099-4300/18\)](#)
- [Vol. 17 \(2015\) \(/1099-4300/17\)](#)
- [Vol. 16 \(2014\) \(/1099-4300/16\)](#)
- [Vol. 15 \(2013\) \(/1099-4300/15\)](#)
- [Vol. 14 \(2012\) \(/1099-4300/14\)](#)
- [Vol. 13 \(2011\) \(/1099-4300/13\)](#)
- [Vol. 12 \(2010\) \(/1099-4300/12\)](#)
- [Vol. 11 \(2009\) \(/1099-4300/11\)](#)
- [Vol. 10 \(2008\) \(/1099-4300/10\)](#)
- [Vol. 9 \(2007\) \(/1099-4300/9\)](#)
- [Vol. 8 \(2006\) \(/1099-4300/8\)](#)
- [Vol. 7 \(2005\) \(/1099-4300/7\)](#)
- [Vol. 6 \(2004\) \(/1099-4300/6\)](#)
- [Vol. 5 \(2003\) \(/1099-4300/5\)](#)
- [Vol. 4 \(2002\) \(/1099-4300/4\)](#)
- [Vol. 3 \(2001\) \(/1099-4300/3\)](#)
- [Vol. 2 \(2000\) \(/1099-4300/2\)](#)
- [Vol. 1 \(1999\) \(/1099-4300/1\)](#)

Affiliated Society:



(https://serve.mdpi.com/www/my_files/cliik.php?oaparams=0bannerid=3680zoneid=4cb=548d00e28doadest=http%3A%2F)

Special Issue "Synchronization in Complex Networks of Nonlinear Dynamical Systems"



- [Print Special Issue Flyer \(/journal/entropy/special_issue_flyer_pdf/TRE5271SK7/web\)](#)
- [Special Issue Editors](#)
- [Special Issue Information](#)
- [Keywords](#)
- [Published Papers](#)

A special issue of [Entropy \(/journal/entropy\)](#) (ISSN 1099-4300). This special issue belongs to the section "[Complexity \(/journal/entropy/sections/complexity\)](#)".

Deadline for manuscript submissions: **closed (30 April 2023)** | Viewed by 4258

Share This Special Issue

([mailto:?](mailto:))
&subject=From%20MDPI%3A%20%22Synchronization%20in%20Complex%20Networks%20of%20Nonlinear%20Dynamical%20Systems"%&body=Special%20Issue%20GoIm%2C%20Germany%0A%0AName%3A%20Dr.%20Jgor%20Franovi%2C%20C4%87%0AAffiliation%3A%20Scientific%20Computing%20Laboratory%2C%20Center%20of%20Applied%20Mathematics%20in%20Zagreb%20and%20University%20of%20Zagreb

([https://twitter.com/intent/tweet?](https://twitter.com/intent/tweet?text=Synchronization+in+Complex+Networks+of+Nonlinear+Dynamical+Systems&hashtags=mdpientropy&url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2Fsi%2F13620)
text=Synchronization+in+Complex+Networks+of+Nonlinear+Dynamical+Systems&hashtags=mdpientropy&url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2Fsi%2F13620

Special Issue Editors



Dr. Ralf Toenjes (<https://sciprofiles.com/profile/2133588>)

E-Mail () **Website** (http://www.physik.uni-potsdam.de/index.php?&people_id=216&m=visitenkarte)

Guest Editor

Institute of Physics and Astronomy, Potsdam University, 14476 Potsdam-Golm, Germany

Interests: synchronization; stochastic processes; networks



Dr. Igor Franović

E-Mail () **Website** (<http://www.scl.rs/scl-members/members/28-scl-members/members/914-igor-franovic>)

Guest Editor

Scientific Computing Laboratory, Center for the Study of Complex Systems, Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, Pregrevica 118, Belgrade 11080, Serbia

Interests: nonlinear dynamics; stochastic processes; dynamics of complex networks

Special Issue Information

Dear Colleagues,

The mathematical abstraction of networks is a hugely successful tool for describing the structure of complex systems through the relations of their parts. When the parts of a complex system evolve with characteristic intrinsic frequencies, interaction through a network can lead to alterations in frequencies, phases and amplitudes. These effects, broadly studied under the topic of synchronization, are essential for the function, i.e., the global behavior, of complex systems. Recent years have seen a push to generalize networks to non-binary interactions and characterize new effects specific to higher-order interactions. This Special Issue of Entropy aims to present new results on the interplay of network structure, including network motifs, and dynamics.

Dr. Ralf Toenjes

Dr. Igor Franović

Guest Editors

Manuscript Submission Information

Manuscripts should be submitted online at www.mdpi.com (<https://www.mdpi.com/>) by **registering** (<https://www.mdpi.com/user/register/>) and **logging in to this website** (<https://www.mdpi.com/user/login/>). Once you are registered, **click here to go to the submission form** (<https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/upload/?journal=entropy>). Manuscripts can be submitted until the deadline. All submissions that pass pre-check are peer-reviewed. Accepted papers will be published continuously in the journal (as soon as accepted) and will be listed together on the special issue website. Research articles, review articles as well as short communications are invited. For planned papers, a title and short abstract (about 100 words) can be sent to the Editorial Office for announcement on this website.

Submitted manuscripts should not have been published previously, nor be under consideration for publication elsewhere (except conference proceedings papers). All manuscripts are thoroughly refereed through a single-blind peer-review process. A guide for authors and other relevant information for submission of manuscripts is available on the **Instructions for Authors** (<https://www.mdpi.com/journal/entropy/instructions>) page. **Entropy** (<https://www.mdpi.com/journal/entropy/>) is an international peer-reviewed open access monthly journal published by MDPI.

Please visit the **Instructions for Authors** (<https://www.mdpi.com/journal/entropy/instructions>) page before submitting a manuscript. The **Article Processing Charge (APC)** (<https://www.mdpi.com/about/apc/>) for publication in this **open access** (<https://www.mdpi.com/about/openaccess/>) journal is 2600 CHF (Swiss Francs).

Submitted papers should be well formatted and use good English. Authors may use MDPI's **English editing service** (<https://www.mdpi.com/authors/english>) prior to publication or during author revisions.

Keywords

- synchronization
- remote synchronization
- control of synchronization
- network motifs
- networks
- complex networks
- networks of networks



Subject Please handle this manuscript as an Editor

From Chaos, Solitons & Fractals

Sender eesserver@eesmail.elsevier.com

To igor.franovic@gmail.com, franovic@ipb.ac.rs

Cc anna.zakharova@tu-berlin.de

Reply-To Chaos, Solitons & Fractals

Date 2020-08-22 17:14

Dear Igor,
I would be very grateful if you could handle this manuscript.
Thank you in advance and greetings from Berlin,
Anna

[REDACTED]

Corresponding author: Dr. Karthikeyan Rajagopal
Chaos, Solitons & Fractals or its open access mirror

Dear Mr. igor franovic,

I invite you to serve as the handling editor for the above-referenced manuscript. To view the details of this assignment and the PDF of the paper, please log into the Elsevier Editorial System as an editor and then either accept or decline this assignment.

URL: <https://ees.elsevier.com/chaos/>

Your username is: igor.franovic@gmail.com

If you need to retrieve password details, please go to: http://ees.elsevier.com/CHAOS/automail_query.asp.

Thank you.

Yours sincerely,

Anna Zakharova, Ph.D.

Editor

Chaos, Solitons & Fractals or its open access mirror

Folders

Inbox (4784)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Welcome to your new Associate Editor role - next steps**From** Frontiers in Network Physiology **To** franovic@ipb.ac.rs **Date** 2023-04-07 11:59

Welcome to the Associate Editor Board

Dear Dr Franović,

We are very pleased to welcome you to the board of Networks of Dynamical Systems (specialty section of Frontiers in Network Physiology). Our Associate Editors make an important contribution to the quality and strategic development of the section - thank you for being a part of our community.

Here are the next steps to get started in your role:

1. Update your Loop profile

Add a brief biography and a portrait-style photo - this will also appear on the journal's editorial board web page. Confirm your publications to keep your profile up to date with your latest publications.

2. Invite 10-15 review editors

Review Editors are the regular reviewers of manuscripts and are typically established researchers whose expertise falls within the scope of the section. Nominate a list of trusted potential Review Editors here, or send us your list and we will contact them on your behalf.

View our short demonstration video [here](#).

3. Brainstorm ideas for a new article collection

Our collections, or Research Topics, are crucial to support the journal's growth. Defined, managed and led by leading researchers like you, they unite experts around key topics and questions, stimulating collaboration and accelerating research. Please get in touch to suggest or discuss your ideas for a topic.

4. Submit your own work to the journal



Igor Franović

Associate Professor
Institute of Physics, University of Belgrade
Belgrade, Serbia

FOLLOW

Overview (</people/1638093/overview>)

Bio (</people/1638093/bio>)

1,160

Total
Views

249

Profile
Views

46

Total
Publications

911

Publication
Views

129

Publications
Downloads

[View Full Impact \(impact\)](#)

[\(/bio?editBio=true\)](/bio?editBio=true)

Brief Bio

I was born in 1979 in Belgrade, Serbia. I received BSc, MSc and PhD in theoretical Physics from the Faculty of Physics, University of Belgrade (research fields Nonlinear Dynamics and Stochastic Processes). My research interests include (1) self-organization in coupled excitable systems; (2) reduction approaches to collective dynamics of coupled systems; (3) stability ...

[View Full Bio and Expertise \(bio\)](#)

46 Publications

1 Edited Research Topics

[View Editorial Contributions \(editorial\)](#)

Editorial Roles

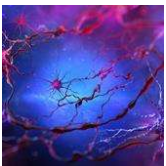
Associate Editor for

[Networks of Dynamical Systems \(/journal/2021/section/2251\)](#)

[Frontiers in Network Physiology \(/journal/2021\)](#)

Open for submissions

Frontiers Topic Editor



[Synchronization and Multistability in Neural Networks \(/researchtopic/55116\)](#)

Open for Submissions

[\(/researchtopic/55116\)](#)

[View All Topics \(editorial\)](#)

Frontiers In and Loop are registered trade marks of Frontiers Media SA.

© Copyright 2007-2023 Frontiers Media SA. All rights reserved - Terms and Conditions (<https://www.frontiersin.org/legal/terms-and-conditions>)



Journal of Applied Nonlinear Dynamics

Miguel A. F. Sanjuan (editor), Albert C.J. Luo (editor)

Editors

Albert C.J. Luo, Southern Illinois University Edwardsville, USA

Miguel A. F. Sanjuan, Universidad Rey Juan Carlos, Spain

ISSN:2164-6457 (print)

ISSN:2164-6473
(online)

Associate Editors

Aims and Scope

Paper Submission

Editorial Board

Access Full Text

Article Offprint Order Form

Peer-Review Policies

Bylaws for Editorial Policies

Open Access Options

Copyright Form

Manuscript Template

Ethics & Malpractice Statement

Viktor Avrutin, University of Stuttgart, Germany (*Piecewise-smooth systems, Bifurcation theory, Low-dimensional chaos*)

Irina Bashkirtseva, Ural Federal University, Russia (*Stochastic dynamics, Bifurcation analysis, Nonlinear phenomena, Stochastic sensitivity*)

Tassos Bountis, University of Patras, Greece (*Nonlinear differential equations, Integrable dynamical systems, Hamiltonian systems in physics and engineering*)

Eric Campos Cantón, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, México (*Chaotic dynamical systems, Synchronization of systems and complex networks, Applied mathematics in cryptography, Multistability*)

Lock Yue Chew, Nanyang Technological University, Singapore (*Nonlinear Dynamics, Chaos, Statistical Physics, Complex Systems*)

Jorge Duarte, ISEL-Engineering Superior Institute of Lisbon, Portugal (*Mathematical Biology, Dynamical Systems, Chaos*)

Igor Franović, Institute of Physics Belgrade, Serbia (*Excitable systems, Reduction approaches to collective dynamics, Stochastic processes, Multiple timescale dynamics, Coherence-incoherence patterns*)

Sajad Jafari, Amirkabir University of Technology, Iran (*Mathematical neuroscience, Mathematical biology, Chaos, Complex networks, Synchronization*)

Nikolay V. Kuznetsov, Saint-Petersburg State University, Russia (*Nonlinear dynamical systems, Regular and chaotic dynamics, Global stability and hidden attractors, Phase synchronization*)

Edson Denis Leonel, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Brazil (*Nonlinear dynamics, Scaling laws, Phase transitions, Billiards*)

Antonio M. Lopes, University of Porto, Portugal (*Nonlinear dynamics, Complex systems, Robotics, Control*)

Jun Ma, Lanzhou University of Technology, China (*Neurodynamics, Pattern formation and control, Neural circuit, Synchronization control*)

Arturo C. Martí, Instituto de Física, Uruguay (*Delayed dynamical systems, Complex networks, Instability, Newtonian fluids*)

Riccardo Meucci, Università di Firenze, Italy (*Nonlinear Dynamics, Control, Applied Optics*)

Minvydas Ragulskis, Kaunas University of Technology, Lithuania (*Nonlinear ordinary differential equations analysis, Self-organizing patterns*)

Shanmuganathan Rajasekar, Bharathidasan University, India (*Applied chaotic dynamics, Bifurcation theory*)

Gonzalo Marcelo Ramírez-Ávila, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia (*Dynamical systems, Synchronization, Complex systems*)

Charalampos (Haris) Skokos, University of Cape Town, South Africa (*Nonlinear Dynamics and Chaos, Indicators, Nonlinear Lattices, Disordered and Granular Systems*)

Michael Small, The University of Western Australia, Australia (*Nonlinear time series analysis, Complex systems*)

Vasily E. Tarasov, Moscow State University, Russia (*Quantum dynamics, Fractional dynamics, Physical systems, Fading memory*)

Ricardo Viana, Universidade Federal do Paraná, Brazil (*Coupled nonlinear oscillators, Synchronization, Fractal structures in nonlinear dynamics*)

Juan Alejandro Valdivia, Universidad de Chile, Chile (*Complex networks, Transport and traffic dynamics, Plasmas*)

Christos Volos, Aristotle University of Thessaloniki, Greece (*Dynamical systems, Nonlinear circuits and their applications*)

Yuefang Wang, Dalian University of Technology, China (*Nonlinear vibration of mechanical systems, Structural optimization, Rotor dynamics*)

ADVISORY BOARD

Ravi P. Agarwal, Texas A&M University-Kingsville, Texas USA (*Differential and Difference Equations, Generalized Methods, Fixed Point Theory*)

Hongjun Cao, Beijing Jiaotong University, China (*Mathematical neuroscience, Bifurcation and chaos of motion of vehicle dynamical systems*)

Lyudmila Efremova, University of Nizhny Novgorod, Russia (*Low-dimensional dynamical systems, Topological dynamics, attractors, chaos and complexity*)

Fuhong Min, Nanjing Normal University, China (*Chaos, Neural network, Discontinuous dynamics, Memory*)

Vladimir I. Nekorkin, Institute of Applied Physics of RAS, Russia (*Nonlinear dynamics of oscillatory systems*)

Lev Ryashko, Ural Federal University, Russia (*Nonlinear dynamical systems, Noise-induced phenomena*)

Vsevolod Sakbaev, Moscow Institute of Physics and Technology, Russia (*Singular perturbed Schrödinger Hamiltonians and random flows, Nonlinear Schrödinger Equation*)


Jianhua Yang, China University of Mining and Technology, China (*Nonlinear dynamics in mechanical systems, Nonlinear dynamics in artificial intelligence, Benefit of noise in nonlinear systems*)


Yufeng Zhang, China University of Mining and Technology, China (*Soliton theory, Partial differential equations, Hamiltonian structure*)

Zhigang Zheng, Huaqiao University, China (*Nonlinear dynamics and chaos, Synchronization, Complex networks*)


Copyright © 2011-2023 L & H Scientific Publishing. All rights reserved.

Subject You have a new Editor Assignment

From Journal of Applied Nonlinear Dynamics 

Sender em.jand.0.858bbd.9e69a45f@editorialmanager.com 

To Igor Franovic 

Reply-To Journal of Applied Nonlinear Dynamics 

Date 2023-08-23 11:11

[REDACTED]

Journal of Applied Nonlinear Dynamics

Dear Dr. Franovic,

I am passing the above article to you for handling. Please log onto Editorial Manager as an editor to view the details and PDF.

Please click on this link to access the submission:

<https://www.editorialmanager.com/jand/l.asp?i=39095&l=Q27U0SHI>

Regards

Miguel Sanjuan

Editor

Journal of Applied Nonlinear Dynamics

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/jand/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

CA17120 - Chemobrionics (CBrio)

Downloads

[Home](#) > [Browse Actions](#) > Chemobrionics (CBrio)






Description

Management Committee

Main Contacts and Leadership

Working Groups and Membership

Action Details

-  MoU - 031/18
-  CSO Approval date - 13/04/2018
-  Start date - 15/10/2018
-  End date - 14/04/2023
-  Former end date - 14/10/2022
-  <https://www.chemobrionics.eu>

This Action has ended

- Read the Project Description [MoU](#)

Management Committee

Country	MC Member
Austria	Prof Hinrich GROTHE ✓
Austria	Dr Pedro A. SANCHEZ ✓
Belgium	Prof Anne DE WIT ✓
Belgium	Dr Laurence RONGY ✓
Bosnia and Herzegovina	Dr Zahida ADEMOVIC ✓
Bosnia and Herzegovina	Dr Jasmin SULJAGIĆ ✓
Bulgaria	Prof Nikolai DENKOV ✓
Bulgaria	Dr Daniela DZHONOVA-ATANASOVA ✓
Croatia	Dr Srecko KIRIN ✓
Croatia	Dr Lara MIKAC ✓
Czech Republic	Dr Jitka CEJKOVA ✓
Denmark	Dr Henrik BIRKEDAL ✓
Denmark	Dr Kaare H. JENSEN ✓
Estonia	Dr Janno TOROP ✓
Finland	Dr Tan-Phat HUYNH ✓
Finland	Prof Marjatta LOUHI-KULTANEN ✓
France	Prof Nicholas ARNDT ✓
France	Mr Stephane QUERBES ✓
Germany	Prof William MARTIN ✓
Greece	Prof Christoforos KOKOTOS ✓
Greece	Dr Georgios PAMPALAKIS ✓
Hungary	Prof Dezso HORVATH ✓

Country	MC Member
Hungary	Prof Agota TOTH ✓
Ireland	Prof Eugene BENILOV ✓
Italy	Prof Simone GIANNERINI ✓
Italy	Dr Diego Luis GONZALEZ ✓
Latvia	Dr Svetlana VIHODCEVA ✓
Netherlands	Dr Eloi CAMPRUBÍ CASAS ✓
Netherlands	Dr Michel SPEETJENS ✓
North Macedonia	Prof Atanas HRISTOV ✓
North Macedonia	Mr Igor TOMOVSKI ✓
Norway	Prof Jens-Petter ANDREASSEEN ✓
Norway	Dr Seniz UCAR ✓
Poland	Prof Piotr SZYMCZAK ✓
Portugal	Dr Ana RIBEIRO ✓
Portugal	Prof Tito TRINDADE ✓
Romania	Prof Ecaterina MATEI ✓
Romania	Dr Eniko VOLCEANOV ✓
Serbia	Dr Igor FRANOVIC ✓
Serbia	Dr Sonja GRUBISIC ✓
Slovakia	Dr Ivan VALENT ✓
Slovenia	Ms Robertina SEBJANIC ✓
Slovenia	Mr Uroš VEBER ✓
Spain	Dr Claro Ignacio SAINZ DÍAZ ✓

Folders[Inbox \(4779\)](#)[Drafts](#)[Sent](#)[Junk](#)[Trash](#)**Subject ANSO kick-off meeting****From** Ljupco Kocarev **To** Jürgen Kurths , Jürgen Kurths , Tomasz Kapitaniak K13 , tomaszka@p.lodz.pl ,
Igor Franovic , yangtang@ecust.edu.cn **Date** 2023-08-17 11:30

Dear all

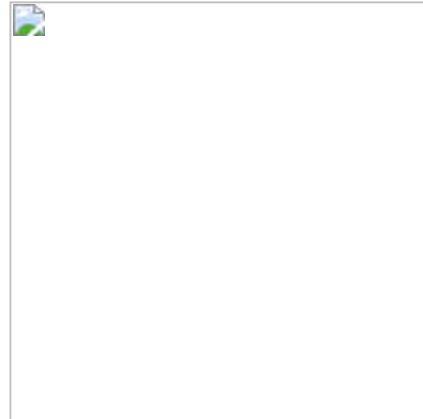
I would like to organize a kick-off meeting for the ANSO project in Skopje in the second half of September (between 15 and 30 September): 2-3 days.

Please let me know what dyas you are available?

Thanks
Ljupco

--

Ljupco Kocarev



Bul. Krste Misirkov 2,
P.O. Box 428

1000 Skopje
Republic of Macedonia



BPU11 CONGRESS

August 28, 2022 to September 1, 2022
Serbian Academy of Sciences and Arts – SASA

Europe/Belgrade timezone

[Overview](#)[Participant List](#)[Call for Abstracts](#)[Timetable](#)[Schematic program](#)[Program Book](#)[Contribution List](#)[Author List](#)[Speaker List](#)[Book of Abstracts](#)[Registration](#)[Registration Fees](#)[Application for Support](#)[Scientific Sections](#)[Committees](#)[IAC](#)[ISC](#)[ISC \(sections\)](#)[IOC](#)[LOC](#)[Country Coordinators](#)[Plenary and Invited Speakers](#)[Publications](#)[Poster](#)[Travel Information](#)[Accommodation](#)[Co-organizers](#)[Partners and Sponsors](#)

ISC (sections)

Members of the Scientific Sections and the International Scientific Committee (ISC)

1. Nuclear Physics and Nuclear Energy

- Daniel Andreica (Cluj-Napoca, Romania)
- Burcu Cakirli Mutlu (Istanbul, Turkey)
- Igor Čeliković (Belgrade, Serbia), coordinator
- Dimitrije Maletić (Belgrade, Serbia), secretary
- Georgi Raynovski (Sofia, Bulgaria)
- Svetislav Savović (Kragujevac, Serbia)
- Erjon Spahiu (Tirana, Albania)

2. Astronomy and Astrophysics

- Vesna Borka (Belgrade, Serbia)
- Gojko Đurašević (Belgrade, Serbia)
- Mimoza Hafizi (Tirana, Albania)
- Gordana Jovanović (Podgorica, Montenegro)
- Milan Milošević (Niš, Serbia)
- Jelena Petrović (Belgrade, Serbia)
- Marius Piso (Bucharest, Romania)
- Luka Popović (Belgrade, Serbia), coordinator
- Evgeni Semkov (Sofia, Bulgaria)
- Saša Simić (Kragujevac, Serbia)
- Nikolaos Spyrou (Thessaloniki, Greece)
- Vladimir Srećković (Belgrade, Serbia), coordinator
- Dejan Urošević (Belgrade, Serbia)

3. Gravitation and Cosmology

- Duško Borka (Belgrade, Serbia)
- Dragoljub Dimitrijević (Niš, Serbia), secretary
- Mimoza Hafizi (Tirana, Albania)
- Predrag Jovanović (Belgrade, Serbia)
- Kostas Kleidis (Thessaloniki, Greece)
- Voja Radovanović (Belgrade, Serbia)
- Zoran Rakić (Belgrade, Serbia)
- Marko Vojinović (Belgrade, Serbia), coordinator
- Dumitru Vulcanov (Timisoara, Romania)
- Stoycho Yazadzhiev (Sofia, Bulgaria)

4. Atomic and Molecular Physics

- Tasko Grozdanov (Belgrade, Serbia)
- Lucian Ion (Bucharest, Romania)
- Slavoljub Mijović (Podgorica, Montenegro)
- Nenad Milojević (Niš, Serbia), secretary

Satellite Events

Round Tables

About the BPU

Previous BPU
Conferences

Website of the BPU

- Asen Pashov (Sofia, Bulgaria)
- Violeta Petrović (Kragujevac, Serbia), coordinator
- Igor Savić (Novi Sad, Serbia), coordinator
- Nenad Simonović (Belgrade, Serbia)

5. High Energy Physics (Particles and Fields)

- Tatjana Agatonović Jovin (Belgrade, Serbia)
- Calin Alexa (Bucharest, Romania)
- Biljana Antunović (Banja Luka, Bosnia and Herzegovina)
- Ion Cotaescu (Timisoara, Romania)
- Dragoljub Dimitrijević (Niš, Serbia), secretary
- Magdalena Đorđević (Belgrade, Serbia)
- Miloš Đorđević (Belgrade, Serbia)
- Plamen Iaydjiev (Sofia, Bulgaria)
- Predrag Milenović (Belgrade, Serbia), coordinator
- Rudina Osmanaj (Tirana, Albania)
- Fotios Ptochos (Nicosia, Cyprus)
- Voja Radovanović (Belgrade, Serbia)
- Nataša Raičević (Podgorica, Montenegro)
- Ömer Yavas (Ankara, Turkey)
- Lidija Živković (Belgrade, Serbia), coordinator

6. Condensed Matter Physics and Statistical Physics

- Miroslav Abrashev (Sofia, Bulgaria)
- Antun Balaž (Belgrade, Serbia)
- Jelena Belošević-Čavor (Belgrade, Serbia), coordinator
- Željka Cvejić (Novi Sad, Serbia), coordinator
- Zorana Dohčević-Mitrović (Belgrade, Serbia)
- Sinasi Ellialtioglu (Ankara, Turkey)
- Cristian Enachescu (Iasi, Romania)
- Oguz Gulseren (Ankara, Turkey)
- Sanja Janičević (Kragujevac, Serbia)
- Nataša Jović Orsini (Belgrade, Serbia)
- Nenad Lazarević (Belgrade, Serbia)
- Panos Patsalas (Thessaloniki, Greece)
- Dušan Popović (Belgrade, Serbia)
- Vadim Sirkeli (Chişinău, Moldova)
- Nicolaos Toumbas (Nicosia, Cyprus)
- Daniel Vizman (Timisoara, Romania)
- George Vourlias (Thessaloniki, Greece)
- Nenad Vukmirović (Belgrade, Serbia), coordinator
- Tatjana Vuković (Belgrade, Serbia)

7. Optics and Photonics

- Petar Atanasov (Sofia, Bulgaria)
- Tudor Braniste (Chişinău, Moldova)
- Maria Dinescu (Bucharest, Romania)
- Nikola Filipović (Niš, Serbia)
- Milan Kovačević (Kragujevac, Serbia)
- Ana Mančić (Niš, Serbia)
- Peđa Mihailović (Belgrade, Serbia), secretary
- Stanko Nikolić (Belgrade, Serbia)
- Vladan Pavlović (Niš, Serbia)
- Marica Popović (Belgrade, Serbia)
- Svetislav Savović (Kragujevac, Serbia)
- Milutin Stepić (Belgrade, Serbia), coordinator
- Rodica Vladioiu (Constanta, Romania)

8. Plasma and Gas-Discharge Physics

- Gheorghe Dinescu (Bucharest, Romania)
- Saša Dujko (Belgrade, Serbia), coordinator
- Saša Gocić (Niš, Serbia)

Contact

✉ bpu11@bpu11.info

- Zhivko Kissovski (Sofia, Bulgaria)
- Milan Kovačević (Kragujevac, Serbia)
- Bratislav Obradović (Belgrade, Serbia), coordinator
- Mara Šćepanović (Podgorica, Montenegro)

9. Theoretical, Mathematical and Computational Physics

- Metin Arık (Istanbul, Turkey)
- Miroljub Dugić (Kragujevac, Serbia)
- **Igor Franović (Belgrade, Serbia), coordinator**
- Borislav Gajić (Belgrade, Serbia), secretary
- Aurelian Isar (Bucharest, Romania)
- Milan Milošević (Niš, Serbia)
- Klaudio Peqini (Tirana, Albania)
- Slobodan Radošević (Novi Sad, Serbia)
- Radoslav Rashkov (Sofia, Bulgaria)
- Neli Stoilova (Sofia, Bulgaria)

10. Meteorology and Geophysics

- Ekaterina Bachvarova (Sofia, Bulgaria)
- Vladimir Đurđević (Belgrade, Serbia), coordinator
- Kostadin Ganev (Sofia, Bulgaria)
- Slobodan Ničković (Belgrade, Serbia), secretary
- Klaudio Peqini (Tirana, Albania)
- Tanja Porja (Tirana, Albania)
- Sabina Stefan (Bucharest, Romania)

11. Environmental Physics – Alternative Sources of Energy

- Balis Dimitrios (Thessaloniki, Greece)
- Valentin Ivanovski (Belgrade, Serbia)
- Zoran Mijić (Belgrade, Serbia), coordinator
- Ioan Stamatina (Bucharest, Romania)
- Ana Umičević (Belgrade, Serbia), secretary
- Petko Vitanov (Sofia, Bulgaria)
- Gerti Xhixha (Tirana, Albania)

12. Physics of Socioeconomic Systems and Applied Physics

- Olta Çakaj (Tirana, Albania)
- Dragana Krstić (Kragujevac, Serbia)
- Mihail Lungu (Timisoara, Romania)
- Vladimir Marković (Kragujevac, Serbia), secretary
- Marija Mitrović Dankulov (Belgrade, Serbia), coordinator
- Petar Petrov (Sofia, Bulgaria)
- Dode Prenga (Tirana, Albania)
- Stavros Stavrinos (Thessaloniki, Greece)

13. Biophysics and Medical Physics

- Aleksandar Krmpot (Belgrade, Serbia), coordinator
- Dragana Krstić (Kragujevac, Serbia), secretary
- Mihai Radu (Bucharest, Romania)
- Miloš Vikić (Belgrade, Serbia)
- Victoria Vitkova (Sofia, Bulgaria)
- Gerti Xhixha (Tirana, Albania)
- Emil Xhuvani (Tirana, Albania)

14. Physics Education, History and Philosophy of Physics

- Dejan Đokić (Belgrade, Serbia), secretary
- Maya Gaydarova (Sofia, Bulgaria)
- Ivan Lalov (Sofia, Bulgaria)
- Dragana Malivuk Gak (Banja Luka, Bosnia and Herzegovina)
- Silvana Mico (Tirana, Albania)
- Violeta Petrović (Kragujevac, Serbia), coordinator

- Sebastian Popescu (Iasi, Romania)
- Stavros Stavriniades (Thessaloniki, Greece)
- Maja Stojanović (Novi Sad, Serbia)
- Mira Vučeljić (Podgorica, Montenegro)
- Andrijana Žekić (Belgrade, Serbia)

15. Metrology and Instrumentation

- Luljeta Gjeçi (Tirana, Albania)
- Aleksandar Kandić (Belgrade, Serbia)
- Marina Lekić (Belgrade, Serbia), coordinator
- Aurelian Luca (Bucharest, Romania)
- Ivan Stefanov (Sofia, Bulgaria)
- Stevan Stojadinović (Belgrade, Serbia), secretar

[Members of ISC \(alphabetical order\)](#)



Powered by [Indico](#) v3.1.1

[Help](#) | [Contact](#)

Folders

Inbox (4780)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject International Conference on Integrable Systems & Nonlinear Dynamics: First announcement **From** Некоркин В. И. **To** Igor Franovic , igor.franovic@gmail.com **Date** 2023-05-04 12:02

1st-announcemnt.pdf (~184 KB)

Dear Igor,

I invite you to take part in the section "Applied Nonlinear Dynamics" of the conference "Integrable Systems and Nonlinear Dynamics". The conference takes place from 25 to 29 of September in Yaroslavl with the possibility of online participation. The announcement is attached. In particular, my anniversary will be celebrated on the conference.

Yours,

Vladimir Nekorkin

Dear colleagues,

We are pleased to announce the fourth International Conference on **Integrable Systems and Nonlinear Dynamics (ISND 2023)**. The conference will be held in the city of **Yaroslavl, 25-29 September 2023**.

The **registration** is now open.

Please find attached the first information letter.

For more information, please visit the conference site.

<https://lomonosov-msu.ru/eng/event/8178/>

Best wishes,
Tolbey Anna

4th International Conference on Integrable Systems and Nonlinear
Dynamics
25.09.2023 – 29.09.2023

Conference Programme

All conference talks are scheduled in Moscow Time (GMT+3).

Monday, 25.09.2023

	Morning session
09:00–09:45	Conference Registration
09:45–10:00	IT company “Tensor”, Rector of the YarSU, representatives of the Russian Academy of Sciences
10:00–10:30	Albert Shiryayev “Kolmogorov’s memoirs”
10:30–11:00	Gregory Kabatianskii “TBA”
11:00–11:30	Coffee break
11:30–12:00	Valery Kozlov, “Formal stability, stability with respect to most of the initial data, and diffusion in analytical systems of differential equations” (in Russian)
12:00–12:30	Dmitry Treschev, “Normalisation flow”
12:30–13:00	Vladimir Sokolov “Integrable systems of the Boussinesq type and their formal diagonalisation”
13:00–14:00	Lunch break

	Afternoon session
14:00–14:30	Victor Buchstaber “Differential-geometric theory of Mumford’s dynamical system and applications”
14:30–15:00	Sergey Dobrokhotov “Billiards with semi-rigid walls and nonlinear coastal waves”
15:00–15:30	Maxim Pavlov “Elliptic Orthogonal Curvilinear Coordinate Nets and Separation of Variables in the Laplace Operator”
15:30–16:00	Dmitry Gurevich “Reflection Equation Algebra and related combinatorics”
16:00–16:30	Coffee break
16:30–17:00	Alexander Mikhailov “A novel approach to quantisation of dynamical systems”
17:00–17:30	Ilya Kashchenko “Parabolic PDE on two-dimensional domain as a normal form of singularly perturbed DDE”
17:30–18:00	Dmitry Millionshchikov “Applied combinatorics of universal enveloping Lie algebras”

Thursday, 28.09.2023

	Morning session
10:00–10:20	Oleg Sheinman “Parabolic Hitchin systems”
10:20–10:40	Sergei Sokolov “TBA”
10:40–11:00	Alexandra Kashchenko “Dependence of the nonlocal dynamics of the coupled oscillators model on the coupling type”
11:00–11:30	Coffee break
11:30–11:50	Vladimir Nazaikinskii “Lattice equations and semiclassical asymptotics” (online)
11:50–12:10	Anatoly Kulikov “On the question of the uniqueness of the center manifold” (in Russian)
12:10–12:30	Liudmila Romakina “The Chaos game with arbitrary jump in an extended hyperbolic plane”
12:30–12:50	Vakha Gishlarkaev “The Fourier transform method for PDEs with power-law nonlinearities and constant coefficients”
13:00–14:00	Lunch break

	Afternoon session
14:00–14:20	Vladislav Kibkalo “Multi-dimensional billiard books and classification problem”
14:20–14:40	Fedor Lobzin “Generalized Mishchenko-Fomenko conjecture for Lie algebras of small dimensions”
14:40–15:00	Yasusi Ikeda “Quasiderivations and Quantum Mishchenko-Fomenko Construction”
15:00–15:20	Boris Bardin “On orbital stability of pendulum-like periodic motions of a heavy rigid body in a transcendental case”
15:20–15:40	Denis Zakharov “Adaptive measure of coherence as a universal robust criterion for identifying dynamic states of spiking neuronal networks”
15:40–16:00	Nataliya Levashova “Propagation of an autowave front in a discontinuous medium”
16:00–16:30	Coffee Break
16:30–16:50	Olga Shchegortsova, “Semiclassical asymptotic solutions of the Schrodinger Equation with a delta-potential and rapidly oscillating initial conditions”
16:50–17:10	Eduard Kuznetsov “The investigation of dynamic evolution of the compact planetary system K2-72”
17:10–17:30	Igor Franovic “Patched patterns and onset of chaotic interfaces: a new form of self-organization in nonlocally coupled excitable systems” (online)
17:30–17:50	Dmitry Kulikov, “Nonlocal Erosion Equation and Nanorelief Formation”
17:50–18:10	Maria Banshchikova “Nonlinearity in inverse problems of orbital dynamics on the example of potentially hazardous asteroids and Jupiter’s outer satellites”
18:10–19:00	Poster Session
19:00	Buffet

Compose

Inbox 768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates 319

Forums

Promotions

More

Labels

Minisymposium at Dynamics Days 2023 in Naples (Italy)

Inbox ✕

✕ 🖨️ 🗑️



Simona Olmi simona.olmi@fi.isc.cnr.it [via](#) gmail.com
to me

Fri, Mar 17, 3:16 PM

Dear Igor,

I am planning to organize, together with Alessandro Torcini and Francesco Sorrentino, a minisymposium at Dynamics Days 2023 in Naples (Italy), which will take place on 3-8 September 2023. See the official website for more information:

<https://sites.google.com/view/dynamicsdayseurope2023>

The minisymposium will be focused on adaptive networks: from neural plastic networks to adaptive phase oscillators. The aim of this symposium is to summarize different perspectives on the concept of adaptivity and show which open challenges are waiting to be taken up. The terminology and definition of 'adaptivity' may vary among the communities. While 'adaptability' refers generally to the ability of a system to amend its properties according to dynamic (external or intrinsic) changes, the specific details of adaptive mechanisms depend on the context and the community, e.g. how and which part of a system can amend (adaptation rules), or what strategies enable the perception (or sensing) of such changes. In addition, the mathematical framework for describing adaptive mechanisms and adaptive systems also varies across communities. A common starting point is the description based on networks, where the notion of adaptivity is well established. From this starting point, we aim to discuss the different applications, since adaptive networks are applied in numerous fields, from power grids to neural systems, and machine learning.

We would be happy if you could participate in our minisymposium as an invited speaker. Please consider that we are unable to cover any of your costs, including the registration costs.



XLIII Dynamics Days Europe

The Organizers

Chairing the Conference:

Lucia Russo, STEMS, CNR, IT

Constantinos Siettos, Dipartimento di Matematica e Applicazioni,
UNINA, IT

Book of Abstracts

3-8 September, 2023

Naples, Italy



Book of Abstracts of DDE23

August 2023

Contents

1	Plenary Talks	3
2	Minisymposia	16
3	Poster	236
4	Oral	293
5	Index of participants	424

Switching dynamics in excitable systems with adaptation

While adaptation has classically been associated with coupling plasticity, a recently emerging concept has linked adaptation with the ability to impact the features of local dynamics of system components. Employing both of these concepts, we show how adaptation may give rise to multi- and metastability of system dynamics and facilitate new forms of emergent behavior based on switching between the coexisting states. For the case of coupling plasticity, we consider motifs of two adaptively interacting excitable units with noise [1], demonstrating two different types of switching depending on the adaptation rate. For slower adaptation, one finds stochastic switching between the two noise-induced spiking modes, whereas a faster adaptation triggers a bursting-like behavior based on switching between the coexisting stationary and oscillatory states. In the latter instance, biased switching may further facilitate inverse stochastic resonance [2,3], a phenomenon where the frequency of emergent oscillations becomes minimal at an intermediate noise intensity. Concerning the more recent concept of adaptation, we provide two paradigmatic examples. In the first case, we consider an excitable system with a slowly adapting feedback and noise, where adaptation affects the excitability of local dynamics [4]. There we show how adaptation gives rise to a new regime, called stochastic bursting, based on the noise-induced switching between a pseudo-stationary and oscillatory metastable states. In the second example, we analyse a population of excitable units coupled to a pool of metabolic resources which introduces a spiking frequency adaptation [5]. Then, adaptation gives rise to a new type of emergent behavior, called collective activity bursting, close to criticality of collective dynamics, allowing for the switching between the active and inactive episodes. In these two examples, we also develop new mathematical frameworks to address the multiple timescale structure of adaptive systems, combining the classical Fokker-Planck approach or the Ott-Antonsen reduction approach with singular perturbation theory.

References:

[1] I. Bačić, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and I. Franović. *Eur. Phys. J. - Spec. Top.* 227, 1077 (2018).

[2] I. Bačić, V. Klinshov, V. I. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović. *EPL* 124, 40004 (2018).

[3] I. Bačić and I. Franović. *Chaos* 30, 033123 (2020).

[4] I. Franović, S. Yanchuk, S. R. Eydam, I. Bačić, and M. Wolfrum. *Chaos* 30, 083109 (2020).

[5] I. Franović, S. R. Eydam, S. Yanchuk, and R. Berner. *Front. Netw. Physiol.* 2, 841829 (2022).

Igor Franović

Folders



Inbox (4780)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Re: Dynamics Days 2023: Announcement & Call for Abstracts**From** Igor Franovic **To** Per Sebastian Skardal **Date** 2022-11-25 10:39

Dear Sebastian,

thank you very much for your kind invitation for this nicely envisioned conference. I've submitted an abstract entitled "Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems" which is based on a recently published paper <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0111507>. I hope you will find it interesting.

Best wishes,
Igor

On 2022-11-01 22:09, Per Sebastian Skardal wrote:

[Dynamics Days 2023 Announcement](#)[DYNAMICS DAYS 2023](#)[JANUARY 9-11, 2023](#)[HELD VIRTUALLY VIA ZOOM \(HOSTED BY TRINITY COLLEGE\)](#)[The Mathematics Department at Trinity College is pleased to announce:](#)[Dynamics Days 2023](#)[January 9-11, 2023](#)[Held virtually via zoom \(hosted by Trinity College\)](#)

[Dynamics Days is an international conference on chaos and nonlinear dynamics, chaos, and its applications. Dynamics Days is an international conference on nonlinear dynamics, chaos and its applications. Talks will cover a broad range of topics, including fluid dynamics, biological systems, dynamics on networks, synchronization of nonlinear systems, and pattern formation.](#)

[Dynamics Days 2023 will be held remotely from Monday, January 9 to Wednesday, January 11, 2023. Invited speakers are:](#)

[Igor Belykh \(Georgia State University\)](#)
[Andrew Bernoff \(Harvey Mudd College\)](#)
[Josh Bongard \(University of Vermont\)](#)
[Jason Bramburger \(Concordia University\)](#)
[Steve Brunton \(University of Washington\)](#)
[Veronica Ciocanel \(Duke University\)](#)
[Cecilia Diniz Behn \(Colorado School of Mines\)](#)
[Laurent Hébert-Dufresne** \(University of Vermont\)](#)
[Chengcheng Huang \(University of Pittsburgh\)](#)
[Orit Peleg \(University of Colorado Boulder\)](#)
[Nancy Rodriguez \(University of Colorado\)](#)
[Theresa Saxton-Fox \(University of Illinois Urbana-Champaign\)](#)
[Jessica Shang \(University of Rochester\)](#)
[Francesco Sorrentino \(University of New Mexico\)](#)
[Dan Wilson \(University of Tennessee\)](#)
** Unconfirmed

[Abstract submissions are now open and will close at the deadline of Wednesday November 16, 2022.](#)

Dynamics Days US 2023 Schedule

All sessions held remotely via Zoom
I = Invited, C = Contributed, F = Flash, P = Poster

Monday, January 9				
8:50 AM	9:00 AM	Opening Remarks (Per Sebastian Skardal)		
9:00 AM	9:35 AM	I	Dan Wilson (University of Tennessee)	An adaptive isostable-coordinate-based framework for model identification and model order reduction of strongly perturbed dynamical systems
9:35 AM	9:55 AM	C	Maria Carmela Lombardo (University of Palermo)	Coherent structures in a chemotaxis model of acute inflammation
9:55 AM	10:15 AM	C	Ellie Mainou (Pennsylvania State University)	Investigating model alternatives for acute HIV infection
10:15 AM	10:45 AM	Coffee Break		
10:45 AM	11:20 AM	I	Josh Bongard (University of Vermont)	AI-designed computational metamaterials
11:20 AM	11:55 AM	I	Theresa Saxton-Fox (University of Illinois Urbana-Champaign)	Nonlinear interactions of coherent structures in wall-bounded turbulent flows
11:55 AM	12:15 PM	C	Niall Mangan (Northwestern University)	Model selection of chaotic systems from data with hidden variables using sparse data assimilation
12:15 PM	1:30 PM	Lunch Break		
1:30 PM	1:50 PM	C	David Campbell (Boston University)	The approach to equilibrium in the Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou (FPUT) problem
1:50 PM	2:25 PM	I	Orit Peleg (University of Colorado Boulder)	Living orbs of light: The math of firefly communication
2:25 PM	2:50 PM	F	Flash Session A (see below)	
2:50 PM	3:20 PM	Coffee Break		
3:20 PM	3:55 PM	I	Steve Brunton (University of Washington)	Machine learning for scientific discovery, with examples in fluid mechanics
3:55 PM	4:15 PM	C	Sara Clifton (St. Olaf College)	Modeling the public health impact of e-cigarettes on adolescents and adults
4:15 PM	5:00 PM	P	Poster Session A (see below)	

Wednesday, January 11				
8:55 AM	9:00 AM	Start of Day 3		
9:00 AM	9:35 AM	I	Laurent Hébert-Dufresne (University of Vermont)	Approximate master equations for contagion and group selection dynamics on higher-order networks
9:35 AM	9:55 AM	C	Giuliano Benenti (University of Insubria)	Inverse currents in coupled transport
9:55 AM	10:15 AM	C	Igor Franovic (Institute of Physics Belgrade)	Patched patterns and emergence of chaotic interfaces: a new paradigm in coupled excitable systems
10:15 AM	10:45 AM	Coffee Break		
10:45 AM	11:20 AM	I	Veronica Ciocanel (Duke University)	Parameter identifiability for PDE models of fluorescence microscopy experiments
11:20 AM	11:55 AM	I	Jessica Shang (University of Rochester)	Measuring viscosity of matter at extreme conditions
11:55 AM	12:15 PM	C	Aubrey Beal (The University of Alabama Huntsville)	Hands-on student engagement via simple and/or solvable chaotic experiments
12:15 PM	1:30 PM	Lunch Break		
1:30 PM	1:50 PM	C	Sam Zhang (University of Colorado Boulder)	The stochastic dynamics of faculty productivity
1:50 PM	2:25 PM	I	Nancy Rodriguez (University of Colorado Boulder)	Understanding protesting activity and trauma via mathematical models
2:25 PM	2:50 PM	F	Flash Session C (see below)	
2:50 PM	3:20 PM	Coffee Break		
3:20 PM	3:55 PM	I	Francesco Sorrentino (University of New Mexico)	Application of simultaneous block diagonalization of matrices to problems in nonlinear dynamics and controls
3:55 PM	4:15 PM	C	Bradly Alicia (OpenWorm Foundation)	Physical intelligence in development: Regulation of dynamic tension and sensing as intersecting networks
4:15 PM	4:25 PM	Closing Remarks		

Folders

Inbox (4779)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Invitation to minisymposium at SIAM Conference DS21**From** Rico Berner **To** Igor Franovic **Cc** rico.berner@physik.tu-berlin.de , Serhiy Yanchuk , Simona Olmi **Date** 2021-01-08 21:44

Dear Igor,

We hope this email finds you well!

Simona Olmi, Serhiy Yanchuk and I are planning to organize a minisymposium for the "SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems 2021" which is going to take place virtually. For further details please have a look at

<https://www.siam.org/conferences/cm/conference/ds21>. The topic of the minisymposium is "Adaptivity in networks and nonlinear systems", where we want to focus on inherent and external adaptive mechanism in real-world dynamical systems. See also the description of the minisymposium attached below. As your research is closely related to this topic, we would like to invite you to give a talk at the minisymposium.

We would be very happy if you would accept our invitation and contribute with a talk to the success of the minisymposium. Since the submission deadline is approaching (January 11, 2021), we would be very grateful if you would be able to respond soon (until 15:00 GMT, January 11, 2021) to this invitation about your acceptance and provide us with a preliminary title of your contribution. Each participant is asked to submit the final contribution by January 25, 2021 (<https://www.siam.org/conferences/cm/conference/ds21>). Please do not hesitate to reach out to us for any further questions.

Best regards,
Simona Olmi, Serhiy Yanchuk and Rico Berner

Title: Adaptivity in networks and nonlinear systems

Abstract: Adaptivity is an omnipresent mechanism in nature and the knowledge on its functioning provides powerful insights into the dynamics of real-world systems. One of the simplest forms of adaptation can be found in the synchronization of coupled dynamical units. Here, the dynamical players adapt their individual motion in order to get closer to the trajectory of the other. Such a dynamical set-up gives rise to an inherent form of adaptation. Complementing this, external forms of adaptation can be for instance found in systems of neurons with synaptic plasticity. In such systems, adaptation is explicitly expressed by dynamically changing synaptic weights between the neurons. This minisymposium invites all participants to discuss adaptivity induced phenomena from a general dynamical system perspective. Inspired by technology and nature, the speakers will discuss a plethora of dynamical systems in order to shed light on the complex interplay between adaptivity induced phenomena with noise, delay, and complex connectivity structures.

Organizers:

Simona Olmi (Inria Sophia Antipolis Méditerranée Research Centre, France, Instituto dei Sistemi Complessi, Sesto Fiorentino, Italy)

Serhiy Yanchuk (Institute of Mathematics, TU Berlin, Germany)

Rico Berner (Institute of Theoretical Physics and Institute of Mathematics, TU Berlin, Germany)

Folders

Inbox (4779)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject SIAM DS21 - Kind reminder**From** Rico Berner

eckehard Schoell , Petro Feketa , Christian Kuehn , Patrycja Jaros K13 ,

To Dmitry V. Kasatkin , Igor Franovic , Serhiy Yanchuk , Simona Olmi , Peter Tass , Ernest Montbrió , Oleksandr Popovych , Tilo Schwalger **Cc** rico.berner@physik.tu-berlin.de **Date** 2021-05-27 10:14

Dear all

Our minisymposium is going to start in about 30 min. You can access the virtual conference platform via <https://siamds21.vfairs.com/>

Our schedule:

Thursday, May 27, 4:45 AM - 6:45 AM

4:45-5:10 What Adaptive Neuronal Networks Teach us About Power Grids, Eckehard Schöll

5:15-5:40 Phase Clustering in Kuramoto Networks with Dynamic Coupling, Petro Feketa

5:45-6:10 Adaptive Epidemic Network Dynamics, Christian Kuehn

6:15-6:40 Complex Dynamics of Small Chimera States, Patrycja Jaros

Thursday, May 27, 8:00 AM - 10:00 AM

8:00-8:25 Non-Stationary Clusters in Network of Phase Oscillators with Non-Identical Laws of Coupling Adaptation, Dmitry V. Kasatkin

8:30-8:55 Switching Dynamics in Systems of Stochastic Excitable Units with Adaptive Couplings abstract, Igor Franovic

9:00-9:25 Frequency Cluster Formation and Slow Oscillations in Neural Populations with Plasticity abstract, Serhiy Yanchuk

9:30-9:55 Emergent Excitability in Populations of Non-Excitable Units, Simona Olmi

Thursday, May 27, 11:30 AM - 1:30 PM

11:30-11:55 Reshaping Adaptive Neural Networks for Therapeutic Purposes abstract, Peter A. Tass.

12:00-12:25 Exact Mean-Field Theory Explains the Dual Role of Electrical Synapses in Collective Synchronization, Ernest Montbrió

12:30-12:55 Impact of Brain Parcellation and Empirical Data on Modeling of the Resting-State Brain Dynamics, Oleksandr Popovych

1:00-1:25 Analyzing Cortical Variability in a Stochastic Neural Field Model with Refractoriness and Finite-Size Fluctuations, Tilo Schwalger

We are looking forward seeing you.

Best

Simona, Serhiy, Rico

Compose

Inbox 768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates 319

Forums

Promotions

More



Vladimir Nekorkin <nwp-1@ipfran.ru>
to me

Thu, Jun 3, 2021, 12:04 PM

Dear Professor Franovic,

It is our pleasure and a great honor to invite you to give a talk on the conference "Nonlinear Dynamics of Oscillatory Systems", that will be held on September 19-22, 2021, in Nizhny Novgorod, Russia. The conference is organized as a combined **on-line and off-line** event. Those who will have no opportunity to come in person can join it on ZOOM. We are pleased to inform the potential participants that **no registration fee** is required.

The conference will be dedicated to the recent progress in various fields of nonlinear dynamics, covering, but not limited to the topics of synchronization of complex systems and networks, dynamical systems with time delays, emergent patterns and chimera states, as well as dynamical networks in neuroscience and machine learning. The conference is organized by the Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences in Nizhny Novgorod within the framework of the International Symposium TOPICAL PROBLEMS OF NONLINEAR WAVE PHYSICS (NWP- 2021). This meeting is a continuation of the previous symposia NWP-2003, 2005, 2008, 2014, 2017 which attracted leading experts from around the world.

The registration and abstract submission is now open on the conference website:

<https://nwp2021.ipfran.ru/registration>.

Labels

International Symposium

TOPICAL PROBLEMS OF NONLINEAR WAVE PHYSICS (NWP-2021)

Nizhny Novgorod, Russia, 19–22 September, 2021

Nonlinear Dynamics of Oscillatory Systems
(NWP-1)

Extreme Photonics
(NWP-2)

Nonlinear Phenomena in the Atmosphere and Ocean
(NWP-3)

PROGRAM

Nizhny Novgorod
2021

Workshops

Russian-Chinese Workshop “Ultra Intense Laser Technology
and Intense Field Physics”

Nonlinear and Quantum Optics in Confined Systems

Electromagnetic Environment of the Earth

Young Scientists School
“High-power Sources of Electromagnetic Radiation
of the Terahertz, Optical and X-ray Ranges Based
on Photoinjector Complexes”

Young Scientists School
“Laser-plasma Sources of X-ray Radiation”

Organized by

Federal Research Center Institute of Applied Physics
of the Russian Academy of Sciences

Supported by

RF Ministry of Science and Higher Education
Agreements No. 075-15-2019-1892, No. 075-15-2020-906,
and No. 075-15-2021-633

Russian Science Foundation
Projects No. 21-72-30027 and No. 20-62-46050

Conference Chairs

NWP-1: Nonlinear Dynamics of Oscillatory Systems

Vladimir Nekorkin, *Institute of Applied Physics RAS, Russia*
Stefano Boccaletti, *CNR Institute of Complex Systems, Italy*

NWP-2: Extreme Photonics

Efim Khazanov, *Institute of Applied Physics RAS, Russia*
Björn Manuel Hegelich, *University of Texas at Austin, USA*

NWP-3: Nonlinear Phenomena in the Atmosphere and Ocean

Alexander Feigin, *Institute of Applied Physics RAS, Russia*
Evgeny Mareev, *Institute of Applied Physics RAS, Russia*
Colin Price, *Tel Aviv University, Israel*
Juergen Kurths, *Potsdam Institute for Climate Impact Research,
Humboldt University, Germany*

<https://nwp2021.ipfran.ru>

9.00–11.00 **Dynamics of biological systems**

[E. Volkov \(Russia\)](#). [The effect of characteristic times on collective modes of two quorum sensing coupled identical ring oscillators](#)

[A. Dmitriev \(Russia\)](#). [Interaction of microwave radiation with ensembles of biological objects](#)

[L. Lücken \(Germany\)](#). [Dynamic deep ocean: chaotic dynamics in a complex network model of organic compounds and microbial heterotrophs](#)

[K. Blyuss \(UK\)](#). [Dynamics of a predator-prey model with ratio dependence and Holling type III functional response](#)

[N. Stankevich \(Russia\)](#). [Hyperchaos in three repressilators coupled via quorum-sensing mechanism](#)

11.00–11.20 *Coffee break*

11.20–13.20 **Chimeras and patterns 2**

[R. Andrzejak \(Spain\)](#). [Fractal patterns and chimera states generated by a two-population network of quadratic maps](#)

[A. Polezhaev \(Russia\)](#). [Mathematical modeling of autowaves and inhomogeneous structures formation at a travelling reaction front](#)

[I. Franović \(Serbia\)](#). [Bumps, chimera states, and Turing patterns in systems of coupled active rotators](#)

[O. Omel'chenko \(Germany\)](#). [Chimera states that breathe and move](#)

[M. Rosenblum \(Germany\)](#). [Remote synchrony explained by high-order phase reduction](#)

13.30–14.30 *Lunch*

14.30–15.20 **Plenary Talk.** [Gerd Leuchs \(Germany\)](#) [Soliton quantum dynamics in a two mode fibre](#)

15.20–16.10 **Plenary Talk.** [Juergen Kurths \(Germany\)](#). [Quantifying stability in complex networks and its application to power grids](#)

16.10–16.30 *Coffee break*

16.30–17.20 **Plenary Talk.** [Björn Manuel Hegelich \(USA\)](#). [Study of isochorically heated warm dense carbon foam at the Texas Petawatt Laser](#)

17.20–17.50 Discussion

18.30–21.30 Round table

Compose

Inbox 768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates 319

Forums

Promotions

More

Labels

SFB Symposium on 29.10.2021 Inbox x



Anna Mandel-Zakharova <anna.zakharova@tu-berlin.de>
to me, Henning

Mon, Oct 11, 2021, 1:46 PM

Dear Igor,

Thank you again for accepting our invitation to speak in the SFB 910 Symposium on 29.10.2021.

Please could you send us the title and the abstract of your talk?

Best regards

Anna



Igor Franovic

Wed, Oct 13, 2021, 10:43 AM

Dear Anna, please find attached the title and the abstract of my talk. Sorry for a bit of delay with the response, I've been thinking a bit on what precisely to



Compose

Inbox 768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates 319

Forums

Promotions

More

Labels

Invitation to the Symposium of SFB 910: Dynamical patterns in complex networks, 29.10.2021 Inbox ✕



Reinken, Henning <henning.reinken@itp.tu-berlin.de>

Fri, Oct 15, 2021, 4:02 PM

to wm.sfb910@itp.tu-berlin.de, sh.sfb910@itp.tu-berlin.de, events.sfb910@itp.tu-berlin.de, tpl.sfb910@itp.tu-berlin.de

Dear Madam, dear Sir,

We cordially invite you to join our online symposium

"Dynamical patterns in complex networks"

on **Friday, October 29, 2021, 15:00.**

The event will take place via Zoom:

<https://tu-berlin.zoom.us/j/63134639399?pwd=U2FRYlplM1JCdzNTeHlsRmdFQmhSQ09>

Meeting-ID: 631 3463 9399

Kenncode: 019910

Compose

Inbox

768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates

319

Forums

Promotions

More

Labels



Vladimir Klinshov

to bcc: me

Tue, Sep 29, 2020, 11:26 AM

Dear colleagues,

Thank you for your agreement to take part in our Minisymposium "Nonlinear dynamics of oscillatory systems", organized within the framework of the 1st Online Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity (<http://ndc.lhscientificpublishing.com/>). Currently, the organizers of the conference ask the speakers to do two things:

1) Please, sign the attached recording agreement for ("copyright" for allocating your presentation on the conference website) and send it to me. This we ask you to do ASAP.

2) Please record your video presentation and upload it to the web, see the instructions below. This should be done **by November 2**. As we were told by the organizers, this is done in order to make sure that the participants with weak internet connection will be able to see the presentations. A bit strange decision, it seems like during the session we will watch each others videos and then ask questions...

Best wishes,
Vladimir

----- Forwarded message -----

From: **Dimitri Volchenkov** <dr.volchenkov@gmail.com>

Date: Mon, Sep 28, 2020 at 1:59 AM

Folders

Inbox (4779)

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Invitation for TINKOS 2019 invited lecture**From** Velimir Ilić **To** franovic@ipb.ac.rs **Cc** mitrovic@ipb.ac.rs , v **Date** 2019-09-19 19:22**Priority** Normal

MATHEMATICAL INSTITUTE OF THE SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

INSTITUTE OF PHYSICS BELGRADE

Dr. Igor Franović
Institute of Physics Belgrade
Pregrevica 118
11080 Belgrade, Serbia

Dear Dr. Franović,

We would like to invite you as an invited lecturer to the 7th Conference on Information Theory and Complex Systems (TINKOS 2019, <http://www.tinkos.ac.rs/>). TINKOS 2019 will be held at the Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia, from October 15-16, 2019.

TINKOS is an interdisciplinary event which deals with advanced topics in information theory and complex systems, including complex networks, non-linear dynamics, bioinformation systems, geophysics and machine learning. The conference topics are related to both theory and practice, with the aims of gathering the researchers and development of a scientific network for growing and sharing of knowledge, ideas and scientific enthusiasm.

Your participation and invited lecture would be great and very valuable for TINKOS 2019, our groups and us, and we could establish new collaborations and discuss further research.

If we could list you as an invited speaker, this would certainly help us for attracting further lecturers and participants and build a stronger community of researchers working on problems in the theory of information and complex systems. We would appreciate if you could send us a tentative title or subject of your talk at your earliest convenience, as this would be very helpful for our planning the conference sessions.

We sincerely hope that you can accept our invitation.

Please answer or decline our invitation by replying to this email by September 23th.

TINKOS is registration free event. Due to limited budget we are normally not able to participate in your travel expenses but we will cover the costs related to the venue and organization during the conference.

Best wishes,

Program Committee Chair, TINKOS 2019
Velimir Ilić
Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts
Kneza Mihaila 36
11001 Belgrade, Serbia

Organizing Committee Chair, TINKOS 2019

Invited Speakers

Home

Topics

Committees

Invited Speakers

Program

Abstract Submission

Local Information

Contact

Aleksandra Alorić

Institute of Physics Belgrade, Serbia

Title: Market fragmentation and market consolidation as emergent properties in systems of adaptive traders and double auction markets

Michał Bejger

Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences, Poland

Title: Applications of Machine Learning in Gravitational-wave Astrophysics

Elsa Dupraz

IMT Atlantique, Brest, France

Title: Energy-Efficient Machine Learning Algorithms

Igor Franović

Institute of Physics Belgrade, Serbia

Title: Macroscopic dynamics in heterogeneous assemblies of excitable and oscillatory units

Vladimir Jaćimović

Faculty of Science and Mathematics, University of Montenegro, Montenegro

Title: Geometry of the Kuramoto model and its extensions: towards the theory of collective motions on manifolds

Jasmina Jeknić-Dugić

Faculty of Science and Mathematics, University of Niš, Serbia

Title: On the stability of the quantum Brownian rotator

Ljupčo Kocarev





Invited Speakers

Invited Speakers at National Symposium on Condensed Matter Physics

- Marco Aprili, PS-CNRS Université Paris-Sud, France
- Stefano Baroni, Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Italy
- Wolfgang Belzig, University of Konstanz, Germany
- Emil Božin, Brookhaven National Laboratory, USA
- Harald Brune, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland
- Liviu Chioncel, University of Augsburg, Germany
- Gyula Eres, Oak Ridge National Laboratory, USA
- Laszlo Forro, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland
- Rudi Hackl, Walther Meissner Institute, Germany,
- Igor Herbut, Simon Fraser University, Canada
- Kurt Hingerl, Johannes Kepler University, Linz, Austria
- Liv Hornekaer, Aarhus University, Denmark
- Zoran Ikonić, University of Leeds, UK
- Vladimir Juričić, Nordita, KTH Royal Institute of Technology and Stockholm University, Sweden
- Miloš Knezevic, Berlin Institute of Technology, Germany
- Hechang Lei, Renmin University
- Marjana Ležaić, Forschungszentrum Jülich, Germany
- Zoran Mišković, University of Waterloo, Canada
- Danilo Nikolić, Universität Konstanz, Konstanz, Germany
- Francois Peeters, University of Antwerp, Belgium
- Maria Peressi, University of Trieste, Italy
- Cedomir Petrovic, Brookhaven National Laboratory, USA
- Hyejin Ryu, Korea Institute of Science and Technology
- Milan Radović, Paul Scherrer Institute, Switzerland
- Nicolas Regnault, Ecole Normale Supérieure Paris, France
- Rastko Sknepnek, University of Dundee, UK

Conference photo



Latest news

[Conference photo](#)

October 8, 2019

Please join us at Wednesday at 13.30h in front of the SASA building for conference photo.

[Changes in the program](#)

October 6, 2019

Please note changes in the program for Monday morning session and Tuesday afternoon session.

[Book of Abstracts is online](#)

October 2, 2019

Book of abstracts is online!

[PROGRAM IN ONLINE!](#)

September 20, 2019

Preliminary schedule for SCMP conference is online!

[Participation fee in cash](#)

August 15, 2019

- Frank Steglich, MPICPFS Dresden and Zhejiang University
- Bosiljka Tadić, Jožef Štefan Institute, Slovenia
- Jack Tuszynski, University of Alberta, Canada
- Dieter Vollhardt, University of Augsburg, Germany
- Rok Zitko, Jožef Štefan Institute, Slovenia
- Qingming Zhang, Lanzhou University and Institute of Physics, Chinese Academy of Science
- Vladimir Damljanović, Institute of Physics Belgrade
- Marija Mitrović-Dankulov, Institute of Physics Belgrade
- Saša Dmitrović, Faculty of Physics, University of Belgrade
- Vladimir Đoković, Institute of Nuclear Sciences Vinca, Belgrade
- **Igor Franović, Institute of Physics Belgrade**
- Sanja Janičević, Institute of Physics Belgrade
- Zorica Konstantinović, Institute of Physics Belgrade
- Nenad Lazarević, Institute of Physics Belgrade
- Aleksandar Matković, Institute of Physics, Montanuniversität Leoben, Austria
- Ivana R. Milošević, Institute of Physics Belgrade
- Ivanka Milošević, Faculty of Physics, University of Belgrade
- Milica Milovanović, Institute of Physics Belgrade
- Jovan Odavić, Institut für Theorieder Statistischen Physik, RWTH Aachen University
- Marko Petrović, Department of Physics & Astronomy, University of Delaware
- Igor Popov, Institute for Multidisciplinary Research, Belgrade
- Miloš Radonjić, Institute of Physics Belgrade
- Milan Rajković, Institute of Nuclear Sciences Vinca, Belgrade
- Marko Spasenović, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy (IHTM),
- Đorđe Spasojević, Faculty of Physics, University of Belgrade
- Borislav Vasić, Institute of Physics Belgrade
- Jakša Vučićević, Institute of Physics Belgrade

Everyone having issues with payment from abroad can pay participation fee in cash at conference opening (payment confirmation will be provided on-site).

Conference Poster



Compose

Inbox 768

Snoozed

Important

Sent

Drafts

Spam

Categories

Social

Updates 319

Forums

Promotions

More

Labels



to me, Laura

Dear Igor

Attached you can find the first announcement of our workshop in November; see also the workshop web-page at <http://wias-berlin.de/workshops/dcos18/>

Please, help us to distribute this information to anybody who might be interested!

REGISTRATION:

Please, use the online registration form at <http://wias-berlin.de/workshops/dcos18/registration.jsp> to submit the data about your participation. For you as an invited speaker, the conference fee will be waived and you can just ignore the payment request of the online registration system.

For any questions, please do not hesitate to contact me or our secretary Laura Wartenberg <laura.wartenberg@wias-berlin.de>

We are looking forward to meet you in November at WIAS!

Kind regards, Matthias Wolfrum

International Workshop: Dynamics of Coupled Oscillator Systems November 19 - 21, 2018 – Berlin

[Main Page](#) [Location](#) [Registration](#) [Important Dates](#) [Accommodation](#) [Program](#) [Contact/Downloads](#)

The dynamics of coupled oscillators plays an important role in a variety of systems in nature and technology. Their ability to display complex self-organized dynamical phenomena makes them an important tool to explain fundamental mechanism of emergent dynamics in coupled systems. Beyond the classical synchronization paradigm, the workshop will cover pattern formation, signal propagation, complex network structures, stochastic phenomena, and extensive chaos in oscillator systems. The workshop is intended to discuss recent theoretical approaches from dynamical systems theory, statistical physics, and stochastics, as well as applications in various fields of science.

Invited Speakers

- > I. Belykh (Atlanta)
 - > I. Franović (Belgrade)
 - > V. Klinshov (Nizhny Novgorod)
 - > K. Krischer (Munich)
 - > S. Olmi (Sophia Antipolis)
 - > O. Omel'chenko (Berlin)
 - > D. Pazó (Santander)
 - > T. Pereira (Sao Paulo)
 - > A. Pikovsky (Potsdam)
 - > O. Popovych (Jülich)
-

Organizers

M. Wolfrum (WIAS Berlin)
S. Yanchuk (TU Berlin)

Program

Lectures are scheduled from Monday morning until Wednesday afternoon. Apart from the invited talks, there will be a limited number of contributed talks and a poster session on Monday evening.

Workshop dinner

The Workshop dinner will take place on **Tuesday November 20, 2018**.

Supported by



SFB910



IRTG 1740

Organized by



Weierstrass Institute (WIAS)

Folders
[Inbox \(4779\)](#)
[Drafts](#)
[Sent](#)
[Junk](#)
[Trash](#)
Subject PhysCon 2019 Important Announcement
From Zakharova, Anna

To Ekehard Schöll, Jürgen Kurths, Ulrike Feudel, Lüdge, Kathy, Serhiy Yanchuk, w.just@qmul.ac.uk, franovic@ipb.ac.rs, o.dhuys@aston.ac.uk

Cc Vladimir Klinshov

Date 2019-02-08 13:08

Dear Speakers of the minisymposium "Dynamics and control of systems with time delays",

The conference PhysCon 2019 is transferred from Saratov to Innopolis city located near Kazan, Republic of Tatarstan, Russia. The dates of the conference remain the same: 8-11 July 2019.

For more information, please see the official message from the organizers below and visit the new website: <http://physcon2019.innopolis.university>

We would be grateful if you could confirm your participation in the conference taking the new location into account. Please let us know by March 1, 2019.

We apologize for this inconvenience and hope you can participate!

Best regards,
Anna and Vladimir

--

Dr. Anna Zakharova
Principal Investigator SFB 910
Technische Universität Berlin
Institut für Theoretische Physik
Skr. EW 7-1
Hardenbergstr. 36
10623 Berlin, Germany

Tel: +49-30-314-28948 Fax: +49-30-314-21130
email: anna.zakharova@tu-berlin.de

Von: Physcon 2019 <physcon2019@innopolis.ru>
Gesendet: Montag, 4. Februar 2019 16:16
An: vladimir.klinshov@gmail.com; Zakharova, Anna
Betreff: PhysCon Important Announcement

Dear Dr. Anna Zakharova and Dr. Vladimir Klinshov,

We have an important announcement concerning The 9th International Scientific Conference on Physics and Control (PhysCon 2019).

Due to technical reasons the conference is transferred to Innopolis University (Innopolis city)

Message 10092 of 16152

Folders
[Inbox \(4779\)](#)
[Drafts](#)
[Sent](#)
[Junk](#)
[Trash](#)
Subject AW: Invitation to mini-symposium
From Zakharova, Anna 
To Igor Franovic , Vladimir Klinshov 
Date 2018-10-23 17:41

Dear Igor,
Great! Thank you for your reply.
Looking forward to meeting you in Saratov,
Anna

--

Dr. Anna Zakharova
Principal Investigator SFB 910
Technische Universität Berlin
Institut für Theoretische Physik
Sekt. EW 7-1
Hardenbergstr. 36
10623 Berlin, Germany

Tel: +49-30-314-28948 Fax: +49-30-314-21130
email: anna.zakharova@tu-berlin.de

Von: Igor Franovic <franovic@ipb.ac.rs>
Gesendet: Montag, 22. Oktober 2018 16:09
An: Vladimir Klinshov
Cc: Zakharova, Anna
Betreff: Re: Invitation to mini-symposium

Dear Vladimir and Anna,

thank you for your kind invitation. I would be most pleased to participate at the mini-symposium you organize in Saratov.

Best regards,
Igor

On 2018-10-10 13:00, Vladimir Klinshov wrote:

Dear Prof. Franovic,

We are organizing a mini-symposium titled

"DYNAMICS AND CONTROL OF SYSTEMS WITH TIME DELAYS"

at the 9th International Conference on Physics and Control (PHYSCON 2019).

The conference will be held in SARATOV, RUSSIA FROM JULY 8 TILL JULY 11, 2019.

We are writing to ask whether you would be willing to present an invited talk at this mini-symposium. Please let us know as soon as possible, but not later than OCTOBER 31.

Please find below the abstract of the mini-symposium. More information on the conference is available here:

<http://physcon2019.scfu.ru/>

Conference proceedings

PhysCon2019

The 9th International Scientific Conference
on Physics and Control



Neuroscience
and Cognitive
Technology Lab

Demenev Maxim ARDUINO-BASED INVESTIGATION OF HYSTERESIS IN POLYMER FLEX SENSOR.....	60
Denisov Igor, Sonin Alexander SEISMIC-ACOUSTIC SIGNAL GENERATION MODEL FROM FIBEROPTICAL MEASURING LINES FOR NEURAL-LIKE CLASSIFIER...	63
Dmitrichev Aleksei, Nekorkin Vladimir STRUCTURAL STABILITY OF CHIMERA STATES CLONING IN A LARGE NON-STATIONARY COUPLED TWO-LAYER MULTIPLEX NETWORK OF BISTABLE RELAXATION OSCILLATORS.....	66
Eremin E. L., Shelenok E. A. SIMULATION MODELING OF THE DECENTRALIZED ROBUST-PERIODIC CONTROL SYSTEM FOR MANIPULATOR WITH INPUT CONSTRAINTS.....	72
Erofeeva Victoria, Granichin Oleg, Len Irina SPARSITY-PROMOTING SENSOR SELECTION IN MULTI-TARGET TRACKING PROBLEM.....	78
Erofeeva Victoria, Galyamina Vasilisa, Grani Oleg, Gonta Kseniya, Leonova Anna, Pankov Vikentiy, Tursunova Munira, Ding Mingyue, Yuchi Ming, Fang Xiaoyue DETECTION OF SPECIFIC AREAS WITH ULTRASOUND TOMOGRAPHY.....	84
Franovi'c Igor, Klinshov Vladimir EMERGENCE OF COLLECTIVE OSCILLATIONS IN ASSEMBLIES OF STOCHASTIC ACTIVE ELEMENTS WITH COUPLING DELAY.....	90
Gaiko Valery A. LIMIT CYCLES OF A TOPP SYSTEM.....	96
Garc'ia-Planas M. Isabel ANALYZING CONTROLLABILITY AND OBSERVABILITY OF MULTI- AGENT LINEAR SYSTEMS.....	100
Gordleeva Susan, Kanakov Oleg, Zaikin Alexey GARBAGE INDUCED MODEL OF INFLAMMAGING PROPAGATION....	104

EMERGENCE OF COLLECTIVE OSCILLATIONS IN ASSEMBLIES OF STOCHASTIC ACTIVE ELEMENTS WITH COUPLING DELAY

Igor Franović

Scientific Computing Laboratory,
Center for the Study of Complex Systems,
Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade,
Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia
franovic@ipb.ac.rs

Vladimir Klinshov

Institute of Applied Physics
of the Russian Academy of Sciences
46 Ulyanov Street, 603950 Nizhny Novgorod, Russia
vladimir.klinshov@ipfran.ru

Abstract

Characterizing scenarios inducing collective oscillations in assemblies of active elements influenced by coupling delays and noise is an important problem, which becomes especially intricate for assemblies of excitable units or heterogeneous assemblies of excitable and self-oscillating units. We investigate this problem for two paradigmatic examples of populations comprising Type I or Type II excitable units. The first example concerns a *heterogeneous* population of active rotators in the excitable or the rotating regime. The delay-free noiseless case is analyzed within Ott-Antonsen framework, demonstrating that with increasing diversity, the collective mode emerges via SNIPER bifurcation, whereas its suppression is due to Hopf bifurcation, reflecting a Kuramoto-type transition. We numerically examine how this scenario is modified in presence of delay and noise, showing the delay to have a stabilizing effect on the stationary state. Our second example concerns an assembly of stochastic identical FitzHugh-Nagumo units in excitable regime. Stability of equilibrium and the bifurcations leading to the onset or suppression of collective oscillations are qualitatively analyzed by a mean-field model based on cumulant approach. While equilibrium stability is typically affected by a sequence of delay-controlled supercritical and subcritical Hopf bifurcations, we also identify non-trivial bistable regimes emerging via delay- or noise-controlled fold-cycle bifurcations.

Key words

excitability, coupling delay, noise, collective mode, reduction methods

1 Introduction

The systems of active elements where the combined, rather than the separate action of coupling delays and noise should be taken into account are quite common,

with the most prominent examples concerning neuroscience and other biologically inspired models. In terms of the onset of collective mode, the interplay of noise and coupling delays becomes especially intricate if one considers assemblies of excitable, rather than the self-oscillating units or heterogeneous assemblies, comprised of both the excitable and the oscillating units. For such scenarios, the local and collective dynamics typically involve competition between the delay-driven and the noise-induced oscillation modes.

In this study, we analyze the emergence of collective oscillations for two paradigmatic examples of assemblies including Type I or Type II excitable units. In the first case, we consider a heterogeneous population of Type I active elements, given by the model of active rotators with diversity introduced through distribution of intrinsic frequencies, such that the units lie in the excitable or the rotating regime. The delay- and noise-free case is analyzed within the Ott-Antonsen framework, and then it is numerically investigated how the obtained scenario is modified in presence of noise and coupling delay. In the second case, we consider an assembly of stochastic type II active elements, where the local dynamics is represented by the FitzHugh-Nagumo model in the excitable regime. The stability of the stationary state, as well as the bifurcations giving rise to collective oscillations or their suppression are qualitatively analyzed within the framework of a mean-field (MF) model, based on cumulant approach complemented by the Gaussian closure hypothesis. Applying this reduction technique, the description of collective dynamics is reduced to a system of just five delay-differential equations, where the noise intensity plays the role of an additional bifurcation parameter. We carry out the bifurcation analysis of the MF model, determining the local and global bifurcation that influence the onset and the suppression of the collective modes.

2 Onset of collective mode in a heterogeneous assembly of active rotators

As the first paradigmatic example concerning how the interplay of excitability, coupling delay and noise affects the onset of the collective mode, we consider a heterogeneous population of N globally coupled active rotators whose dynamics is given by

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_i(t) &= \omega_i - a \sin \theta_i(t) - \frac{K}{N} \sum_j \sin(\theta_i(t) - \\ &\theta_j(t - \tau) + \alpha) + \sigma \eta_i(t), i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

where $\theta_i \in S^1$, while a denotes the non-isochronicity parameter. The interactions are assumed to be identical across the population, and are characterized by the coupling strength K , the coupling phase-lag α and the coupling delay τ . Diversity is introduced via non-uniformity of natural frequencies ω_i , which are distributed according to a probability density function $g\omega$, whereby $\int_{-\infty}^{\infty} g(\omega) d\omega = 1$. In terms of local dynamics, ω_i constitutes the bifurcation parameter, such that an isolated unit lies in the excitable regime for $|\omega_i| < a$, whereas it undergoes a SNIPER bifurcation toward oscillatory regime at $|\omega_i| = a$. The units are subjected to independent white Gaussian random forces η_i ($\langle \eta_i(t) \rangle = 0$, $\langle \eta_i(t) \eta_j(t) \rangle = 2\delta_{ij} \delta(t - t')$), characterized by the intensity σ^2 .

We investigate the collective dynamics of the assembly first in the delay- and noise-free case $\tau = \sigma = 0$ within the Ott-Antonsen framework [?; ?], and then numerically examine how the obtained bifurcation scenario is modified in the presence of noise and coupling delay. Focusing on the delay- and noise-free case, let us introduce the Kuramoto order parameter

$$R(t) = r(t) e^{i\Psi(t)} = \frac{1}{N} \sum_j e^{i\theta_j(t)}, \quad (2)$$

such that (1) can be rewritten as

$$\dot{\theta}_i = \omega_i - \frac{a}{2i} (e^{i\theta_i} - e^{-i\theta_i}) + \frac{K}{2i} (R e^{-i(\theta_i + \alpha)} - \bar{R} e^{i(\theta_i + \alpha)}). \quad (3)$$

In the thermodynamic limit $N \rightarrow \infty$, the state of the system can be described by the probability density function $f(\theta, \omega, t)$, which gives the relative number of oscillators whose phases and frequencies are $\theta_i \approx \theta$, $\omega_k \approx \omega$. Conservation of oscillators then implies the continuity equation of the form

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \theta} (fv) = 0, \quad (4)$$

where the velocity is defined as

$$v(\theta, \omega, t) = \omega - \frac{a}{2i} (e^{i\theta} - e^{-i\theta}) + \frac{K}{2i} (R e^{-i(\theta + \alpha)} - \bar{R} e^{i(\theta + \alpha)}). \quad (5)$$

Note that the Kuramoto mean field in the thermodynamic limit is given by

$$R(t) = \int_{-\infty}^{\infty} d\omega \int_0^{2\pi} f(\theta, \omega, t) e^{i\theta} d\theta, \quad (6)$$

whereas the normalization condition for the probability distribution is $\int_0^{2\pi} f(\theta, \omega, t) d\theta = g(\omega)$.

According to Ott-Antonsen Ansatz [?; ?], the long-term dynamics of the continuity equation (4) tends to settle on a particular manifold of the form

$$f(\theta, \omega, t) = \frac{1}{2\pi} \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\bar{z}^n(x, t) e^{in\theta} + z^n(x, t) e^{-in\theta} \right] \right), \quad (7)$$

where the complex amplitude z satisfies the Ott-Antonsen equation

$$\frac{dz}{dt}(\omega, t) = i\omega z + (1 - z^2) \frac{a}{2} + \frac{K}{2} R e^{-i\alpha} - \frac{K}{2} \bar{R} e^{i\alpha} z^2. \quad (8)$$

Note that $z(\omega, t)$ should be interpreted as the frequency-dependent *local order parameter*, in a sense that it quantifies the synchrony of oscillators whose intrinsic frequencies $\theta_i \approx \omega$ lie within a $d\omega$ interval around the given frequency ω .

Our first goal is to investigate the solutions for which the Kuramoto mean field $R = r e^{i\Psi}$ is constant, obtaining the microscopic structure of the stationary state and the associated self-consistency condition. In the next stage, we will show the results of the bifurcation analysis on stability of the stationary state of (8), analyzing the scenarios that lead to the onset and the suppression of the collective mode. Proceeding with the first stage, one inserts the assumption $z(\omega, t) = \rho(\omega, t) e^{i\phi(\omega, t)}$, which ultimately leads to

$$\begin{aligned} \dot{r} &= \frac{B}{2} (1 - r^2) \cos \phi, \\ r \dot{\phi} &= \omega r - \frac{B}{2} (1 + r^2) \sin \phi, \end{aligned} \quad (9)$$

where we introduced the notation

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{a^2 + \kappa^2 \rho^2 + 2a\kappa\rho \cos(\psi - \alpha)}, \\ \beta &= \arctan \frac{\kappa\rho \sin(\psi - \alpha)}{a + \kappa\rho \cos(\psi - \alpha)}, \\ \phi &= \varphi - \beta. \end{aligned} \quad (10)$$

From (9), one finds that B plays the role of macroscopic excitability parameter, as the active rotators split into two groups: (i) group comprised of rotators in the excitable regime, whose intrinsic frequencies satisfy $|\omega| < B$, and (ii) group consisting of rotating units, whose intrinsic frequencies satisfy $|\omega| > B$. For

$|\omega| < B$, the system has two steady states, whereby the stable one is given by

$$\begin{aligned} r^*(\omega) &= 1, \\ \phi^*(\omega) &= \arcsin \frac{\omega}{B}, \end{aligned} \quad (11)$$

whereas for $|\omega| > B$, the only steady state is

$$\begin{aligned} r^*(\omega) &= \frac{|\omega|}{B} - \sqrt{\frac{\omega^2}{B^2} - 1} \\ \phi^*(\omega) &= \frac{\pi}{2} \operatorname{sgn} \omega. \end{aligned} \quad (12)$$

The self-consistency equation associated to the solution (??) can readily be obtained by invoking the continuum form of the Kuramoto mean-field

$$R = \mathcal{G}z = \int_{-\infty}^{\infty} g(\omega) z(\omega) d\omega. \quad (13)$$

Inserting (11) and (12) into (13) and separating for the real and the imaginary part, one ultimately obtains the self-consistency equation for the macroscopic excitability parameter B of the form

$$\begin{aligned} f(B) = B^2 - a^2 - 2\kappa(f_1(B) \sin \alpha + f_2(B) \cos \alpha) + \\ \kappa^2 \frac{f_1^2(B) + f_2^2(B)}{B^2} = 0, \end{aligned} \quad (14)$$

where

$$\begin{aligned} f_1(B) &= \bar{\omega} - \int_{|\omega| > B} d\omega g(\omega) \omega \sqrt{1 - \frac{B^2}{\omega^2}}, \\ f_2(B) &= \int_{|\omega| < B} d\omega g(\omega) \sqrt{B^2 - \omega^2}. \end{aligned} \quad (15)$$

The results obtained so far hold for an arbitrary frequency distribution $g(\omega)$. Nevertheless, in the remainder, we confine our analysis to a particular case of the frequency distribution $g(\omega)$ taken to be uniform on a bounded interval $\omega \in [\omega_1, \omega_2]$ [1]:

$$g(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < \omega_1, \\ \gamma, & \omega_1 < \omega < \omega_2, \\ 0, & \omega > \omega_2, \end{cases} \quad (16)$$

with $\gamma = 1/(\omega_2 - \omega_1)$. This distribution is characterized by an average $\bar{\omega} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ and the variance $\Delta = \omega_2 - \omega_1$. For the given $g(\omega)$, we have carried out the stability and bifurcation analysis of the Ott-Antonsen equation (8), considering its linearization around the corresponding stationary solution (??). The control parameters are taken to be the cumulants of the

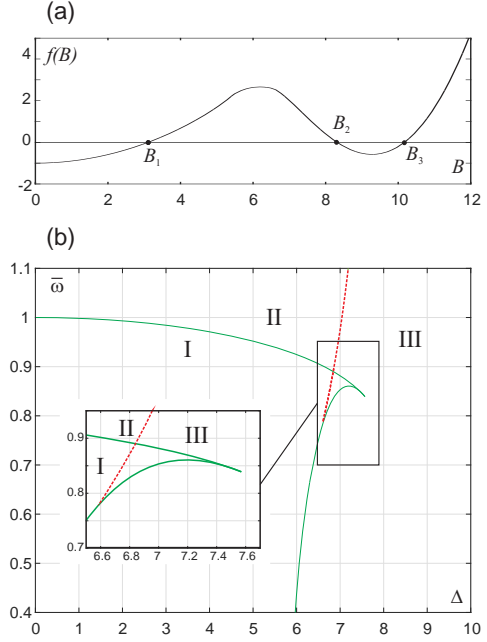


Figure 1. (a) Solutions of the self-consistency equation (14) for B . The parameters are: $a = 1$, $\kappa = 5$, $\alpha = 0$, $\bar{\omega} = 0.8$ and $\Delta = 4$. (b) Bifurcation diagram constructed from (??) for $a = 1$, $\kappa = 5$, $\alpha = 0$. Green solid lines correspond to saddle-node bifurcations, whereas red dashed line indicates Hopf bifurcation.

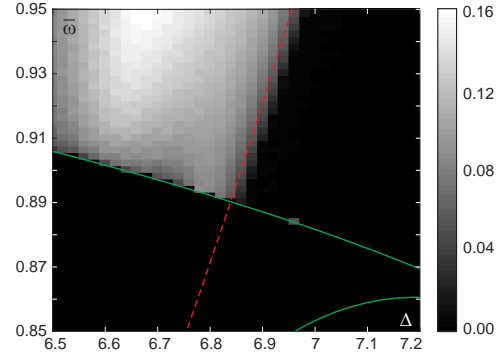


Figure 2. Variance ξ in terms of Δ and $\bar{\omega}$ for $a = 1$, $\kappa = 5$, $\alpha = 0$. Superimposed are the analytically determined bifurcation curves from Fig. 1(b).

frequency distribution, $\bar{\omega}$ and Δ , whereas the remaining parameters are kept fixed. It is convenient to interpret the results of bifurcation analysis in terms of the solutions of the self-consistency equation (14) for the macroscopic order parameter B [1]. In particular, a typical form of function $f(B)$ is shown in Fig. 1(a). Depending on the system parameters, it may possess either one of three roots $B_1 < B_2 < B_3$, each corresponding to a stationary solution of (??). Under variation of $\bar{\omega}$ and Δ , there may occur two saddle-node bifurcations, corresponding either to the collision of B_1 and B_2 or B_2 and B_3 . The two branches of folds (green solid lines) meet at the cusp point, corresponding to the pitchfork bifurcation, see Fig. 1(b). The stability analysis showed that the state B_3 is always stable, whereas B_2 is always unstable. At the other hand, the state B_1 may change stability via the Hopf bifurcation, indicated in Fig. 1(b) by the red dashed line. The bifurca-

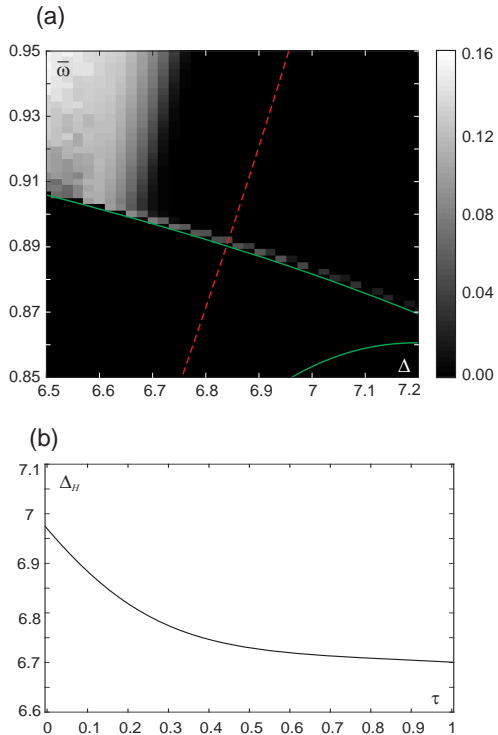


Figure 3. Field $\xi(\bar{\omega}, \Delta)$ in the presence of coupling delay $\tau = 0.5$. The remaining parameters are $a = 1$, $\kappa = 5$, $\alpha = 0$. Superimposed are the analytically determined bifurcation curves for the delay-free case from Fig. 1(b).

tion curves divide the (ω, Δ) parameter plane into three regions, corresponding to (I) the global *rest state*, (II) the *synchronous state* and (III) the *asynchronous state* [1]. We have used numerical simulations to investigate the associated regimes of collective dynamics, having characterized them in terms of the time-averaged variance of the mean-field $\xi = \sqrt{\langle R^2 \rangle - \langle R \rangle^2}$, cf. Fig. 2. For region I, one finds that none of the units are oscillatory, but due to the coupling, the resting state of each unit is shifted with respect to its position in the uncoupled case, with the respective shifts of units being different as a consequence of diversity. At the boundary between regions I and II, the system undergoes a SNIPER bifurcation, which gives rise to long-period oscillations of the mean field. Then all the oscillators are phase-locked and make synchronous revolutions around the circle, which induces sharp periodic beats of the mean field. As the diversity Δ increases further, more and more units lose entrainment, getting unlocked from the synchronized cluster. In region III, the synchronization is completely lost, and all the units are asynchronous, having some of the units oscillating while the others are at rest. The transition to the asynchronous state conforms to the Kuramoto scenario and is reflected by the Hopf bifurcation of the mean field. In order to study how the bifurcation scenario described above is modified in presence of coupling delay and noise, we have carried out extensive simulations for the assembly of $N = 10^4$ units. In particular, the effect of including the coupling delay is observed in Fig. 3, where the field $\xi(\omega, \Delta)$ for the delay $\tau = 0.5$ is com-

pared to the bifurcation curves for the *delay-free* case $\tau = 0$. The coupling delay does not influence the coordinates of the steady state, so the two saddle-node curves are unaffected by the coupling delay. Nevertheless, the Hopf bifurcation curve effectively gets shifted toward smaller diversity, which indicates that the delay may stabilize the systems steady state, thereby suppressing the global mean field oscillations. The dependency of the critical diversity Δ_H for which the Hopf bifurcation takes place against the coupling delay τ is plotted in Fig. 3(b) for $\bar{\omega} = 0.88$. In contrast to the effect of coupling delay, one finds that the noise mostly influences the location of the saddle-node bifurcation, as the noise is capable exciting some of the units from stationary to the oscillatory regime. This effect of noise may on the average seen as an effective increase of $\bar{\omega}$.

3 Onset of collective mode in an assembly of Type II excitable units

As a second example concerning an intricate interplay between excitability, coupling delay and noise with respect to the onset of the collective mode, we consider an *homogeneous* assembly of N Type II active elements whose local dynamics is given by the FitzHugh-Nagumo model:

$$\begin{aligned} \epsilon dx_i &= (x_i - x_i^3/3 - y_i)dt + \frac{c}{N} \sum_{j=1}^N (x_j(t - \tau) - x_i)dt \\ dy_i &= (x_i + b)dt + \sqrt{2D}dW_i, i = 1, \dots, N, \end{aligned} \quad (17)$$

From the neuroscience point of view, x_i and y_i are supposed to describe the dynamics of the neuronal membrane potential and the ion-gating channels, respectively, whereby the smallness of the parameter $\epsilon = 0.01$ reflects the timescale separation between the fast (activator) variables x_i and the slow (recovery) variables y_i . Classical results from singular perturbation theory show that the deterministic local dynamics undergoes a supercritical Hopf bifurcation at $b = 1$ such that for decreasing b a branch of small-amplitude oscillations of period $\mathcal{O}(\sqrt{\epsilon})$ appears. Then, for $b = b_c \approx 1 - \epsilon/8$, there is a rapid transition to large-amplitude relaxation oscillations of period $\mathcal{O}(1)$. In terms of neuroscience, the succession of states observed for decreasing excitability parameter b corresponds to the transition from the quiescent state to the spiking regime via subthreshold oscillations. In the following, the local dynamics is set to excitable regime $b = 1.05$. Each unit is affected by the *intrinsic* white noise of intensity D , such that the respective increments of the Wiener process dW_i between the units are independent ($E(dW_i) = 0$, $E(dW_i dW_j) = \delta_{i,j} dt$). The units are coupled in the all-to-all fashion, with the interactions characterized by the coupling strength c and the coupling delay τ .

Due to presence of coupling delay, the original system of $2N$ stochastic delay-differential equations is non-Markovian, which makes it unamenable to classical Fokker-Planck analysis. Instead, one has to

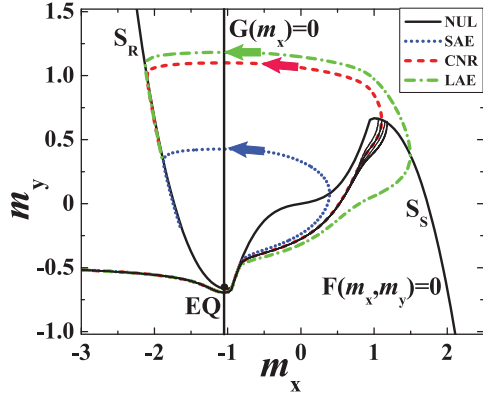


Figure 4. Phase plane analysis of the MF model (18) for $\epsilon = 0.07$, $b = 1.05$ and $\tau = 0$. Note that the dynamics of the effective model exhibits canard-like trajectories analogous to those of a single FitzHugh-Nagumo unit.

treat the collective dynamics by deriving a form of an effective mean-field model, which is here achieved by a reduction technique based on a cumulant approach supplemented by the Gaussian closure hypothesis. The latter is required in order to truncate the hierarchy of equations describing the evolution of cumulants, which would otherwise always remain unclosed due to nonlinearity of the original system. In particular, beginning from the original system of $2N$ stochastic delay-differential equations, the MF model reduces the description of collective dynamics to a set of just five *deterministic* delay-differential equations for the means $m_x(t) = \langle x_i(t) \rangle \equiv \lim_{N \rightarrow \infty} (1/N) \sum_{i=1}^N x_i(t)$, $m_y(t) = \langle y_i(t) \rangle$, the variances $s_x(t) = \langle (\langle x_i(t) \rangle - x_i(t))^2 \rangle$, $s_y(t) = \langle (\langle y_i(t) \rangle - y_i(t))^2 \rangle$ and the covariance $u(t) = \langle (\langle x_i(t) \rangle - x_i(t))(\langle y_i(t) \rangle - y_i(t)) \rangle$, whereby D now plays the role of an additional bifurcation parameter. In order to ensure that the model is analytically tractable, one may further introduce an "adiabatic approximation", by which the variances and the covariances are replaced by their stationary values. This is physically justified if the corresponding relaxation times are small, or the variances are small compared to the means. The MF model then just contains two equations for the means:

$$\begin{aligned} \epsilon \frac{dm_x(t)}{dt} &= m_x(t) - m_x(t)^3/3 - \frac{m_x(t)}{2} \\ &\quad \left\{ 1 - c - m_x(t)^2 + \sqrt{[c - 1 + m_x(t)^2]^2 + 4D} \right\} \\ &\quad - m_y(t) + c[m_x(t - \tau) - m_x(t)], \\ \frac{dm_y(t)}{dt} &= m_x(t) + b. \end{aligned} \quad (18)$$

The form of (18) is convenient because for $\tau = 0$ one may apply the singular perturbation theory, and explicitly show the conditions under which the whole assembly acts as a macroscopic excitable system, cf. Fig. 4. It is further possible to directly compare the features of excitable dynamics (such as threshold-like behav-

ior) for a single FHN unit and the assembly. Another important point is that the bifurcation analysis of the MF model can be carried out analytically. In particular, the approximate model (18) is found to display a sequence of direct supercritical and inverse subcritical Hopf bifurcations, such that the former/latter destabilize/stabilize the fixed point.

The system (18) is found to undergo a sequence of direct and inverse Hopf bifurcations, see the $\tau(D)$ bifurcation diagram in Fig. 5, whereby the former (latter) are always supercritical (subcritical). The system's behavior is also strongly affected by the global fold-cycle bifurcation. Due to interplay between the local bifurcations and the global bifurcation, there are parameter domains where the MF model is bistable, exhibiting coexistence between the stationary and the oscillatory state or between two oscillatory solutions. The equation for the critical coupling delay in dependence of c and D is given by [4]

$$\tau_{\pm}^j = [\arccos(-\kappa\epsilon/c) + 2j\pi]/\omega_{\pm}, \quad (19)$$

if $\frac{-\omega_{\pm}^2 + 1/\epsilon}{c\omega_{\pm}/\epsilon} \geq 0$, or by

$$\tau_{\pm}^j = [-\arccos(-\kappa\epsilon/c) + 2(j+1)\pi]/\omega_{\pm}, \quad (20)$$

if $\frac{-\omega_{\pm}^2 + 1/\epsilon}{c\omega_{\pm}/\epsilon} < 0$, with the $+/-$ sign reflecting the direct/inverse character of bifurcation, $j = 0, 1, 2, \dots$ and $\omega_{\pm} = \omega_{\pm}(c, D)$, $\kappa = \kappa(c, D)$. Apart from the local bifurcations affecting the stability of equilibrium, the MF dynamics is additionally influenced in a highly nontrivial fashion by the two fold-cycle bifurcations, one controlled by D and the other by τ . The point $(D, \tau) = (D_{fc}, 0)$ where the noise alone is sufficient to induce the global bifurcation is indicated by the solid circle in Fig. 5, while the point $(D, \tau) = (0, \tau_{fc})$ where solely the delay gives rise to the global bifurcation is denoted by the open circle. The dashed line connecting the open and the solid circle approximately highlights the parameter values above which the dynamics of the MF model always involves a large cycle born via the global bifurcation.

Due to global bifurcations, the MF model exhibits two types of bistable regimes [5], one involving the coexistence between the FP and the LC, and the other characterized by the coexistence of two LCs. In the former case, the LC corresponds to a large cycle born in the fold-cycle bifurcation. The latter scenario may be realized either by the coaction of the supercritical Hopf bifurcation and the fold-cycle bifurcation, which mainly occurs for $\tau < \tau_{fc}$, or the two cycles may both derive from the fold-cycle bifurcations ($\tau > \tau_{fc}$). In most cases, bistability emerges due to the action of noise, i.e. is facilitated by the D -controlled global bifurcation. Such regimes are referred to as the noise-induced bistability to distinguish them from the scenario involving the coexistence between the FP and the large cycle

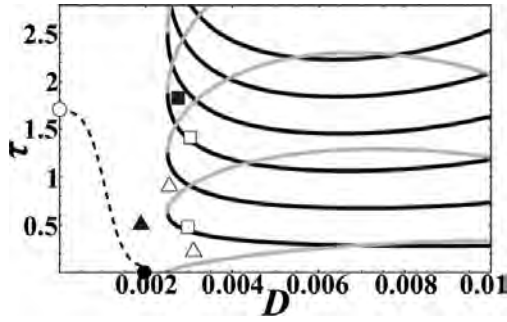


Figure 5. First few branches $j = 0, 1, \dots, 6$ of the Hopf bifurcation curves $\tau_{\pm}^j(D)$ for the MF model. Stability of equilibrium is influenced by a sequence of supercritical (black lines) and subcritical Hopf bifurcations (gray lines). Critical values D_{fc} and τ_{fc} for the D - and τ -controlled fold-cycle bifurcations are indicated by the solid and the open circle lying at $(D, \tau) = (D_{fc}, 0)$ and $(D, \tau) = (0, \tau_{fc})$. The dashed line indicates the parameter values above which the dynamics of the MF model always involves a large cycle born via fold-cycle bifurcation. The bistable regimes involve coexistence of FP and LC (triangles) or two LCs (squares). Coupling strength is fixed at $c = 0.1$.

born in the τ -controlled global bifurcation, which occurs for $\tau > \tau_{fc}$, $D < D_{fc}$.

An issue relevant for the application of the effective model is to identify the parameter domains where it provides qualitatively accurate predictions, which ultimately depends on the range of validity of the MF approximations (MFAs). In a recent paper [5], we have singled out the Quasi-independence Approximation (QIA) and the Gaussian Approximation (GA) as crucial for the model (18), providing their precise formulations. Here we just briefly mention the two conceptual points regarding the MFAs: (i) their formulation is not universal, in a sense that it should be adapted to the considered class of systems, and (ii) the dynamics of the MF model can itself indicate the parameter domains where the MFAs fail. In particular, regarding (ii), it has been shown that the *noise-induced bistability* in the MF dynamics is a necessary condition for the failure of QIA [?]. This is associated to the fact that for parameter domains admitting noise-induced bistability

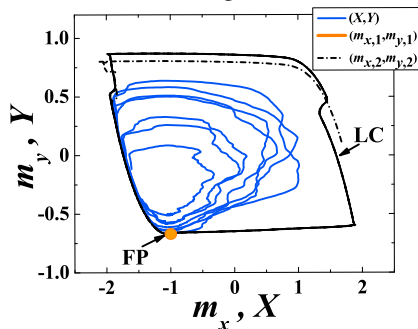


Figure 6. Bistability exhibited by the effective model: coexistence between the FP (orange dot) and the LC (black dashed line). In parallel, the typical orbit $(X(t), Y(t))$ of the exact system, displayed by the blue solid line, is found to fluctuate between the two attractors of the MF model. The parameters are $(c, D, \tau) = (0.1, 0.0029, 0.3)$.

in the effective model, the typical orbits of the exact system exhibit large fluctuations that qualitatively resemble stochastic switching between the two solutions of the MF model, see Fig. 6. A description of such fluctuations is naturally beyond the scope of a framework based on Gaussian closure hypothesis.

4 Conclusion

In the present study, we have analyzed the different scenarios for the onset and suppression of a collective mode due to interplay of excitability, coupling delay and noise, the three basic ingredients of dynamics of neuronal and other biophysical systems. The two paradigmatic examples we have considered have been aimed to highlight the analogies and differences derived from Type I or Type II excitable local dynamics. The macroscopic behavior has been investigated by two different reduction techniques, namely the Ott-Antonsen framework to gain insight into the delay- and noise-free dynamics of a heterogeneous population of active rotators, and the cumulant approach complemented with Gaussian closure hypothesis to analyze the onset and suppression of the collective mode in an assembly of stochastic FitzHugh-Nagumo units with coupling delay. In the first case, we have shown by Ott-Antonsen approach that the assembly exhibits three different regimes (rest state, synchronous and asynchronous regimes), with the transitions between them controlled by the assembly diversity. It has numerically been demonstrated how this basic scenario, involving a SNIPER bifurcation for the onset and the Hopf bifurcation for the suppression of collective mode, is modified in presence of noise and coupling delay, showing the latter to act in a stabilizing way on the stationary state. For the assembly of excitable FitzHugh-Nagumo units, we have found that the stability of equilibrium is typically affected by a sequence of delay-controlled supercritical or subcritical Hopf bifurcations. Moreover, one finds the nontrivial bistable regimes emerging via delay- or noise-controlled fold-cycle bifurcations. Examining the validity of the two basic approximations behind the MF model, it has been shown that the dynamics of the MF model may indicate in a self-consistent fashion the parameter domains where the underlying approximations fail.

Acknowledgements

This work is supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia under project No. 171017 and by the Russian Foundation for Basic Research under project No. 17-02-00904.

References

- V. Klinshov, and I. Franović, in preparation
- E. Ott and T. M. Antonsen, *Chaos* **18**, 037113 (2008).
- E. Ott and T. M. Antonsen, *Chaos* **19**, 023117 (2009).
- I. Franović, K. Todorović, N. Vasović and N. Burić, *Phys. Rev. E* **87**, 012922 (2013).
- I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić, *Phys. Rev. E* **89**, 022926 (2014).

CONFERENCE PROCEEDINGS

VI Scientific School
«Dynamics of Complex Networks
and their Applications»



DCNA



**Neuroscience
and Cognitive
Technology
Laboratory**



**Baltic Center for
Neurotechnology and
Artificial Intelligence**

Kaliningrad
14-16 September 2022

Editorial board:

Alexander Hramov, Sc.D. in Physics and Mathematics, Professor

Semen Kurkin, Sc.D. in Physics and Mathematics, Professor

Andrey Andreev, Ph.D. in Physics and Mathematics

Natalia Shusharina, Ph.D. in Pedagogics

Proceedings of the VI Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications" (DCNA'2022) contain papers of reports of scientists and specialists in the field of intelligent technologies, engineering education, research and design of complex networks.

DCNA'2022 was held from 14 to 16 September 2022 in Kaliningrad, Russia, as a part of the Baltic Forum: Neuroscience, Artificial Intelligence and Complex Systems (BF-NAICS 2022).

The Scientific School has become an international platform for exchanging scientific, educational and technical ideas and achievements between specialists, especially young scientists, working in the field of studying complex networks, neuroscience, and nonlinear dynamics. DCNA'2022 promotes collaboration and interaction of specialists in the field of complex networks and robotics both at the national and international levels.

The conference proceedings are intended for a wide range of scientific, engineering and technical workers, teachers at universities, secondary specialized educational institutions, graduate students and students.

The work of the Scientific School and this publication was carried out with the support of IEEE Computer Society Russian Chapter.

Part Number: CFP22O96-USB
ISBN: 978-1-6654-6173-3

Copyright and Reprint Permission: Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries are permitted to photocopy beyond the limit of U.S. copyright law for private use of patrons those articles in this volume that carry a code at the bottom of the first page, provided the per-copy fee indicated in the code is paid through Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. For reprint or republication permission, email to IEEE Copyrights Manager at pubs-permissions@ieee.org. All rights reserved.

Bukvarev Evgeny, Fomina Ksenya, Shabalin Semen, Shchanikov Sergey Programming Resistive States of Memristive Devices via Current Control	65
Butorova Anastasia, Naizagarinova Aigerim, Tarasov Dmitriy, Sergeev Aleksandr The vOICe Visual-Auditory Sensory Substitution Technology in the Depth Perception Task	69
Chernov Andrey, Len Irina, Amelina Natalia, Ivanskiy Yury Network Traffic Load Balancing Protocol for Different Priority Traffic	73
Chvanova Marina, Bakalets Ilya Neural network technology for quality control of the milk packaging process	77
Devyashin Herman, Syrov Nikolay, Yakovlev Lev, Novitskiy Mikhail, Shusharina Natalia The EEG Study of Tattoo Induced Pain	79
Dubinkina Elizaveta, Borovkova Ekaterina, Hramkov Alexey, Karavaev Anatoly, Kurbako Alexander, Prokhorov Mikhail Changes in the Perfusion Index After Psycho-emotional Stress	83
Ershova Anastasia, Suleymanova Elena, Grishchenko Anastasia, Vinogradova Lyudmila, Sysoev Ilya Quantitative analysis of spike-wave discharge patterns in pentylenetetrazole rat model	86
Fradkov Alexander, Semenov Aleksandr Functional identification of the parameters of the multispecies Lotka-Volterra model	90
Franovic Igor, Eydam Sebastian, Semenova Nadezhda, Zakharova Anna Solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo units	93
Furtat Igor, Gushchin Pavel, Huy BaNguyen Experimental Study of Robust Control Law Designed for Synchronization of Electrical Generator Network	97
Grishchenko Anastasia, Sysoev Ilya, Sysoeva Marina Testing approaches to statistical evaluation of connectivity estimates in epileptic brain based on simple oscillatory models	101
Grubov Vadim, Afinogenov Sergey, Maximenko Vladimir, Utyashev Nikita Epileptic EEG marking with machine learning approach	105
Guio German Analysis of EEG signals using multiresolution wavelet analysis and its extensions	110
Guleva Valentina Node Correlation Effects on Learning Dynamics in Networked Multiagent Reinforcement Learning	114
Hramkov Aleksey, Borovkova Ekaterina, Dubinkina Elizaveta, Ponomarenko Vladimir, Ishbulatov Yuri, Prokhorov Mikhail A system for diagnosing the psychophysiological state of a person based on the control of nonlinear characteristics of cardiorespiratory interaction	118
Kapustnikov Anton, Sysoeva Marina, Sysoev Ilya Studying response to external driving in a model of thalamocortical system with specialized neuron equations	120
Karavaev Anatoly, Ishbulatov Yurii, Bibicheva Tatiana, Gridnev Vladimir, Prokhorov Mikhail, Ogneva Marina, Kiselev Anton Role of the Bidirectional Cardiorespiratory Coupling in the Nonlinear Dynamics of the Cardiovascular System	123

Solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo units

Igor Franović

Scientific Computing Laboratory, Center for the Study of Complex Systems
Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade
Belgrade, Serbia
franovic@ipb.ac.rs

Sebastian Eydam

Neural Circuits and Computations Unit
RIKEN Center for Brain Science
Wako, Japan
richard.eydam@riken.jp

Nadezhda Semenova

Saratov State University
Saratov, Russia
nadya.i.semenova@gmail.com

Anna Zakharova

Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Berlin
Berlin, Germany
anna.zakharova@tu-berlin.de

Abstract—While coherence-incoherence patterns have been exhaustively studied in systems of coupled oscillators, their mechanisms of emergence and their relationship en route from complete coherence to incoherence in coupled *excitable* systems remain as yet unresolved. Here we disclose two types of solitary states in arrays of non-locally coupled excitable FitzHugh-Nagumo units with dominant repulsive over attractive interactions. While the prevailing type of solitary states is shown to derive its dynamical features from unbalanced two-cluster states in globally coupled networks, the minority type is fundamentally a consequence of non-locality of interactions. Apart from the states whose local structure is based on successive spiking of units, we also find solitary states where local excitability and slow-fast dynamics give rise to *leap-frog* activity characterized by an alternating order of units' spiking. The main impact of noise on system's behavior is shown to be the reduction of its multistability, whereby the solitary states are suppressed in favour of patched patterns.

Index Terms—Excitable systems, clustering, solitary states, leap-frog activity, noise, noise-induced preference of attractors

I. INTRODUCTION

The discovery of chimera states [1], [2] has fundamentally affected our understanding of emergent phenomena in coupled oscillators. Instead of studying the onset of synchronization and the appearance of collective modes, the main focus shifted toward the onset of and the links between the states with symmetry breaking of synchrony [3], such as cluster states [4], [5], chimeras [6], [7], or solitary states [8], [9], where populations of identical units with symmetrical couplings spontaneously split into groups admitting different dynamics. In contrast to coupled oscillators, these two problems still remain unresolved for the class of coupled excitable systems [10], where the isolated dynamics is stationary rather than oscillatory, but oscillations may be triggered by sufficiently strong perturbations from interactions and/or noise. Excitability is one of the building blocks of physics of life, shaping the activity of neuronal, endocrine and cardiac tissues, but is also pervasive in other fields, including climate dynamics, chemical reactions and lasers. One cannot expect beforehand that the

results on coherence-incoherence patterns from coupled oscillators would trivially extend to the realm of coupled excitable systems. Apart from theory, addressing fundamental problems concerning the onset and relationship between synchrony-broken states in coupled excitable systems is relevant for different applications, including neuroscience, especially in relation to achieving efficient information transmission, working memory or desynchronization supposed to prevent setting in of pathological states. Here we disclose the mechanisms of emergence of solitary states in systems of excitable units with prevalent repulsive over attractive interactions and the slow-fast local dynamics, the paradigm often found in neuronal systems [11].

Our model concerns an array of N identical, non-locally coupled FitzHugh-Nagumo units, whose dynamics is given by [12], [13]

$$\begin{aligned}\varepsilon \dot{u}_k &= u_k - \frac{u_k^3}{3} - v_k + \frac{\kappa}{2R} \sum_{j=k-R}^{k+R} [g_{uu}(u_j - u_k) + g_{uv}(v_j - v_k)] \\ \dot{v}_k &= u_k + b + \frac{\kappa}{2R} \sum_{j=k-R}^{k+R} [g_{vu}(u_j - u_k) + g_{vv}(v_j - v_k)].\end{aligned}\tag{1}$$

The individual slow-fast dynamics is prototypical for type II excitability [11], and comprises fast activator variables u_k and slow recovery variables v_k with a timescale separation due to the smallness of parameter $\varepsilon = 0.05$. All the indices are periodic modulo N . An isolated unit undergoes a singular Hopf bifurcation at $b = 1$ which mediates between the excitable ($b \gtrsim 1$) and the oscillatory regime ($b < 1$). Above Hopf bifurcation, there is a further canard transition at $b \approx 1 - \varepsilon/8$ [15], where the harmonic subthreshold (low-amplitude) oscillations transform to relaxation (large-amplitude) oscillations. Here, the value $b = 1.001$ is set so that uncoupled units are in the excitable regime. Each unit interacts with R nearest neighbors to its left and to its right, rendering

the coupling radius $r = R/N$. Interactions between a pair of units involve not only direct terms between two activator or two recovery variables, but also the cross terms, which may be compactly written via the rotational coupling matrix [12] $G = \begin{pmatrix} g_{uu} & g_{uv} \\ g_{vu} & g_{vv} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}$. Note that parameter φ modifies the prevalence of attractive and repulsive interactions [13] by affecting the sign of the interaction terms. Coupling strength $\kappa = 0.4$ is considered to be uniform over the array.

The paper is organized as follows. In Sec. II we characterize the prevalent type of solitary states, which have their dynamical counterparts in unbalanced two-cluster states in globally coupled networks. Section III concerns the minority type of solitary states, which mainly emerges due to non-locality of interactions and shows some peculiar features, such as self-organization based on leap-frog (leader-switching) dynamics [14] between pairs of units. Sec. IV addresses the impact of noise on solitary states, while Sec. V provides the summary of our main results.

II. PREVALENT TYPE OF SOLITARY STATES

In the following, we demonstrate that the main dynamical features of the prevailing types of solitary states in arrays, called SS1 and SS2, derive from the corresponding unbalanced two-cluster states in globally coupled networks, where an assembly is split into two groups of *identically* synchronized elements. In particular, the features inherited by the solitary states are the frequency locking of typical and solitary units as well as the respective orbits of the units. Note that the coupling parameter φ for all the relevant solutions is such that three out of four interaction terms between two units are repulsive.

Let us first consider the unbalanced two-cluster states in networks with global coupling. Classification of two-cluster states and mechanisms of their emergence may be analyzed by studying the dynamics of the reduced system, which essentially has the same form as the system describing two interacting nonidentical excitable units. Combining the results of two approaches [13], one based on the method of evaporation exponents and the other involving probe oscillators, we have been able to construct the stability diagram for the unbalanced two-cluster states in a network with global coupling, see Fig. 1(a). The results are presented in the (φ, p) parameter plane, where p is the cluster partition parameter, indicating that for the given solution, the two clusters comprise pN and $(1-p)N$ units. Domains of stability of cluster solutions are shown in orange, while the black and green lines outlining their boundaries respectively denote period-doubling curves and curves of branching points. One finds six distinct regimes with 1:1 (domains IV-VI), 1:2 (I, II) or 2:3 (III) frequency locking, all featuring the so-called *mixed-mode oscillations* [16] where relaxation oscillations are combined with subthreshold oscillations, see Fig. 1(b)-(e). For certain types of cluster states, p can become rather small, but nevertheless does not tend to zero. This implies that there can exist only periodic two-cluster states with a sufficiently

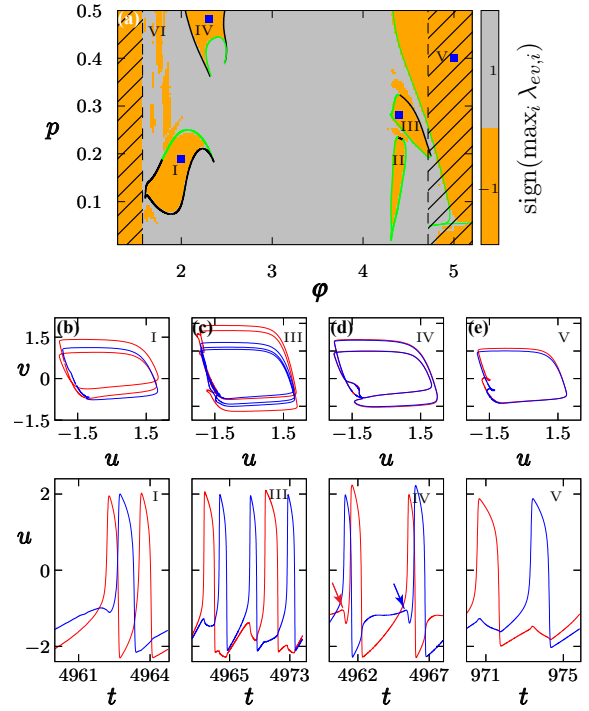


Fig. 1. Unbalanced periodic two-cluster states in networks with global coupling. (a) Stability diagram in (φ, p) plane. Orange/grey: stable/unstable solutions; black solid lines: period-doubling bifurcations, green lines: curves of branching points; dashed black lines: destabilization/reappearance of homogeneous stationary state. (b)-(e) Time series $u_i(t)$, $i \in \{A, B\}$ and phase portraits associated with (φ, p) values (blue squares) from (a). Parameters are: $b = 1.001$, $\varepsilon = 0.05$, $\kappa = 0.4$.

balanced partition, similar to what has already been found for systems of type I excitable elements [17].

Making a comparison to the results in Fig. 1, we have established that the prevailing type of solitary states in non-locally coupled arrays is in fact a dynamical counterpart of unbalanced two-cluster states in globally coupled networks. In particular, the state SS1 in Fig. 2 is associated with two-cluster states from region I, whereas SS2 (not shown) is related to the two-cluster states from region V. The SS1 and SS2 types of states emerge within the same φ intervals as their two-cluster state counterparts and maintain the associated locking of clusters' frequencies. However, the nonlocal character of interactions and the associated fluctuations in mean-fields felt by individual units cause the clusters of solitary and typical units to become fuzzy [8] instead of exact, cf. Fig. 2(b). Put differently, under nonlocal coupling $r < 1/2$, the unbalanced cluster states inherent to globally coupled networks lose permutation symmetry, so that the solitary and typical clusters comprise frequency locked but not identically synchronized units. The spatial profile of average spiking frequencies $\omega_k = 2\pi N_k/\Delta$, where N_k is the number of spikes recorded within a long interval Δ , indicates a 2:1 subharmonic frequency locking of solitary to typical units. Qualitative similarity with unbalanced cluster states found in region I of Fig. 1(a), both in terms of local phase portraits and the time series $u_k(t)$, is demonstrated in Fig. 2(d) and Fig. 2(f).

The intrinsic structure of SS1 is further described via the cross-correlation matrix $C_{kj} = \frac{\langle \hat{u}_k(t) \hat{u}_j(t) \rangle_T}{\sqrt{\langle \hat{u}_k(t)^2 \rangle_T \langle \hat{u}_j(t)^2 \rangle_T}}$, where $\langle \cdot \rangle_T$ denotes temporal averaging, while $\hat{u}_j(t) = u_j(t) - \langle u_j(t) \rangle_T$ present the deviations of $u_j(t)$ from the corresponding means see Fig. 2(e).

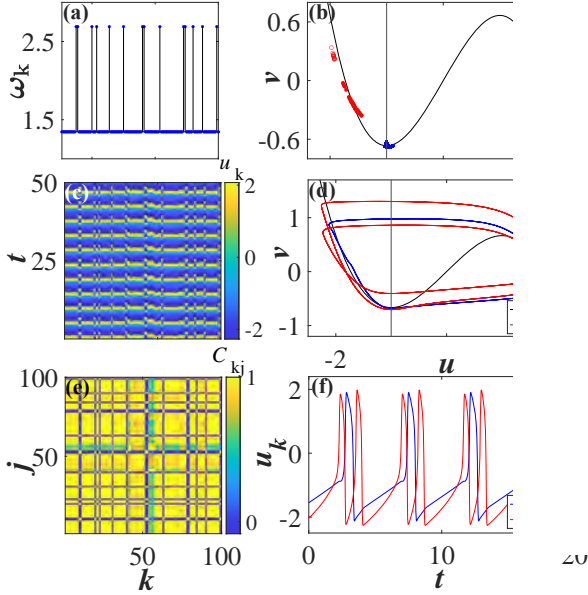


Fig. 2. Solitary state SS1. (a) Spatial profile of ω_k ; (b) Red and blue: two snapshots of local variables (u_k, v_k), black: nullclines of an isolated unit; (c) Spatiotemporal dynamics of $u_k(t)$; (d) Phase portraits ($u_k(t), v_k(t)$) of solitary ($k = 84$) and typical unit ($k = 60$); (e) Cross-correlation matrix C_{kj} ; (f) Time series $u_k(t)$ for units from (d). System parameters are: $\varphi = 1.85$, $r = 0.2$, $\kappa = 0.4$, $N = 100$.

III. MINORITY TYPE OF SOLITARY STATES

Here we present the minority type of solitary states that do not have counterparts among the unbalanced two-cluster states in networks with all-to-all coupling. A typical example is a state called SS3 illustrated in Fig. 3. In contrast to the prevalent solitary states, such as SS1 and SS2, self-organization of SS3 rests on leap-frog dynamics [14] of pairs of units, including both solitary–typical pairs of units and pairs of only solitary or only typical units, see Fig. 3(b),(d) and (f) which illustrate the alternating dynamics between the different pairs of units. States like SS3 are an immediate consequence of nonlocal interactions that give rise to self-localized excitations [18] at the interfaces between adjacent domains with different dynamics. The four unlocked units actually appear on the background of an alternating (spatially modulated) wave, which likely derives from selecting the parameter values in vicinity of a Turing-Hopf codimension-two bifurcation point. The spatial profile of ω_k still features two clusters, but their frequency ratio is different than in the SS1 state, cf. Fig. 2(a). The solitary units have distinct average frequencies from the bulk due to events where they show two successive spikes instead of a single spike and a subthreshold oscillation, an example of which is denoted by an arrow in Fig. 3(d). Apparently, SS3 is characterized by a correlation structure of local dynamics more complex than the SS1 state, see Fig. 3(e) and Fig. 2(e). Also,

unlike the prevalent solitary states, the maximal Lyapunov exponent $\lambda_{max} \approx 2 \times 10^{-5}$ for the minority type of solitary states suggests weakly chaotic solutions.

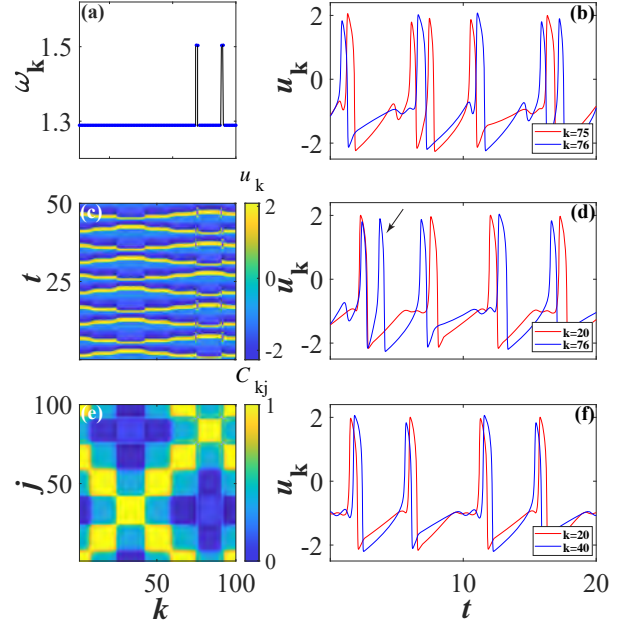


Fig. 3. Solitary state SS3. (a) Spatial profile of ω_k ; (b) Time traces $u_k(t)$ for solitary units $k = 75$ and $k = 76$; (c) Spatiotemporal dynamics of $u_k(t)$; (d) Time series $u_k(t)$ for solitary unit ($k = 76$) and typical unit ($k = 20$); (e) Cross-correlation matrix C_{kj} ; (f) Time traces $u_k(t)$ illustrate leap-frog dynamics within the majority cluster (units $k = 20$ and $k = 40$). System parameters are: $\varphi = 1.788$, $r = 0.2$, $\kappa = 0.4$, $N = 100$.

IV. PERSISTENCE UNDER NOISE

In general, the impact of noise on deterministic dynamics may be twofold. For one, it may be quantitative, in the sense that the noise may enhance/suppress some features of deterministic dynamics, while it may also be qualitative, such that the noise may induce new types of behavior, associated with crossing of thresholds or separatrices, or with a stabilization of deterministically unstable states. In neuronal media, the phenomena witnessing the constructive role of noise are abundant and have become known by the umbrella term of stochastic facilitation. Some of the classical examples are resonant phenomena, like coherence resonance [10], and the ability of triggering spontaneous switching between the coexisting metastable states. In *locally* coupled excitable systems, the noise can qualitatively impact pattern formation, including the onset of waves, spiral dynamics and pacemaking [10].

Here, we consider the persistence of solitary states under noise by including independent Gaussian white noise terms to act on both activator and recovery variables in (1). Since in our model the deterministic dynamics of an array involves extensive multistability, the noise affects its behavior in a way qualitatively different from the one in locally coupled excitable systems. Indeed, the noise here reduces the multistability of system dynamics, in particular by causing suppression of solitary states. This is a manifestation of noise-induced preference of attractors [19], an effect that may be explained

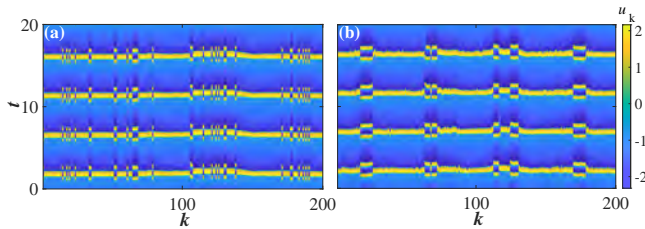


Fig. 4. Vanishing of solitary state of SS1 type for small noise. (a) Typical SS1 state in the absence of noise; (b) Patched pattern emerging from SS1 under small noise $\sigma = 0.0011$. Parameters are: $\varphi = 2.0$, $\kappa = 0.4$, $r = 0.2$, $N = 200$.

in the following way: in highly multistable systems, the noise smears out the stability boundaries of attractors, and only the attractors with sufficiently large attraction basins remain physically accessible. Such an effect has so far been observed in systems of coupled oscillators, coupled chaotic maps and multistable fiber lasers. From another point of view, this effect may also be seen as emerging from a strongly biased switching process [20], [21], where the system displays a regime shift to a coexisting state never to regain the initial state. Smaller noise tends to shift the system from a solitary state to a coexisting state that may be described as a patched pattern [23], featuring a piecewise constant profile of average spiking frequencies. There, an array self-organizes into majority (bulk) and minority patches, maintaining a mutual 1:2 subharmonic frequency locking, the same as in SS1 solitary state. Figure 4 shows how under a small noise, an initial SS1 state gets transformed to a patched pattern. Introducing intermediate noise promotes rotating waves rather than patched patterns, whereas large noise just results in turbulence.

V. CONCLUSION

We have reported on the emergence mechanisms of two types of solitary states in arrays of excitable FitzHugh-Nagumo elements with non-local coupling and prevailing repulsive over attractive interactions. The prevalent type of solitary states features periodic dynamics, and derives its main features, such as the frequency locking between the typical and solitary units and the associated local dynamics, from unbalanced cluster states in all-to-all coupled networks. This qualitative picture to a certain degree resembles the scenario in globally coupled Stuart-Landau oscillators, where clustering is found to be a necessary symmetry-breaking step en route to the onset of chimeras [22]. The minority type of solitary states is fundamentally a consequence of non-locality of interactions, and has no counterpart among unbalanced cluster states in networks with a global coupling. In contrast with the prevalent type, their dynamics is weakly chaotic and features a peculiar form of pattern self-organization involving leap-frog activity between the pairs of units. Leap-frogging emerges due to multiscale character of the system and the phase-sensitive excitability of relaxation oscillations, underlying the system's high sensitivity to perturbations close to the canard transition [14], [24]. Together with [14], [25], our results indicate the importance of the interplay between canard transition and

repulsive interactions for pattern formation in systems of coupled excitable units.

Concerning the influence of noise, it has been demonstrated that it may be used to control the multistability of system dynamics via noise-induced preference of attractors, an effect where the attractors having larger basin of attraction are favoured over the ones with a smaller basin. In this way, small noise turns out to be capable of suppressing solitary states by promoting spatially homogeneous patched patterns with a similar split of average spiking frequencies.

Solitary states we discovered conform to the definition of weak chimeras, if indeed one extends it beyond coupled oscillator systems. Given that solitary states in systems of coupled oscillators are already known to mediate the desynchronization transition from full synchrony to chimeras [9], an important point for future study is to investigate whether a similar scenario holds for systems of coupled excitable elements.

ACKNOWLEDGMENT

I.F. acknowledges funding from the Institute of Physics Belgrade through grant by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia.

REFERENCES

- [1] Y. Kuramoto, and D. Battogtokh, *Nonlinear Phenom. Complex Syst.* **5**, 380 (2002).
- [2] D. M. Abrams, R. Mirollo, S. H. Strogatz, and D. A. Wiley, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 084103 (2008).
- [3] A. E. Motter, *Nat. Phys.* **6**(3), 164 (2010).
- [4] F. P. Kemeth, S. W. Haugland, K. Krischer, *Chaos* **29**, 023107 (2019).
- [5] I. Franović, K. Todorović, N. Vasović, and N. Burić, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 094101 (2012).
- [6] A. Zakharova, *Chimera Patterns in Networks: Interplay Between Dynamics, Structure, Noise, and Delay - Understanding Complex Systems*, (Springer Nature, Switzerland, 2020).
- [7] F. Parastesh, S. Jafari, H. Azarnoush, Z. Shahriari, Z. Wang, S. Boccaletti, and M. Perc, *Phys. Rep.* **898**, 1 (2021).
- [8] Y. Maistrenko, B. Penkovsky, and M. Rosenblum, *Phys. Rev. E* **89**, 060901(R) (2014).
- [9] P. Jaros, Y. Maistrenko, and T. Kapitaniak, *Phys. Rev. E* **91**, 022907 (2015).
- [10] B. Lindner, J. García-Ojalvo, A. Neiman, and L. Schimansky-Geier, *Phys. Rep.* **392** 321 (2004).
- [11] E. M. Izhikevich, *Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting* (MIT Press, Cambridge, MA, 2007).
- [12] I. Omelchenko, O. E. Omel'chenko, P. Hövel, and E. Schöll, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 224101 (2013).
- [13] I. Franović, S. R. Eydám, N. Semenova, and A. Zakharova, *Chaos* **32**, 011104 (2022).
- [14] S. R. Eydám, I. Franović, and M. Wolfrum, *Phys. Rev. E* **99**, 042207 (2019).
- [15] S. M. Baer and T. Erneux, *SIAM J. Appl. Math.* **46**, 721 (1986).
- [16] M. Desroches, J. Guckenheimer, B. Krauskopf, C. Kuehn, H. M. Osinga, and M. Wechselberger, *SIAM Rev.* **54**, 211 (2012).
- [17] R. Ronge, and M. A. Zaks, *Phys. Rev. E* **103**, 012206 (2021).
- [18] M. Wolfrum, O. E. Omel'chenko, and J. Sieber, *Chaos* **25**, 053113 (2015).
- [19] A. N. Pisarchik, and U. Feudel, *Phys. Rep.* **540**, 167 (2014).
- [20] I. Bačić and I. Franović, *Chaos* **30**, 033123 (2020).
- [21] I. Franović, S. Yanchuk, S. R. Eydám, I. Bačić, and M. Wolfrum, *Chaos* **30**, 083109 (2020).
- [22] L. Schmidt, and K. Krischer, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 034101 (2015).
- [23] I. Franović, and S. R. Eydám, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06227>
- [24] I. Franović, O. E. Omel'chenko, and M. Wolfrum, *Chaos* **28**, 071105 (2018).
- [25] H. G. Rotstein and H. Wu, *Phys. Rev. E* **86**, 066207 (2012).

Solvay Workshop on “Nonlinear phenomena and complex systems” in memory of Grégoire Nicolis

June 14 - 16, 2021

MONDAY 14 JUNE

09:00 - 09:15	Online log-in
09:15 - 09:30	Welcome and Introduction
09:30 - 10:00	In memoriam
10:00 - 10:15	Welcome by Marc Henneaux (Director of the Solvay Institutes, Brussels)

Session 1: Hydrodynamics, chaos and atmospheric science - Chair: Pierre Gaspard

10:15 - 10:45	Yves Pomeau <i>Turbulence in fluids: from deterministic equations to statistical picture</i>
10:45 - 11:00	Yves Elskens <i>Critical exponent for the Lyapunov exponent and phase transition</i>
11:00 - 11:30	COFFEE BREAK
11:30 - 11:45	Benoit Scheid <i>Dripping or not dripping in suspended falling films</i>
11:45 - 12:00	Priya Verma <i>Chemical Reaction Induced Viscous Fingering in a Radial Displacement Flow</i>
12:00 - 12:15	Stéphane Vannitsem <i>Extratropical low-frequency variability with El-Niño-Southern Oscillation forcing: A reduced-order coupled model study</i>
12:15 - 13:30	LUNCH BREAK

Session 2: Reaction-diffusion patterns and nonlinear oscillations - Chair: Anne De Wit

13:30-13:45	István Szalai <i>Reaction-diffusion patterns in a simple hydrogel device with flow-through channels</i>
13:45-14:00	Judit Horváth <i>A New Aldehyde - Sulfite - Lactone Type pH-Oscillator</i>
14:00-14:15	Ljiljana Kolar-Anić <i>Investigation of the Bray-Liebhafsky oscillatory reaction</i>
14:15-14:30	Dezső Horváth <i>Oscillatory dynamics in the model of reactive oxygen species in the rhizosphere</i>
14:30-15:00	COFFEE BREAK

- 15:00-15:30 **Irving Epstein**
Turing patterns on growing domains
- 15:30-16:00 **Kenneth Showalter**
Transition from spiral wave chimeras to phase cluster states
- 16:00-16:30 **Raymond Kapral**
Active matter meets nonlinear dynamics
- 16:30-16:45 **Marcello Budroni**
Between dissipative structures and applied processes: chemohydrodynamic (and not only) oscillatory systems
- 16:45-17:00 **Seth Fraden**
The Symmetry Basis of Pattern Formation in Reaction-Diffusion Networks with Heterogeneity
- 17:00-17:15 BREAK - GROUP PHOTO
- 17:15 - 18:30 Personal testimonies (Chair: Claude Baesens)**

TUESDAY 15 JUNE

Session 3: Regulatory networks and biocomplexity - Chair: Geneviève Dupont

- 09:00-09:30 **Kunihiko Kaneko**
Macroscopic Theory for Adaptation and Evolution: Multilevel Consistency, Dimensional Reduction, and Fluctuation-Response Relationship
- 09:30-10:00 **Annie Lemarchand**
A thermostatted kinetic theory model of tumor growth
- 10:00-10:30 **Edda Klipp**
Entropic regulation of dynamical metabolic processes
- 10:30-11:00 COFFEE BREAK

Session 4: Complex systems - Chair: Thomas Gilbert

- 11:00-11:30 **Annick Lesne**
Concepts from nonlinear dynamics for the analysis of symbolic sequences
- 11:30-12:00 **Robert MacKay**
Thermoeconomics
- 12:00-12:15 **Igor Franovic**
Emergent Dynamics in Populations of Active Rotators, with Diversity
- 12:15-13:30 LUNCH BREAK



**2nd Nonlinear
Dynamics and Complexity**
October 4-6, 2021
ONLINE CONFERENCE

NOTE:
All times in GMT+1
[local time](#)

Day-2
Tuesday, 5th October 2021

Plenary	9:00-9:45	Plenary Lecture Speaker: Luis Vazquez Chair: Sverre Holm Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	About the simulations of Maxwell equations
CS Hsu AWARD'S LECTURE	9:45-10:30	Plenary Lecture Speaker: Marat Akhmet Chair: Luis Vazquez Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Domain structured dynamics and chaos
Invited	10:30-10:50	Invited Lecture Speaker: Dmitry Kovalevsky Chair: Marat Akhmet Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Nonlinear Dynamics of Open-Ocean Deep Convection
10:50-11:00 Coffee break			
Invited	11:00-11:30	Invited Lecture Speaker: Renat Sibatov Chair: Xavier Leoncini Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Fractional nonlinear dynamics in electrochemical power sources with nanostructured electrodes
	11:30-12:00	Invited Lecture Speaker: Sverre Holm Chair: J.A. Tenreiro Machado Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Searching for the physics of fractional derivative models
	12:00-12:30	Invited Lecture Speaker: Xavier Leoncini Chair: Duarte Valério Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Motion of a charged particle in a magnetic field, from stationary Maxwell-Vlasov solution to Hamiltonian chaos and the "destruction" of the magnetic moment
	12:30-13:00	Invited Lecture Speaker: Cristina Muresan Chair: Duarte Valério Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/7568142062	Fractional order control: step towards industry use
13:00-13:45 Lunch			
ZASLAVSKY AWARD'S LECTURE	13:45-14:30	Plenary Lecture Speaker: Jian-Qiao Sun Chair: Steve Suh Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/829872713637pwd=Th8mbW50SEvK5E0MEFwb1FauUllWtd09	Identification of Nonlinear Mechanical Systems with Time Delay
AWARDS' CEREMONY	14:30-15:30	AWARDS' CEREMONY	
Plenary	15:30-16:15	Plenary Lecture Speaker: Lev Ostrovsky Chair: Dimitri Volchenkov Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/810506342127pwd=SV0rVldiaHdRMDhNWXy1eXERTTzd09	Dynamics of plankton in the oceanic waves
Invited	16:15-16:45	Invited Lecture Speaker: Dimitri Volchenkov Chair: Albert Luo Link: https://videoconf-collibri.zoom.us/j/886674975617pwd=MEZxVWNZK5Ea0aTZRd593QWR0U09	Diagnostic Uncertainty in Quarantine
16:45-17:00 Coffee break			
Parallel session 1	General: Nonlinear Dynamics and Complexity I		
	Session Chair	Jingling Wang	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/82628367885	
	17:00-17:20	Isabella de Melo Silva	Chaotic advection of active blood particles in the carotid bifurcation
	17:20-17:40	Jingling Wang	Feature detection method for weak signal of stochastic resonance based on PSO
17:40-18:00	Juan J. Gude	Fractional-order control, tuning rules, optimization	
18:00-18:20	L.E. Reyes-López	Implementation and analysis of an improved image encryption system	
18:20-18:40	Minah Shahidi	A new derivative for fuzzy fractional differential equations on time scales	
Parallel session 2	General: Nonlinear Dynamics and Complexity II		
	Session Chair	Yuxi Li	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/830073558267pwd=K3d4N2qhhml2Q0x0tFW9vHf56mtmU09	
	17:00-17:20	Vasileios Vachtsevanos	Statistics of topological defects in nanostructures based on the Kibble-Zurek Mechanism
	17:20-17:40	Raana Beigomhamadi	Some results on a certain class of boundary value problems for discrete fractional difference equations with uncertainty
17:40-18:00	Yuxi Li	Dynamics and optimal control of a stochastic coronavirus (COVID-19) epidemic model with diffusion	
18:00-18:20	Thomas Kotoulas	Special solutions of the 3D Inverse problem of Dynamics	
18:20-18:40	Zulfiqar Ahmad Noor	A NEW OPERATIONAL MATRIX IN CAPUTO SENSE FOR VIETA-LUCAS POLYNOMIAL WITH APPLICATION TO FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS	
Parallel session 3	Symposium-1: Nonlinear Fractional Models and Control of Biological Systems		
	Session Chair	Carla M.A. Pinto, Amin Jajarmi	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/874510459937pwd=cRncFcvN24ycWFEfmFv44WU1nZu09	
	17:00-17:20	Haleh Tajadodi	Variable order fractional optimal control problems
	17:20-17:40	Abdelouahed Alla Hamo	A finite element method to time non-integer reaction diffusion equations
17:40-18:00	Zeeshan Ali	A mathematical model for the dynamics of COVID-19 outbreak in Pakistan	
18:00-18:20	Zakaria YAAGOUB	Global stability analysis of a two-strain epidemic model with non-monotonic incidence rates	
18:20-18:40			
Parallel session 4	Symposium-5: Nonlinear Vibrations and Waves		
	Session Chair	Siyan Xing, Efsthios Charalampidis	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/830858091587pwd=TG63ais5dXN4NzJzNjFhU0hXQ3RXU09	
	17:00-17:20	Bo Yu	PERIODIC TEMPERATURE RESPONSES IN A THERMAL SYSTEM UNDER A PERIODIC HEATING
	17:20-17:40	Siyan Xing	Bifurcation trees of period-1 to period-2 motions in a Rossler system with multiple delays
17:40-18:00	Evan Muchenberger	Design, modeling, optimization and testing of directional rumble strips	
18:00-18:20	Hadi Susanto	Nonlinear waves of a new nonlocal NLS equation	
18:20-18:40	Nikhil Agarwal	Analysis of piezoelectric beam vibrational behavior for flow energy harvesting	
Parallel session 5	Symposium-8: Stochastic Dynamics and Data Science		
	Session Chair	Yang Xu, Ronghua Huan	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/869168807737pwd=ZEx1Q2xW5Gv4eEhXdGRaVmYwdGtwzd09	
	17:00-17:20	Antonio Marcos Batista	Stochastic resonance in a piecewise linear Hodgkin-Huxley model
	17:20-17:40	Hao Zhang	Solving Fokker-Planck equation using deep learning
17:40-18:00	Jiaojiao Sun	Stochastic stability and response of nonlinear controlled systems considering the dynamics of sensors and actuators	
18:00-18:20	Kelly Cristiane Iarosz	Effects of stochastic processes on neuronal synchronisation in a plastic brain	
18:20-18:40	Qian Ding	Data-driven modeling and response prediction of nonlinear spring mass systems	
18:40-19:00	Ralf Metzler	NON-GAUSSIAN STATISTICS IN BROWNIAN AND FRACTIONAL-BROWNIAN SYSTEMS	
Parallel session 6	Symposium-11: Successful dynamical system applications in nonlinear sciences		
	Session Chair	Makrina Agaoglu	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/819638245387pwd=NTlU01pd2NuNU11OIZIMDhyVV3Q09	
	17:00-17:20	Ana Maria Mancho	Dynamical Systems Tools for Monitoring and Assessing Oil Spill Events.
	17:20-17:40	Burcu Gurbuz	A comprehensive numerical approach for the acute inflammatory reaction dynamic model
17:40-18:00	Eliça Maria Alessi	Resonant dynamics of the coupled effect of solar radiation pressure and Earth's oblateness: modeling and exploitation for space debris mitigation	
18:00-18:20	Guillermo Garcia-Sánchez	Lagrangian descriptors approach for marine litter monitoring	
18:20-18:40	Jerome Daquin	Geometric parametrisation of Lagrangian Descriptors for 1 degree-of-freedom systems	
Parallel session 7	Symposium-12: Deterministic and random dynamic nonlinear biological models		
	Session Chair	Juan Carlos Cortés, Rafael Villanueva	
	Link	https://videoconf-collibri.zoom.us/j/829965272677pwd=V1dVeENQVWRVWH66em11N0pxR2hld09	
	17:00-17:20	Antonio Falco	On the stochastic extension of the classical epidemiological compartmental models
	17:20-17:40	Maria Leite	Modeling the sustainability of tree populations subjected to no-lethal harvesting in fragmented ecosystems
17:40-18:00	Oscar Angulo	The influence of resource growth law on the the dynamics of a consumer-resource model	
18:00-18:20	Nuno M. Brites	Stochastic differential equations optimal harvesting policies: moments and probability density of threshold crossing times	
18:20-18:40	Tomás Caraballo	DYNAMICS OF A STOCHASTIC EPIDEMIC MODEL WITH RELAPSE AND MEDIA COVERAGE	

NOTE:
All times in GMT+1
[local time](#)



**2nd Nonlinear
Dynamics and Complexity**
October 4-6, 2021
ONLINE CONFERENCE

Day-3
Wednesday, 6th October 2021

Plenary	9:00-9:45	Plenary Lecture Speaker: Jan Awrejcewicz Chair: Dumitru Baleanu Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Dynamics of mechanical oscillators under magnetic field
AFRAIMOVICH AWARD'S LECTURE	9:45-10:30	Plenary Lecture Speaker: Nikolay V. Kuznetsov Chair: Dumitru Baleanu Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	The theory of hidden oscillations and stability of dynamical systems
Invited	10:30-10:55	Invited Lecture Speaker: Maaita Jamal-Odyseas Chair: Christos Volos Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Nonlinear Targeted Energy Transfer in systems of coupled linear and nonlinear damped oscillators
10:55-11:00 <i>Coffee break</i>			
Invited	11:00-11:30	Invited Lecture Speaker: Efthymia Meletlidou Chair: Christos Volos Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Continuation of periodic orbits in perturbed integrable Hamiltonian systems (Hamiltonian and dissipative)
	11:30-12:00	Invited Lecture Speaker: Duarte Valério Chair: JA Tenreiro Machado Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Nonlinear fractional dynamics of cancer growth
	12:00-12:30	Invited Lecture Speaker: Mark Balas Chair: Juan Carlos Cortés Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Exponentially Convergent Nonlinear Estimation of the Quantum Density Operator for a Quantum Mechanical Statistical System Using Metric Projection Operators
	12:30-13:00	Invited Lecture Speaker: Santanu Saha Ray Chair: JA Tenreiro Machado Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Analytical and Numerical Methods in Modelling Riesz Fractional Reaction-Diffusion-Mechanics System
13:00-14:00 <i>Lunch</i>			
Plenary	14:00-14:45	Plenary Lecture Speaker: Ruy Ribeiro Chair: Albert Luo Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Viral Dynamics: mathematical modeling to study virus biology
Invited	14:45-15:15	Invited Lecture Speaker: Panayotis G. Kevrekidis Chair: Dimitri Volchenkov Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Some Vignettes of Nonlinear Waves in Granular Crystals: From Modeling and Analysis to Computations
	15:15-15:45	Invited Lecture Speaker: Edgardo Ugaldé Chair: Dimitri Volchenkov Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	Dominant vertices for piecewise dissipative maps on networks
15:45-16:00 <i>Coffee break</i>			
Parallel session 1	Session Chair Link	Symposium-5: Nonlinear Vibrations and Waves Siyuan Xing, Efsthathios Charalampidis Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/82534936367?pwd=eFRZRU9UMndBa2tMnZGZmd6ZFRQOT09	
	16:00-16:20	Nikos Karachalios	The closeness of the Ablowitz-Ladik lattice to the Discrete Nonlinear Schrödinger equation
	16:20-16:40	Peihua Feng	Nonlinear waves in the ocean induced by global topography
	16:40-17:00	Saeed Onsorynezhad	A novel high-efficiency piezoelectric energy harvester designed to harvest energy from random excitation
	17:00-17:20 17:20-17:40	Sakkaravarthi Karupaiya Efsthathios G. Charalampidis	Dynamics of Localized Waves with Controllable Nonlinearities in Spatially Inhomogeneous Optical Fiber Formation of rogue waves in continuous and discrete models
Parallel session 2	Session Chair Link	Symposium-8: Stochastic Dynamics and Data Science Yong Xu, Shaojuan Ma Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/89766076804?pwd=Q3ZsZWduM0NpeI94eW50WnJMLys2QT09	
	16:00-16:20	Suning Cui	Cell mapping method with deep learning for nonlinear dynamical systems
	16:20-16:40	Xiaotong Liu	Cross-Frequency Coupling Analysis of Stereo-Electroencephalography Data for Epilepsy
	16:40-17:00	Xiaoyu Zhang	Rate-dependent tipping phenomenon in a thermoacoustic system with Lévy noise
	17:00-17:20 17:20-17:40	Yanwen Xue Zhonghua Liu	Target Tracking Algorithm based on YOLO And Feature Point Matching Random vibration of one-dimensional acoustic black hole beam
Parallel session 3	Session Chair Link	Symposium-9: Nonlinear Dynamics of Oscillatory Systems Pawel Olejnik, Igor Franovic Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/83520404950?pwd=UTBGelFIOVBml1Q0ZU15VXNyYUJlYjZ09	
	16:00-16:20	Igor Franovic	UNBALANCED CLUSTERING AND SOLITARY STATES IN COUPLED EXCITABLE SYSTEMS
	16:20-16:40	Samuel Surulere	Dynamics of Nonlinear Longitudinal Vibrations in a 1D Nano-Scale Continuum Described by the Generalized Morse Potential
	16:40-17:00	Yeyin Xu	Analytical and experimental study of a Hindmarsh-Rose neuron model
	17:00-17:20	Pawel Olejnik	Identification of nonlinear damping of a real parametric pendulum
Parallel session 4	Session Chair Link	Symposium-11: Successful dynamical system applications in nonlinear sciences Makrina Agaoglu Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/83021439002?pwd=Mz4yZ0lQZVhKzRYOE1kUXVYUJFGOT09	
	16:00-16:20	Jezabel Curbelo	Lagrangian analysis of the northern polar vortex during development of the Arctic ozone hole in April 2020
	16:20-16:40	Matthaios Katsanikas	Dynamics and Phase space in a Caldera Potential energy surface
	16:40-17:00	Mohammad Abdolvahab	Nonlinear Analysis of EEGs in Response to Visual Letter Strings During Cognitive Development
	17:00-17:20 17:20-17:40	Shane D. Ross VASSILIOS ROTHOS	Chaotic dynamics in atmospheric flows and connections with field experiments Localized structures in nonlocal NLS-type systems
Parallel session 5	Session Chair Link	Symposium-12: Deterministic and random dynamic nonlinear biological models Juan Carlos Cortés, Maria Leite Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/87946519041?pwd=ejFwdGlvcmlaZXczN1RlZndtZDd5dD09	
	16:00-16:20	Clara Burgos Simón	Probabilistic model for dynamics of bladder cancer taking into account the tumour resection surgeries
	16:20-16:40	Mónica López Lacort	A Bayesian Age-Structured Stochastic Model with Immunization Strategies for the study of bronchiolitis.
	16:40-17:00	Roberto Ku-Carrillo	Analysis of a non-homogenous linear differential equation with Dirac's delta impulses using the Karhunen-Loève expansion
	17:00-17:20 17:20-17:40	Sandra Elizabeth Delgado M. Filomena Teodoro	Probabilistic analysis of a class of impulsive linear random differential equations via density functions Skin's Mechanical Behaviour: a Possible Approach
CLOSING CEREMONY	17:40	CLOSING CEREMONY Link: https://videoconf-colibri.zoom.us/j/7568142062	

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for agreeing to review**From** Matjaz Perc**Sender** em.amc.3312.863f5e.18b44b69@editorialmanager.com**To** Igor Franovic**Reply-To** Matjaz Perc**Date** Sun 09:36

Review_Due.ics (~454 B)

Ms. Ref. No.: AMC-D-23-03392R1
[REDACTED]
[REDACTED]

Applied Mathematics and Computation

Dear Dr. Igor Franovic,

Thank you for agreeing to review manuscript number AMC-D-23-03392R1 for Applied Mathematics and Computation.

You should treat this invitation, the manuscript and your review (as well as other reviewer comments shared with you) as confidential. You must not share your review or information about the review process with anyone without the agreement of the editors and authors involved, irrespective of the publication outcome. If the manuscript is rejected by this journal and the author agrees that the submission be transferred to another Elsevier journal via the Article Transfer Service, we may securely transfer your reviewer comments and name/contact details to the receiving journal editor for their peer review purposes.

If possible, I would appreciate receiving your review by Nov 08, 2023.

You may submit your comments online at the Editorial Manager:

<https://www.editorialmanager.com/amc/>. Please login as a Reviewer using the following username and password:

Your username is: IgorFranovic

If you need to retrieve password details, please go to: [Can't remember your password?](#)

To reset your password please try to sign in and click 'continue'. On the next screen click the 'forgot password' link and follow the steps to reset your password.

You may access the manuscript by selecting the "Pending Assignments" link on your Main Menu page. To submit your comments, please click on the "Submit Reviewer Recommendation" link. There you will find spaces for confidential comments to the editor, comments for the author and a report form to be completed.

Please ensure that you are using the latest version of Adobe reader. If you do not have this software installed on your system, you can download the free Adobe Reader by simply clicking on the following link:
<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

Adobe offers a help database for their free Reader at this address:

<http://www.adobe.com/support/products/acrreader.html>

For Reviewers who are having problems in open the pdf file, please visit our self-help link: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/p/7923/a_id/137

As a reviewer you are entitled to complimentary access to for 30 days. Your 30-day access can be activated in your "Pending Assignments" page in EM and you have 6 months to


activate it. From the [Scope search](#) page, on your "Pending Assignments" page you can access

Message 25 of 16152

Folders

[REDACTED]
 Drafts
 Sent
 Junk
 Trash

Subject **Due Date for Chaos: REVISED manuscript CHA23-AR-01232R1 Review Instruction** 
for Chaos

From cha-edoffice@aip.org 
To franovic@ipb.ac.rs 
Cc igor.franovic@gmail.com 
Date 2023-09-19 09:17

Dear Prof. Franovic,

Thank you for agreeing to review the revised manuscript [REDACTED] [Manuscript #CHA23-AR-01232R1].

To access the manuscript, review form, and instructions please click on the link below.

<https://chaos.peerx-press.org/cgi-bin/main.plex?el=A7C5Kvor2C1HBbT1F3A9fdg7gI9dSBGCvM9jWaA3MiAY>

Reviewers are kindly requested to consider the originality of the scientific work and to evaluate the scope of the manuscript with respect to the broad readership of the Journal. In particular the review form will rapidly allow you to provide feedback in the following areas:

- Quality of Article
- Importance of Findings
- Quality of Experiments
- Suitability for Journal
- Clarity of Presentation
- Understandable to Non-Specialists?
- Does Material Need to Be Added or Deleted?
- Clarity of Figures and Tables
- Is color essential?
- Overall Rating/Recommendation
- Publication Priority of Contribution
- Confidential Remarks to the handling editor
- Detailed Comments to the Author
- Points In Favor
- Points Detracting
- Do You Want to See the Revised Paper?

We request you submit your comments by 29-Sep-2023.

If you are unable to complete the review or expect significant delays, please contact me immediately via reply e-mail.

The contents of the manuscript are, of course, confidential until published.

Sincerely,

Chaos Editorial Office
 AIP Publishing
 1305 Walt Whitman Road
 Suite 110
 Melville, NY 11747-4300
 phone: +1-516-576-2372
 e-mail: cha-edoffice@aip.org

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for reviewing for AEUE - International Journal of Electronics and Communications

From AEUE - International Journal of Electronics and Communications

Sender em.aeue.0.853340.8aba4b7b@editorialmanager.com

To Igor Franović

Reply-To AEUE - International Journal of Electronics and Communications

Date 2023-08-07 17:38

Manuscript Number: AEUE-D-23-01275R1

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Dear Dr. Franović,

Thank you for reviewing the above referenced manuscript. I greatly appreciate your contribution and time, which not only assisted me in reaching my decision, but also enables the author(s) to disseminate their work at the highest possible quality. Without the dedication of reviewers like you, it would be impossible to manage an efficient peer review process and maintain the high standards necessary for a successful journal.

I hope that you will consider AEUE - International Journal of Electronics and Communications as a potential journal for your own submissions in the future.

As a token of appreciation, we would like to provide you with a review recognition certificate on Elsevier Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com). Through the Elsevier Reviewer Hub, you can also keep track of all your reviewing activities for this and other Elsevier journals on Editorial Manager.

If you have not yet activated your 30 day complimentary access to ScienceDirect and Scopus, you can still do so via the [Rewards] section of your profile in Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com).

You can always claim your 30-day access period later, however, please be aware that the access link will expire six months after you have accepted to review.

Kind regards,

Costas Psychalinos

Area Editor

AEUE - International Journal of Electronics and Communications

More information and support



You will find guidance and support on reviewing, as well as information including details of how Elsevier recognises reviewers, on Elsevier's Reviewer Hub:
<https://www.elsevier.com/reviewers>

FAQ: How can I reset a forgotten password?

https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/kw/editori

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for reviewing for EPL - EPL-23-100355.R1**From** EPL **To** franovic@ipb.ac.rs **Reply-To** editorial.office@epleters.net **Date** 2023-07-24 11:23

Dear Dr Franovic,

Re: [REDACTED]

Article reference: EPL-23-100355.R1

Thank you for your report on this Letter, which is being considered by EPL.

We appreciate the time and effort that you have spent reviewing this manuscript and we are very grateful for your assistance.

We hope that we will be able to call upon you again to review future manuscripts.

Yours sincerely

Mr Frederic Burr: Staff Editor | Mr Kevin Desse: Editorial Assistant

On behalf of

EPL Editorial Office
European Physical Society
6 rue des Frères Lumière
F - 68200 Mulhouse

tel/fax: + 33 389 32 94 44 / + 33 389 32 94 49


email: editorial.office@epleters.netweb: <https://www.epleters.net>


Twitter: @epl_journal

Letter reference: ERWTR05

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Theory in Biosciences: Thank you for your review on The emergence of dynamic networks from many coupled polar oscillators: A paradigm for Artificial Life. 

From Theory in Biosciences 

To franovic@ipb.ac.rs 

Date 2023-05-30 14:14

Your review report for Theory in Biosciences.pdf (~65 KB)

Ref: [REDACTED]
[REDACTED]

Dear Dr Igor Franović,

Thank you for submitting your report to Theory in Biosciences. We greatly value the time and effort you put into reviewing the manuscript.

We've attached a copy of the report for your reference. You can also use this email to verify your review activity with third party websites, such as Publons.

Thanks again for your review; we'll email you the decision on the manuscript as soon as it is made. Meanwhile, we hope that we can continue to benefit from your expertise in the future.

Kind regards,

Editorial Assistant
Theory in Biosciences

Folders




[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Manuscript NODY-D-23-01189 for review**From** Nonlinear Dynamics (NODY) **Sender** em.nody.0.836dc5.f32eb00c@editorialmanager.com **To** Igor Franović **Reply-To** Nonlinear Dynamics (NODY) **Date** 2023-05-19 02:47

Dear Professor Franović,

In view of your expertise I would be very grateful if you could review the following manuscript which has been submitted to Nonlinear Dynamics.

Manuscript Number: NODY-D-23-01189

Title: [REDACTED]

Abstract: In reality, nonlinear random vibration is a common phenomenon, whose probability density prediction is an essential segment of vibration engineering. This paper proposes a data-driven method for identifying the explicit expression of response probability density in nonlinear stochastic systems based on the Hamiltonian functional. The process is divided into two steps: identifying the Hamiltonian function, and calculating the probability density of the stationary response. The former uses differential equations of motion of Hamiltonian systems to identify Hamiltonian functions from simulated data, while the latter estimates the logarithm of the probability density from the identified Hamiltonian functions and acquires the explicit expression of the probability density. Their unknown coefficients can be attributed to the solution of a set of undetermined equations. It is suitable for systems in which the Hamiltonian functions cannot be simply derived, such as which with complicated stiffness. Two examples are presented to demonstrate the applicability and effectiveness of our proposed method, i.e., the nonlinear vibration energy harvester and the Duffing oscillator with LuGre friction. Compared with results from Monte Carlo simulations, the proposed technique is more efficient. According to sensitivity analysis, our method is insensitive to parameter changes. It has a wider range of applications than the stochastic averaging method.

In case you are interested in reviewing this submission please click on this link:

<https://www.editorialmanager.com/nody/l.asp?i=1115104&l=D02H8YAA>

If you do not have time to do this, or do not feel qualified, please click on this link:

<https://www.editorialmanager.com/nody/l.asp?i=1115105&l=IJ0C5TTD>

We hope you are willing to review the manuscript. If so, would you be so kind as to return your review to us within

21 days of agreeing to review? Thank you.

You are requested to submit your review online by using the Editorial Manager system.





Your username is: IgorFranovic

If you forgot your password, you can click the 'Send Login Details' link on the EM Login page at <https://www.editorialmanager.com/nody/>

Please note that according to the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines for Peer Reviewers any manuscript received for review must be treated as a confidential document. Therefore, reviewers must not share the review or information about the review with anyone without the agreement of the editors and authors involved. This applies both during and after the publication process.

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for the review of PONE-D-23-08116 - [EMID:3475452b7789a0a3]**From** PLOS ONE **Sender** em.pone.0.82c21a.d09b1086@editorialmanager.com **To** Igor Franovic **Reply-To** PLOS ONE **Date** 2023-04-18 14:20PONE-D-23-08116
[REDACTED]

Dear Igor Franovic,

Thank you for taking the time to review PLOS ONE manuscript PONE-D-23-08116 'On the linearity of curves.' We greatly appreciate your assistance.

To access a copy of your submitted comments please navigate to the 'Completed Assignments' folder of the Reviewer Main Menu in your Editorial Manager account. Once the editor has proceeded to make a decision you can expect to receive a notification.

Kind regards,
PLOS ONE

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/pone/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Reviewer Invitation for CHAOS-D-23-00731**From** Chaos, Solitons & Fractals**Sender** em.chaos.0.82877c.fecd3c60@editorialmanager.com**To** Igor Franovic**Reply-To** Chaos, Solitons & Fractals**Date** 2023-04-08 04:13

Ms. Ref. No.: CHAOS-D-23-00731

Title: [REDACTED]
[REDACTED]

Dear Professor Franovic,

We would appreciate your review of this manuscript, which has been submitted to Chaos, Solitons and Fractals. We include the abstract of the manuscript below. We understand you may not be able to respond to this request. However, if you can, we would greatly appreciate a fast reply informing us of your availability to send us a report on the manuscript. Please feel free to write to us at any moment if you need extra time to prepare your review, or if there is anything that the editorial team can do to assist you. If you cannot review this manuscript, we would greatly appreciate suggestions and advice on other suitable referees.

If you would like to access the full text of the manuscript, please click on the following link:
[View Submission](#)

To accept this invitation, please click on the following link:
[Agree to Review](#)

To decline this invitation, please click on the following link:
[Decline to Review](#)

Yours sincerely,

Shuguang Guan
Editor

Chaos, Solitons and Fractals: the interdisciplinary journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena

ABSTRACT:

We consider the asymptotic behavior of the solution to the time-periodic Kuramoto system with general symmetric coupling and phase shifts. To cover all symmetric couplings, we employ a new framework that consists of the maximal diameter of phase difference estimates and the ℓ^2 -upper bound of mean-centered variables. Using this framework, we show the existence of a time-periodic solution to the corresponding mean-centered model for time-periodic coefficients. We also provide a sufficient condition for stability: for the two solutions of the time-periodic Kuramoto system, their phase differences converge to the same state even though phase shifts exist and the coupling is not all-to-all. Combining these properties, we prove that the phase difference of the time-periodic Kuramoto model with general symmetric coupling and phase shifts converges to the time-periodic state exponentially. We present some numerical simulations to validate our theoretical results.

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EM via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for the review of PHYLA-D-23-00232**From** Matjaz Perc**Sender** em.phyla.1624.819130.77b1a57a@editorialmanager.com**To** Igor Franovic**Reply-To** Matjaz Perc**Date** 2023-02-23 09:22

Ms. Ref. No.: PHYLA-D-23-00232

Title: [REDACTED]

Physics Letters A

Dear Dr. Franovic,

Thank you for your review of the above-referenced manuscript.

You can access your review comments and the decision letter (when available) by logging onto the Editorial Manager at <https://www.editorialmanager.com/phyla/>. Please login as a Reviewer.

If you have not yet activated your 30 day access to , you can still do so via the following link:

As a token of appreciation, we would like to provide you with a review recognition certificate on Elsevier Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com). Through the Elsevier Reviewer Hub, you can also keep track of all your reviewing activities for this and other Elsevier journals on Editorial Manager.

If you have not yet activated your 30 day complimentary access to ScienceDirect and Scopus, you can still do so via the [Rewards] section of your profile in Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com).

You can always claim your 30-day access period later, however, please be aware that the access link will expire six months after you have accepted to review.

Yours sincerely,




Matjaz Perc
Editor
Physics Letters A

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EM via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

#REV_PHYLA#

Folders

██████████
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject SIADS manuscript #M152590 review received **From** siads@siam.org **To** franovic@ipb.ac.rs **Reply-To** haines@siam.org **Date** 2023-01-18 19:19

Greetings Igor Franović,

Your referee report on ██████████ " SIADS MS#M152590, has been received and has now been forwarded to the Review Editor.

I cannot stress enough that your contribution is key to this journal's peer-review process. We are very grateful for your time and efforts and thank you very much for your help in this.

A second email will follow, which will include a link that you can use to record your review in ORCID, if you wish.

Cheers and best wishes,

James Haines
Online Content Coordinator, SIAM
siads@siam.org

Folders

[Redacted]
Drafts
Sent
Junk
Trash



Ms. Ref. No.: CHAOS-D-22-04083R1

Title: [Redacted]

Chaos, Solitons and Fractals: the interdisciplinary journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena

Dear Prof. Igor Franovic,

Thank you for taking the time to review the above-referenced manuscript. You can access your comments and the decision letter when it becomes available.

To access your comments and the decision letter, please do the following:

1. Go to this URL: <https://www.editorialmanager.com/chaos/>
2. Enter your login details
3. Click [Reviewer Login]

Thank you again for sharing your time and expertise.

As a token of appreciation, we would like to provide you with a review recognition certificate on Elsevier Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com). Through the Elsevier Reviewer Hub, you can also keep track of all your reviewing activities for this and other Elsevier journals on Editorial Manager.

If you have not yet activated your 30 day complimentary access to ScienceDirect and Scopus, you can still do so via the [Rewards] section of your profile in Reviewer Hub (reviewerhub.elsevier.com).

You can always claim your 30-day access period later, however, please be aware that the access link will expire six months after you have accepted to review.

Yours sincerely,


Awadhesh Prasad, Ph.D
Editor


Chaos, Solitons and Fractals: the interdisciplinary journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EM via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

#REV_CHAOS#

Folders


Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject thank you for the excellent review of GDEA-2022-0026**From** Rene Lozi **To** franovic@ipb.ac.rs **Date** 2022-05-14 15:45

Dear Professor Franovic,

I thank you very much for the excellent review you wrote recently on this manuscript. I knew that the paper was very long, and time consuming for a carefull reading.

By the way, I invite you to submit a paper to the special issue, I will edit with four colleagues.

https://think.taylorandfrancis.com/special_issues/lozi-henon-chaotic-attractors-theory-app

The dead line is extended until 30 october 2022.


Kind regards,
René Lozi
Professor (emeritus) University côte d'azur
(Nice) France


Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for submitting your review of Manuscript ID GDEA-2022-0026 for Journal of Difference Equations and Applications

From Journal of Difference Equations and Applications 

To franovic@ipb.ac.rs 

Reply-To Rene.lozi@univ-cotedazur.fr 

Date 2022-05-13 18:02

13-May-2022

Dear Dr Igor Franovic:

Thank you for reviewing the above manuscript, entitled [REDACTED] for Journal of Difference Equations and Applications.

We greatly appreciate the voluntary contribution that each referee gives to the Journal.

We hope that we may continue to seek your assistance with the refereeing process for Journal of Difference Equations and Applications, and hope also to receive your own research papers that are appropriate to our aims and scope.

We would be interested to hear your experience of reviewing for us today, please click the following link to complete a short survey:

<https://survey.alchemer.eu/s3/90329429/Taylor-Francis-peer-review-survey?ac=GDEA>

Sincerely,




Professor Rene Lozi

Editor, Journal of Difference Equations and Applications

Rene.lozi@univ-cotedazur.fr

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject IJBC: Thank you for the review of IJBC-D-22-00137 **From** Lev Ryashko **Sender** em.ijbc.bb8.7aef4c.4ddf1d99@editorialmanager.com **To** Igor Franovic **Reply-To** Lev Ryashko **Date** 2022-04-27 13:02Ref.: Ms. No. IJBC-D-22-00137
[REDACTED]

International Journal of Bifurcation and Chaos

Dear Prof. Franovic,

Thank You for your review of this manuscript.

We are collaborating with Publons to give you the recognition you deserve for your peer review contributions. If you haven't already added a record of this review to your Publons profile, simply forward this thank you email to reviews@publons.com to ensure your hard work doesn't go unnoticed. Publons helps you effortlessly track, verify and showcase your review work and expertise without compromising anonymity.

You can access your review comments and the decision letter (when available) by logging onto the Editorial Manager site at:

<https://www.editorialmanager.com/ijbc/>
username: IgorFranovic
password: [click here to reset your password](#)

Kind regards,

Lev Ryashko
Associate Editor
International Journal of Bifurcation and Chaos

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. ([Remove my information/details](#)). Please contact the publication office if you have any questions.

Folders



[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Action needed: Your new review assignment - 852908**From** Frontiers In Computational Neuroscience **To** Igor Franović **Date** 2022-01-16 10:50

Dear Dr Franović,

Thank you for accepting to review the manuscript "Modeling Clinical Symptoms of Cognitive Decline in Neurodegenerative Disease via Faults in Neural Networks". In order to keep the review process timely, please aim to complete your review report by 23 Jan 2022 via this link <https://review.frontiersin.org/review/bootstrap/e135bdd3-0855-4616-81c9-4fa838532df8>

You will be presented with an online structured questionnaire that will guide you through the review, focusing on objective criteria. Where appropriate, please provide detailed feedback to the authors on how they can improve the manuscript.

You can find full Review Guidelines here
https://www.frontiersin.org/Journal/ReviewGuidelines.aspx?s=237&name=computational_neuroscience

Many thanks for taking the time to support the review process of this submission, and for providing the authors with expert feedback and valuable input.

Your Frontiers in Computational Neuroscience team

Frontiers | Editorial Office - Collaborative Peer Review Team
www.frontiersin.org
Avenue du Tribunal Fédéral 34
1005 Lausanne, Switzerland
Office T 41 21 510 17 25

For technical issues, please contact our IT Helpdesk (support@frontiersin.org) or visit our Frontiers Help Center (zendesk.frontiersin.org/hc/en-us)

-----MANUSCRIPT DETAILS-----

Manuscript title: Modeling Clinical Symptoms of Cognitive Decline in Neurodegenerative Disease via Faults in Neural Networks
Manuscript ID: 852908
Authors: Anant Naik, Paul M Arnold and Lav R. Varshney
Journal: Frontiers in Computational Neuroscience
Article type: Brief Research Report
Submitted on: 11 Jan 2022
Edited by: Muhammet Uzuntarla
Research Topic: Modeling brain function at the level of neurons and circuits via computational and data-driven approaches

-----FURTHER INFORMATION-----

What happens after I complete my review report? Once you have submitted your report, the handling editor will assess the level of revisions needed and will activate the Interactive Review Forum. There, the authors will receive and respond to your comments. During the Interactive Review, you can directly discuss with the authors their responses and the revisions needed. You can at any stage contact the handling editor or the Editorial Office if you need advice.

How can I make a final recommendation or withdraw from the process? You can finalize your involvement by choosing one of three options:

Folders




[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Invitation to Review a Manuscript (ID 852908)**From** Muhammet Uzuntarla (Via FrontiersIn) **Sender** noreply=frontiersin.org@mg.frontiersin.org **To** Igor Franović **Reply-To** Muhammet Uzuntarla **Date** 2022-01-15 20:39

Dear Dr Igor Franović ,

I am writing to ask whether you would be able to review a manuscript submitted for consideration in Frontiers in Computational Neuroscience:

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Please read below for details concerning the submission and inform us of your interest using the hyperlinks enclosed. In agreeing to review this manuscript, we trust that its subject matter falls within your area of expertise.

To ACCEPT this review invitation, please click on the link below. If you are not registered with Frontiers yet, you will be first asked to register.

<https://www.frontiersin.org/journal/acceptInvitation.aspx?acceptInvitationNo=e135bdd3-0855-4616-81c9-4fa838532df8>

To DECLINE this review invitation, preventing further reminders, please click on the link below:

<https://www.frontiersin.org/review/declineInvitation.aspx?dren=e135bdd3-0855-4616-81c9-4fa838532df8>

We ask reviewers to submit their review report within 7 days, to ensure the authors receive timely feedback.

Want to review but need more time? This is not a problem, please accept the invitation and you can easily extend the deadline via the Review Forum.

When accepting this invitation, you will be asked to verify whether you have any potential conflicts of interest with the authors, including past collaborations or shared affiliation (see policy at <https://www.frontiersin.org/about/review-system#EditorialPolicies>).

Thank you for considering to review this manuscript.

With best regards,

Muhammet Uzuntarla

Guest Associate Editor, Frontiers in Computational Neuroscience

<https://www.frontiersin.org/>

-----MANUSCRIPT DETAILS-----

Journal: Frontiers in Computational Neuroscience

Article type: Brief Research Report

Manuscript title: Modeling Clinical Symptoms of Cognitive Decline in Neurodegenerative Disease via Faults in Neural Networks

Manuscript ID: 852908

Authors: Anant Naik, Paul M Arnold and Lav R. Varshney

Submitted on: 11 Jan 2022

Edited by: Muhammet Uzuntarla

Research Topic: Modeling brain function at the level of neurons and circuits via

computational and data-driven approaches

Folders

[REDACTED]

Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Re[2]: Request to Review from "Radiofizika"**From** С.С. Давыденко**To** Igor Franovic, igor.franovic@scl.rs**Cc** Vladimir Kocharovskiy**Date** 2021-12-03 05:58**Priority** Normal

Глубокоуважаемый профессор Франович,

искренне благодарю Вас за то, что Вы нашли возможность представить рецензию на рукопись работы, направленной в Radiophysics and Quantum Electronics. Безусловно, Ваше участие поможет сделать журнал лучше. Исправленный вариант работы будет направлен Вам на проверку после представления авторами.

С наилучшими пожеланиями,
Станислав Давыденко

Четверг, 2 декабря 2021, 22:18 +03:00 от Igor Franovic <franovic@ipb.ac.rs>:

Уважаемый Станислав Станиславович,

здесь прилагаю рецензию на данную статью. Предлагаем Вам опубликовать статью после того как будут должным образом рассмотрены замечания указанные в моем отчете.

С уважением,
Игорь Франович

On 2021-11-22 09:19, С.С. Давыденко wrote:

> Thank you for your help!

>

> С уважением,

> Станислав Давыденко

>

>> Понедельник, 22 ноября 2021, 10:43 +03:00 от Igor

>> Franovic <franovic@ipb.ac.rs>:

>>

>> Dear Prof. Davydenko,

>>

>> I'd be happy to do the review of the paper attached.

>>

>> С уважением,

>> Игорь Франович

>>

>> On 2021-11-21 10:06, С.С. Давыденко wrote:

>>> Dear Prof. Franovic:

>>>

>>> Please let us know as soon as possible if you are willing and able

>> to

>>> review a manuscript entitled "ON STATISTICAL APPROACH TO PHASE

>>> SYNCHRONIZATION IN SOME MAP-BASED NEURAL CHAOTIC SPIKING-BURSTING

>>> MODELS" by L.DAMET, M.COURBAGE, and L.MANGIN, submitted to the

>> special

>>> issue of Radiophysics and Quantum Electronics. The issue is

Folders

[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject EPJB-D-21-00323 for review**From** Sandrine Karpe**Sender** em.epjb.1fcc.742a47.0dda913c@editorialmanager.com**To** Igor Franovic**Reply-To** Sandrine Karpe**Date** 2021-06-23 10:49

Dear Prof. Franovic,

In view of your expertise I would be very grateful if you could review the following manuscript which has been submitted to The European Physical Journal B.

Manuscript Number: EPJB-D-21-00323

[REDACTED]

[REDACTED]

If you would like to view and/or download the submission, please click this link:
<https://www.editorialmanager.com/epjb/l.asp?i=13047&l=XTHPL775>

Abstract: The stochastic resonance (SR) phenomenon for an underdamped bistable system driven by dichotomous noise and colored noise is investigated. Based on Novikov's theorem and Fox's approach, the stationary probability density for the system is derived. By virtue of two-state theory, the transition rate for the particle and the system output signal-to-noise ratio (SNR) is obtained. Analysis results shows that a resonance peak occurs when the SNR varies with the intensities of the dichotomous noise and the colored noise. SR in a broad sense appears when the SNR changes with the increase of the correlation time of the colored noise and with the increase of the system damping coefficient. The nonmonotonic influence the system parameters on the SNR is studied.

In case you are interested in reviewing this submission please click on this link:

<https://www.editorialmanager.com/epjb/l.asp?i=13048&l=XTS76PID>

If you do not have time to do this, or do not feel qualified, please click on this link:

<https://www.editorialmanager.com/epjb/l.asp?i=13049&l=LSAKJ20E>

We hope you are willing to review the manuscript. If so, would you be so kind as to return your review to us within 30 days of agreeing to review? Thank you.

You are requested to submit your review online by using the Editorial Manager system which can be found at:
<https://www.editorialmanager.com/epjb/>

Your username is: IgorFranovic

If you forgot your password, you can click the 'Send Login Details' link on the EM Login page.

In order to keep delays to a minimum, please accept or decline this invitation online as soon as possible.




If you have any questions, please do not hesitate to contact us. We appreciate your assistance.

With kind regards,

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject [JSTAT] Invitation to review JSTAT_043P_1020

From JSTAT Editorial Office 
To Igor Franovic 
Cc JSTAT Editorial Office 
Date 2020-11-16 05:20

Preprint: JSTAT 043P 1020
[REDACTED]

Dear Professor Franovic,

In view of your expertise in this area, I would appreciate it if you could review the submission JSTAT_043P_1020.

If available, the author's cover letter can be accessed by clicking on the 'open' button in the relevant section of/or as an attachment to the article status page.

The criteria for acceptance of a preprint by JSTAT are high scientific quality, originality and relevance. If you consider this preprint acceptable for publication, please comment on how it meets these criteria.

To keep JSTAT's very high standards your expertise and promptness in responding is essential.

Please connect to the preprint status page:

https://jstat.sissa.it/jstat/referee/docPage.jsp?docPgType=work&docId=JSTAT_043P_1020

where you will find all the information needed.

In order to let me know your intentions, please use the "ACCEPT/DECLINE ASSIGNMENT" tool within 3 days. In the hope that you will accept this assignment, we ask you to please bear in mind that your report is expected within 4 weeks.

AFTER you have accepted this assignment, a report form to be filled out and sent to me will be available on your pages (button "SEND REPORT"), as well as an e-mail tool for communicating with me in case you need assistance. Please make sure you always use this for sending messages about this preprint so that a record can be kept.

Thank you in advance for your help and best regards,

Michael K Y Wong
JSTAT Editor

Folders

[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Thank you for agreeing to review NEUCOM-D-20-01814

From Neurocomputing

Sender eesserver@eesmail.elsevier.com

To igor.franovic@gmail.com, franovic@ipb.ac.rs

Reply-To Neurocomputing

Date 2020-05-18 20:34

*** Automated email sent by the system ***

Dear Mr. franovic,

Thank you so much for agreeing to review manuscript NEUCOM-D-20-01814 for Neurocomputing.

If possible, I would appreciate receiving your review by Jun 14, 2020 (mm/dd/yyyy).

Please note that, if present, we ask you to include Highlights and the Graphical Abstract in the reviewing process.

You may submit your comments online at <https://ees.elsevier.com/neucom/>.

Your username is: igor.franovic@gmail.com

If you need to retrieve password details, please go to:
http://ees.elsevier.com/NEUCOM/automail_query.asp

There you will find review instructions and spaces for your comments for the author and confidential comments for the editor.

As a reviewer you are entitled to complimentary access to Scopus and ScienceDirect for 30 days. Your 30-day access can be activated in your "Pending Assignments" page in EES and you have 6 months to activate it. From the Scopus search bar on your "Pending Assignments" page you can access Scopus directly and from there seamlessly access full text articles on ScienceDirect. You can also access Scopus and ScienceDirect directly via www.scopus.com/reviewers, using your EES Username and Password.

Neurocomputing operates a manuscript transfer service to relevant title[s] in the field. This service gives authors the option, if they are unsuccessful in their original submission, to decide to have their manuscript transferred to another relevant journal without the need to resubmit or reformat.

We recognize that you are the experts in the field and we want to ensure that our editors fully utilize your comments and guidance. As such, your reviewer reports will also be internally transferred along with the manuscript to the editor of the receiving journal. This will also help to eliminate the risk of you receiving the same manuscript twice.

If you would prefer that your reviewer report is not transferred, you will be able to untick the agreement to transfer box when submitting your review.

Overall with this service we are aiming to help facilitate and develop fast, effective and truly innovative solutions to improve the overall manuscript submission and peer review process for all individuals concerned.

With kind regards,

Muhammet Uzuntarla, Ph.D
Associate Editor
Neurocomputing

Folders

[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Thank you for reviewing for Physics Letters A**From** My Elsevier Reviews Profile**To** igor.franovic@scl.rs**Reply-To** Elsevier Journals**Date** 2018-09-04 13:21

Can't see this email properly? [Click here to view an online version](#)

ELSEVIER

Access your Reviews Profile

Thank you for your important contribution to Elsevier's journals. As a small token of our appreciation, we have created a personalized private page, where you can:

- Download your annual Elsevier Journals review history report
- Claim reviewer discounts
- Collect your certificate
- Volunteer to review for more journals



[Access your Profile](#)

This message has been sent to igor.franovic@scl.rs from Elsevier Communications on behalf of Elsevier Journals. If you no longer wish to receive messages of this nature from us in the future, please [click here](#). Visit the [Elsevier Preference Center](#) to manage more of your communication preferences with us. Copyright © 2018 [Elsevier B.V.](#). All rights reserved. | [Elsevier Privacy Policy](#)
Elsevier B.V. Registered Office: Radarweg 29, 1043 NX Amsterdam, The Netherlands. Reg. No. 33158992 – Netherlands. VAT No. NL 005033019B01.

ELSEVIER

Folders

[REDACTED]

Drafts

Sent

Junk

Trash

Subject Thank you for the review of NEUCOM-D-18-00776R1

From Zidong Wang

Sender eesserver@eesmail.elsevier.com

To igor.franovic@gmail.com, franovic@ipb.ac.rs

Reply-To Zidong Wang

Date 2018-07-12 15:47

Ref.: Ms. No. NEUCOM-D-18-00776R1

[REDACTED]

Neurocomputing

Dear Mr. franovic,

Thank you so much for your review of the above manuscript.

You can access your review comments and (eventually) view the editor's decision letter by logging onto the Elsevier Editorial Systems site as a reviewer:

<https://ees.elsevier.com/neucom/>

Your username is: igor.franovic@gmail.com

If you need to retrieve password details, please go to:

http://ees.elsevier.com/neucom/automail_query.asp

If you have not yet activated or completed your 30 days of access to Scopus and ScienceDirect, you can still access them via this link:

http://scopees.elsevier.com/ees_login.asp?journalacronym=NEUCOM&username=igor.franovic@gmail.com

You can use your EES password to access Scopus and ScienceDirect via the URL above. You can save your 30 days access period, but access will expire 6 months after you accepted to review.




Kind regards,

Professor Zidong Wang
Editor in Chief
Neurocomputing

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923> Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for the review of PLA-D-18-01087**From** Charles Doering **Sender** eesserver@eesmail.elsevier.com **To** igor.franovic@scl.rs **Reply-To** Charles Doering **Date** 2018-06-28 09:38

Ms. Ref. No.: PLA-D-18-01087

Title: [REDACTED]

Physics Letters A

Dear Dr. Franovic,

Thank you for your review of this manuscript.

You may access your review comments and the decision letter (when available) by logging onto the Elsevier Editorial System at <https://ees.elsevier.com/pla/>. Please login as a Reviewer.

If you have not yet activated or completed your 30 days of access to Scopus and ScienceDirect, you can still access them via this link:

http://scopees.elsevier.com/ees_login.asp?journalacronym=PLA&username=igor.franovic@scl.rs

You can use your EES password to access Scopus and ScienceDirect via the URL above. You can save your 30 days access period, but access will expire 6 months after you accepted to review.

Kind regards,

Charles R. Doering
Editor
Physics Letters A

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject IEEE Transactions on Cybernetics-Review**From** IEEE Transactions on Cybernetics 1**To** franovic@ipb.ac.rs 1**Cc** hjgao@hit.edu.cn 1, huijungao@gmail.com 1**Reply-To** hjgao@hit.edu.cn 1**Date** 2018-04-30 04:33

Dear Dr. Franovic:

Thank you for agreeing to review the manuscript [REDACTED]
[REDACTED] CYB-E-2018-04-0759

that has been submitted to the IEEE Transactions on Cybernetics for possible publication. Below is information on how to get the paper from our web site and complete the review at our web site.

You may access the paper through the IEEE Transactions on Cybernetics Web site at <https://mc.manuscriptcentral.com/cyb-ieee>. Your id is: franovic@ipb.ac.rs. For security reasons, we cannot provide you with your password in this e-mail. If you need your password again, enter your user-id and (leaving the password blank) and click the button to log-in. A page will come up that asks you if you need your password sent to you. This will generate an automatic e-mail that contains your password.

After you have logged into the IEEE Transactions on Cybernetics Manuscript Central, you may view and download the manuscript via the "Referee Center." For reviewing purposes all papers have been converted to Adobe Acrobat Portable Document Format (PDF). In order to view the paper, you will need the Adobe Acrobat Reader. If you do not have the Reader, you may download it via a link on the IEEE Transactions on Cybernetics Manuscript Central Web site.

We request that you review the paper within 8 weeks, if possible. I know you are extremely busy and it represents an imposition on your time to perform this service. My primary objective is to obtain a high quality, fair review of the manuscript.

Please submit your completed review via the "Referee Center" in the IEEE Transactions on Cybernetics Manuscript Central Web site <https://mc.manuscriptcentral.com/cyb-ieee>. Information about the journal can be found at <http://www.isye.gatech.edu/ieee-smc/publications/>.


Please note that some wordprocessing systems (e.g. Word) will include a document authors name in an author field for a file. This is important if you are going to upload an attachment from a wordprocessing system with your review. A word file when converted to PDF will have this author information. Please make sure you do not include this information. You can check a PDF upload to see if it is included by clicking on file, document properties, summary. It is also possible to click on the little right pointing triangle above the page slider on the right of the document to get to document summary. The author field should be blank or clearly not the name or any information that could identify the reviewer.

Thanks in advance for your assistance.

Sincerely,

Prof. Huijun Gao
Associate Editor, IEEE Transactions on Cybernetics

Folders


 Drafts
 Sent
 Junk
 Trash

Subject Receipt of reviewer's report for SREP-17-21973A
From scientificreports@nature.com

To franovic@ipb.ac.rs

Date 2017-10-11 15:23

Dear Dr. Fnanovic,

Thank you for submitting your report on "Subthreshold periodic signal detection by high-frequency bounded noise-induced resonance in the FitzHugh-Nagumo neuron" by Prof Yi et al. A copy of this report is attached below for your reference.

Best regards,

Manuscript Administration
 Scientific Reports
 4 Crinan Street
 London N1 9XW
 E-mail: scientificreports@nature.com

We greatly welcome your feedback as a peer reviewer for Scientific Reports. Please follow [this link](#) to complete a brief survey on your experience in reviewing this paper.

Is the manuscript technically sound?: No

Could the manuscript become technically sound with revision?: Yes

Are the conclusions supported by the evidence presented?: No

Are additional experiments or data required to support the conclusions?: N/A

Does the manuscript only duplicate previous work?: No

Appropriate use of statistics and treatment of uncertainties?: Yes

References: appropriate credit given to previous work?: Yes

Is the manuscript written clearly using Standard English?: No

Images (including electrophoretic gels and blots) are free from apparent manipulation?: Yes

Technical Comments to the Author:

In my opinion, the revised version of the paper by Yao et al. does not bring sufficient improvement to recommend publication in Scientific Reports. In particular, a number of issues from my previous report have remained unresolved, whereas the newly introduced text raises additional concerns. The analysis at many points has remained superficial and unconvincing. The particular issues that I find lacking are as follows.

[1] The style of presentation has not been substantially improved

In terms of form, the paper now includes two sections after the main results, which are named "Discussions" and "Conclusions". This is not appropriate and should be avoided. Also, the section title should be "Discussion" rather than "Discussions".

The latter takes one back to the improper phrasing which makes reading of the text difficult. Even the first sentence of the abstract "Neurons can detect weak target signals from

Folders

[REDACTED]
Drafts
Sent
Junk
Trash

Subject Thank you for agreeing to review**From** Wave Motion**Sender** eesserver@eesmail.elsevier.com**To** franovic@ipb.ac.rs**Reply-To** Wave Motion**Date** 2017-04-19 11:47

Ms. Ref. No.: WAMOT-D-17-00090

Title: [REDACTED]

Dear Dr. Franovic,

Thank you for agreeing to review manuscript number WAMOT-D-17-00090 for Wave Motion.

If possible, I would appreciate receiving your review by 2017-05-14 23:59:59.

You may submit your comments online at the Elsevier Editorial System:
<https://ees.elsevier.com/wamot/>. Please login as a Reviewer using the following username and password:

Your username is: franovic@ipb.ac.rs

If you need to retrieve password details, please go to:
http://ees.elsevier.com/wamot/automail_query.asp

You may access the manuscript by selecting the "Pending Assignments" link on your Main Menu page. To submit your comments, please click on the "Submit Reviewer Recommendation" link. There you will find spaces for confidential comments to the editor, comments for the author and a report form to be completed.

As a reviewer you are entitled to complimentary access to Scopus and ScienceDirect for 30 days. Your 30-day access can be activated in your "Pending Assignments" page in EES and you have 6 months to activate it. From the Scopus search bar on your "Pending Assignments" page you can access Scopus directly and from there seamlessly access full text articles on ScienceDirect. You can also access Scopus and ScienceDirect directly via www.scopus.com/reviewers, using your EES Username and Password.

Wave Motion operates a manuscript transfer service to relevant title[s] in the field. This service gives authors the option, if they are unsuccessful in their original submission, to decide to have their manuscript transferred to another relevant journal without the need to resubmit or reformat.

We recognize that you are the experts in the field and we want to ensure that our editors fully utilize your comments and guidance. As such, your reviewer reports will also be internally transferred along with the manuscript to the editor of the receiving journal. This will also help to eliminate the risk of you receiving the same manuscript twice.

If you would prefer that your reviewer report is not transferred, you will be able to untick the agreement to transfer box when submitting your review.

Overall with this service we are aiming to help facilitate and develop fast, effective and truly innovative solutions to improve the overall manuscript submission and peer review process for all individuals concerned.

Thank you in advance for your cooperation.

With kind regards,



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 16215

10.02.2020 год.

БЕОГРАД, СТУДЕНТСКИ ТРГ 12-Б
П. ФАХ 44

На основу члана 161 Закона о општем управном поступку ("Службени лист СРЈ" бр. 33/97 и 31/01) и члана 149 Статута Физичког факултета Универзитета у Београду, а на основу захтева ИВЕ БАЧИЋ, издаје се следећа

ПОТВРДА

Овим се потврђује да је ИВА БАЧИЋ, дипломирани физичар, пријавила Наставно-научном већу Физичког факултета докторску дисертацију под називом: "SELF-ORGANIZATION IN COUPLED EXCITABLE SYSTEMS: INTERPLAY BETWEEN MULTIPLE TIMESCALE DYNAMICS AND NOISE" (Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима: садејство вишеструких временских скала и шума).

Наставно-научно веће је на својој седници одржаној 24. априла 2019. године прихватило предложену тему и за ментора именовало др Игора Франовића, научног сарадника Института за физику.

Веће научних области природно математичких наука Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 13. маја 2019. године, дало је сагласност на предлог теме и одобрило кандидату рад на дисертацији.

Београд, 7.2.2020.



ДЕКАН ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Иван Белча

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF PHYSICS

Iva Bačić

SELF-ORGANIZATION IN COUPLED
EXCITABLE SYSTEMS: INTERPLAY
BETWEEN MULTIPLE TIMESCALE
DYNAMICS AND NOISE

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020

Thesis Defense Committee

Thesis advisor:

Dr. Igor Franović

Associate Research Professor

Institute of Physics Belgrade

University of Belgrade

Committee member:

Prof. Dr. Đorđe Spasojević

Professor

Faculty of Physics

University of Belgrade

Committee member:

Prof. Dr. Milan Knežević

Professor

Faculty of Physics

University of Belgrade

Committee member:

Dr. Antun Balaž

Research Professor

Institute of Physics Belgrade

University of Belgrade

Acknowledgements

In addition to my own hard work and persistence, the completion of the present thesis would not have been possible without the immense support that I have received both professionally and privately.

The presented research was conducted at the Scientific Computing Laboratory of the National Center of Excellence for the Study of Complex Systems at the Institute of Physics Belgrade under the supervision of Dr. Igor Franović. Financial support for the research was provided by the Ministry of Education, Science, and Technological Development of the Republic of Serbia under the National Project ON171017 *Modeling and Numerical Simulations of Complex Many-Body Systems*, and partially by the DAAD bilateral project *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units*.

I wish to express my appreciation to my supervisor for introducing me to the world of research, writing, and publishing, as well as for imparting his broad scientific expertise to me, providing me with the foundation upon which I will build my international scientific career. I would also like to express my gratitude to our senior collaborators from Berlin, Dr. Serhiy Yanchuk and Dr. Matthias Wolfrum, whose expertise and valuable insights, shared through numerous discussions, helped me broaden my scientific horizons. I also sincerely thank dr Antun Balaž, head of our lab, to whom I am indebted for his encouragement and assistance throughout all stages of my PhD studies.

Finally, I owe lots of gratitude to my friends and family. The support of every single one of you has been very valuable to my completion of this journey. I thank my father for teaching me the importance of erudition by setting his own example, and my mother for teaching me to aim for the stars while adamantly following my dreams.

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

Abstract

The dynamics of complex systems typically involves multiple spatial and temporal scales, while emergent phenomena are often associated with critical transitions in which a small parameter variation causes a sudden shift to a qualitatively different regime. In the vicinity of such transitions, complex systems are highly sensitive to external perturbations, potentially resulting in dynamical switching between different (meta)stable states. Such behavior is typical for many biological systems consisting of coupled excitable units. In neuronal systems, for instance, self-organization is influenced by the interplay between noise from diverse sources and a multi-timescale structure arising from both local and coupling dynamics.

The present thesis is devoted to several types of self-organized dynamics in coupled stochastic excitable systems with multiple timescale dynamics. The excitable behavior of single units is well understood, in terms of both the nonlinear threshold-like response to external perturbations and the characteristic non-monotonous response to noise, embodied by different resonant phenomena. However, the excitable behavior of coupled systems, as a new paradigm of emergent dynamics, involves a number of fundamental open problems, including how interactions modify local dynamics resulting in excitable behavior at the level of the coupled system, and how the interplay of multiscale dynamics and noise gives rise to switching dynamics and resonant phenomena. This thesis comprises a systematic approach to addressing these issues, consisting of three complementary lines of research.

In particular, within the first line of research, we have extended the notion of excitability to coupled systems, considering the examples of a small motif of locally excitable units and a population of stochastic neuronal maps. In the case of the motif, we have classified different types of excitable responses and, by applying elements of singular perturbation theory, identified what determines the motif's threshold-like response. Regarding the neuronal population, we have established the concept of macroscopic excitability whereby an entire population of excitable units acts like an excitable element itself. To examine the stability

and bifurcations of the macroscopic excitability state, as well as the associated stimulus-response relationship, we have derived the first effective mean-field model for the collective dynamics of coupled stochastic maps.

The second line of research concerns switching dynamics induced by the interplay of noise and multiplicity of timescales in small systems of locally excitable units. Our analysis, carried out on two paradigmatic models, has revealed that the coaction of noise and a large, but finite timescale separation gives rise to two different types of switching dynamics, namely slow stochastic fluctuations and stochastic bursting. In the former case, demonstrated for a motif of two adaptively coupled stochastic units with excitable local dynamics, we have found that the fluctuation forms qualitatively depend on the scale separation. In one of the scenarios, noise induces two characteristic time scales, giving rise to switching between two modes of noise-induced oscillations. Concerning the latter, by introducing the model of a stochastic excitable unit with a slowly adapting feedback, we have demonstrated that switching between metastable states derived from deterministic attractors gives rise to a bursting regime, whose stability boundaries we have calculated by introducing a new stochastic averaging method which extends singular perturbation theory to stochastic multiscale systems.

Within the third line of research, we have studied resonant phenomena in coupled systems with local dynamics near the bifurcation threshold. By considering the influence of noise on a paradigmatic model of two units with excitable or oscillatory local dynamics, we have identified two generic scenarios for the onset of inverse stochastic resonance: one based on biased switching, and the other associated with the noise-enhanced stabilization of a deterministically unstable fixed point. We have also demonstrated a novel method of efficient control of coherence resonance, showing how the effect may be enhanced or suppressed by adjusting the strength of the slowly adapting feedback.

Keywords: excitability, noise, multiscale dynamics, macroscopic excitability, switching dynamics, resonant phenomena

Scientific field: Physics

Research area: Statistical physics

UDC number: 536

Contents

Thesis Defense Committee	i
Acknowledgements	v
Abstract	vii
Sažetak	ix
Contents	xi
List of Figures	xv
1 Introduction	1
1.1 Multiple timescale dynamics	6
1.1.1 Singular perturbation theory and slow-fast analysis	7
1.1.1.1 Geometric singular perturbation theory	8
1.1.1.2 Asymptotic singular perturbation theory	11
1.2 The concept of excitability	11
1.2.1 Phenomenology	11
1.2.2 Dynamical features of excitable systems	12
1.2.3 Minimal models of excitability	16
1.2.3.1 Type I Excitability: The active rotator model	16
1.2.3.2 Type II Excitability: The FitzHugh-Nagumo model	18
1.3 Effects of noise in excitable systems	24
1.4 This thesis	26
2 The Excitability of Coupled Systems	29
2.1 Excitability of a motif of two adaptively coupled units	32
2.1.1 Model	32
2.1.2 Deterministic dynamics: stationary states	33
2.1.2.1 Stability of fixed points on the synchronization manifold	34
2.1.2.2 β -dependence of the number and stability of fixed points	36
2.1.3 Stimulus-response relationship and threshold-like behavior	38
2.2 Macroscopic excitability: assembly of coupled neuronal maps	39

2.2.1	Local map dynamics and the population model	40
2.2.2	Derivation of the mean-field model	43
2.2.3	Stability and bifurcation analysis for the macroscopic excitability state	47
2.2.4	Response to external stimuli	53
2.3	Chapter summary and discussion	56
3	Switching Dynamics Induced by the Interplay of Adaptivity and Noise	59
3.1	Switching in a motif of two adaptively coupled excitable units	62
3.1.1	Model and deterministic dynamics of the full system	62
3.1.1.1	Stationary states	63
3.1.1.2	The onset of oscillations	63
3.1.2	Slow-fast analysis of deterministic dynamics	65
3.1.2.1	Dynamics of the fast flow: the layer problem	65
3.1.2.2	Dynamics of the slow flow: the reduced problem	68
3.1.3	Switching dynamics	70
3.1.3.1	Switching dynamics for slower adaptation	71
3.1.3.2	Switching dynamics for faster adaptation	72
3.2	Switching in an excitable unit with a slowly adapting feedback	73
3.2.1	Model	74
3.2.2	Slow-fast analysis of deterministic dynamics	74
3.2.2.1	Stable equilibrium in the fast flow and the method of adiabatic elimination	75
3.2.2.2	Stable periodic solution of the fast flow and averaging over fast oscillations	76
3.2.2.3	Combined dynamics of the slow variable	78
3.2.3	Slow-fast analysis of stochastic dynamics: stochastic averaging approach	79
3.2.4	Switching dynamics	84
3.3	Chapter summary and discussion	87
4	Resonant Phenomena in Coupled Systems with Local Dynamics near the Bifurcation Threshold	91
4.1	ISR due to biased switching	94
4.1.1	Model and deterministic dynamics of the full system	94
4.1.1.1	The onset of emergent oscillations	95
4.1.2	Numerical results on ISR	96
4.1.2.1	Characterization of ISR	96
4.1.2.2	Biased switching as a mechanism of ISR	98
4.1.2.3	Local stability of the limit cycle attractor: the impact of scale separation	100
4.1.3	Facilitatory role of adaptivity in the resonant effect: slow-fast analysis	101
4.2	ISR due to noise-enhanced stabilization of an unstable fixed point	104

4.2.1	Model and deterministic dynamics of the full system	104
4.2.1.1	Stationary states	105
4.2.1.2	Multistability of oscillatory regimes in the full system	105
4.2.2	Slow-fast analysis	106
4.2.2.1	Layer problem: stationary states and periodic orbits of the fast flow	108
4.2.2.2	Time-reversal symmetry of the fast flow	110
4.2.3	Numerical observation of ISR and the trapping effect	112
4.2.3.1	Degradation of ISR for different rules of adaptation	113
4.3	Two mechanisms of ISR in classical neuronal models	114
4.4	Controlling CR by nonlinear feedback	116
4.4.1	Paradigmatic model for the control of CR via a slowly adapting feedback	116
4.4.1.1	Slow-fast analysis of the deterministic system	117
4.4.1.2	Slow-fast analysis of the stochastic system	118
4.4.2	Enhancing or suppressing CR by adjusting the feedback strength	119
4.5	Chapter summary and discussion	121
5	Conclusions	125
5.1	Conceptual advancements	125
5.2	Methodological advancements	127
5.3	Outlook	127
	Bibliography	129
	Curriculum Vitae	143



Институт за физику у Београду

на основу одлуке Жирија о додељивању Годишње награде додељује

ГОДИШЊУ НАГРАДУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ ЗА 2020. ГОДИНУ

др Игору Франовићу

за његов значајан допринос развоју
физике комплексних система, нелинеарне динамике
и статистичке физике

др Жељка Никитовић
председница
Научног већа



др Александар Богојевић
директор
Института за физику



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ | БЕОГРАД
ИНСТИТУТ ОД ТРАДИЦИОНАЛНОГ
ЦИКЛУСА У РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ
www.ipb.ac.rs

Број 0801-1618/1
Датум 31. 10. 2023

ПОТВРДА О РУКОВОЂЕЊУ ПОТПРОЈЕКТОМ

Овим потврђујем да виши научни сарадник др **Игор Франовић**, ангажован у Лабораторији за примену рачунара у науци Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система Института за физику у Београду, у оквиру рада Центра почев од 2019. године руководи потпројектом под називом „Емергентна динамика на комплексним мрежама: стохастички ефекти, кашњење у интеракцијама, адаптивност“.

др Антун Балаж

научни саветник

Руководилац Центра за изучавање комплексних
система Института за физику у Београду



Број 0801-1619/1

Датум 31. 10. 2023

ПОТВРДА О РУКОВОЂЕЊУ ПОТПРОЈЕКТОМ

Овим потврђујем да је виши научни сарадник **др Игор Франовић**, ангажован у Лабораторији за примену рачунара у науци Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система Института за физику у Београду, у оквиру пројекта ОН171017 „Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система“ од 2016. до 2019. године руководио потпројектом под називом „Самоорганизација у спрегнутим ексцитабилним системима“. На поменутом потпројекту били су ангажовани следећи истраживачи: др Игор Франовић, проф. др Нели-Кристина Годоровић-Васовић, проф. др Небојша Васовић, др Ива Бачић.

др Антун Балаж

научни саветник

Руководилац пројекта ОН171017

Руководилац Центра за изучавање комплексних
система Института за физику у Београду

Република Србија
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ,
НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА
Комисија за стицање научних звања

Број: 660-01-00001/555
27.05.2019. године
Београд

ПРИМЛЕНО: 11 07 2019			
Рад.јед.	б р о ј	Арх.шифра	Прилог
0807	1043/7		

На основу члана 22. став 2. члана 70. став 5. Закона о научноистраживачкој делатности ("Службени гласник Републике Србије", број 110/05, 50/06 – исправка, 18/10 и 112/15), члана 3. ст. 1. и 3. и члана 40. Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије", број 24/16, 21/17 и 38/17) и захтева који је поднео

Инстџиџуџ за физику у Београду

Комисија за стицање научних звања на седници одржаној 27.05.2019. године, донела је

**ОДЛУКУ
О СТИЦАЊУ НАУЧНОГ ЗВАЊА**

Др Игор Франовић

стиче научно звање
Виши научни сарадник

у области природно-математичких наука - физика

О Б Р А З Л О Ж Е Њ Е

Инстџиџуџ за физику у Београду

утврдио је предлог број 768/1 од 29.05.2018. године на седници Научног већа Института и поднео захтев Комисији за стицање научних звања за доношење одлуке о испуњености услова за стицање научног звања **Виши научни сарадник**.

Комисија за стицање научних звања је по претходно прибављеном позитивном мишљењу Матичног научног одбора за физику на седници одржаној 27.05.2019. године разматрала захтев и утврдила да именовани испуњава услове из члана 70. став 5. Закона о научноистраживачкој делатности ("Службени гласник Републике Србије", број 110/05, 50/06 – исправка, 18/10 и 112/15), члана 3. ст. 1. и 3. и члана 40. Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије", број 24/16, 21/17 и 38/17) за стицање научног звања **Виши научни сарадник**, па је одлучила као у изреци ове одлуке.

Доношењем ове одлуке именовани стиче сва права која му на основу ње по закону припадају.

Одлуку доставити подносиоцу захтева, именованом и архиви Министарства просвете, науке и технолошког развоја у Београду.

ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ

Ђурђица Јововић
Др Ђурђица Јововић,
научни саветник


МИНИСТАР
Младен Шарчевић
Младен Шарчевић