

## С П Р А В К А

за научните приноси в трудовете на Иван Пейчев Йорданов, представени във връзка с конкурс за АД „професор“ по научно направление  
4.5. Математика, обявен в ДВ, бр. 24 от 16. 03. 2018 г.

За участие в конкурса съм представил следните публикации (**общ IF = 9.48**):

- 1.) On nonlinear dynamics of interacting populations: Coupled kink waves in a system of two populations, Vitanov, N. K., Jordanov, I. P., Dimitrova, Z. I., Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, v. 14, n. 5, 2379-2388, 2009, Elsevier.
- 2.) On nonlinear population waves, Vitanov, N. K., Jordanov, I. P., Dimitrova, Z. I., Applied Mathematics and Computation, v. 215, n. 8, 2950--2964, 2009, Elsevier.
- 3.) Analysis of a Japan government intervention on the domestic agriculture market, Vitanov, N. K., Sakai, K., Jordanov, I. P., Managi, Sh., Demura, K., Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, v. 382, n. 1, 330-335, 2007, Elsevier.
- 4.) On the nonlinear waves in (2+ 1)-dimensional population systems, Jordanov, I. P., Compt. rend Acad. Bulg. Sci., vol. 61, n. 3, 307-314, (2008), Acad. Bulg. Sci.
- 5.) On nonlinear waves in the spatio-temporal dynamics of interacting populations, Jordanov, I. P., Nikolova, E. V., Journal of Theoretical and Applied Mechanics, v. 43, n. 2, 69--76, 2013.
- 6.) Dynamical Analysis of the MicroRNA--Mediated Protein Translation Process, Nikolova, E. V. Jordanov, I.P., Vitanov, N. K., Biomath, v. 2, n. 1210071, 1--6, 2012.
- 7.) Nonlinear coupled kink waves of migration of populations, Vitanov, N. K., Jordanov, I. P., Dimitrova, Z. I., Dynamics of Socio-Economic Systems, JDySES, v. 2, n. 2, 163--174, 2011.
- 8.) Dynamical features of the quasi-stationary microRNA-mediated protein translation process supported by eIF4F translation initiation factors, Nikolova, E. V., Jordanov, I. P., Vitanov, N. K., Computers & Mathematics with Applications, v. 66, n. 9, 1716--1725, 2013, Pergamon.
- 9.) Nonlinear waves caused by diffusion of population members, Jordanov, I. P., Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., vol. 62, number 1, 33-40, (2009), Acad. Bulg. Sci.
- 10.) On nonlinear waves of migration, Jordanov, I. P., Dimitrova, Z. I., Journal of Theoretical and Applied Mechanics, vol. 40, number 1, 89-96, (2010), Acad. Bulg. Sci.
- 11.) Coupled Kink Population Waves, Jordanov, I. P., Journal of Theoretical and Applied Mechanics, v. 40, n. 2, 93--98, 2010, Acad. Bulg. Sci.
- 12.) On Nonlinear Dynamics of the STAT5a Signaling Protein, Nikolova, E. V., Jordanov, I. P., Vitanov, N. K., BIOMATH, v. 3, n. 1, 1404131, 2014.
- 13.) Space-Temporal Dynamics of the STAT Signaling Protein, Nikolova, E. V., Jordanov, I. P., Vitanov, N. K., 12-th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics, 2013.
- 14.) Mathematical Modeling of the Migration of Human Populations, Nikolova, E. V., Jordanov, I. P., Vitanov, N. K., Proceedings of International Conference on Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education (ICAICTSEE-2013), 474--483, 2014.
- 15.) On the Nonlinear Dynamics of Agent Systems: A Case of Competing Populations, Z. I. Dimitrova, N. K. Vitanov, I. P. Jordanov, Proceedings of 10th Jubilee National Congress on Theoretical and Applied Mechanics, v. 1, 41--46, 2006, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House
- 16.) Application of Physics Methods to Social Phenomena, N. K. Vitanov, Z. I. Dimitrova, I. P. Jordanov, Bulgarian Journal of Physics, v.33, n.s3(2006), 123--128, 2006, Heron Press, 18 Oborishte str., 1504 Sofia, Bulgaria.
- 17.) Characterization of aerodispersed systems with increased concentration according to the kinematic viscosity and mass density of their aerosol phase, Damov K. S., I.P. Jordanov, A.S. Antonov, M.T. Iliev, Bulgarian Chemical Communications, Volume 49, Number 3, (pp. 589 – 594) 2017.
- 18.) Numerical modeling of dynamics of a population system with time delay, Dushkov I. N., I. P. Jordanov, N. K. Vitanov, Mathematical Methods in the Applied Sciences, <https://doi.org/10.1002/mma.4553>, 2017.
- 19.) Evolution of nonlinear waves in a blood-filled artery with an aneurysm, Nikolova E. V., I. P. Jordanov, Z. I. Dimitrova, N. K. Vitanov, AIP Conference Proceedings, American Institute of Physics, 1895 (1), 070002, 2017.

20.) Nonlinear Evolution Equation for Propagation of Waves in an Artery with an Aneurysm: An Exact Solution Obtained by the Modified Method of Simplest Equation, Nikolova E. V., I. P. Jordanov, Z. I. Dimitrova, N. K. Vitanov, *Advanced Computing in Industrial Mathematics*, Springer, 131-144, 2018.

Изследванията ми могат да се разделят тематично в следните направления:

- I.) Математическо моделиране и анализ на пространствено-времето поведение на взаимодействащи си агентни системи, описвани чрез система параболични ЧДУ с нелинейна дясна част, както и получаването на вълнови решения от тип КИНК на такива  $u$ -я и  $s$ -ми при дясна част полином – публикации 1, 2, 4, 5, 7, 9 - 11, 14, 17 - 19 и 22 (**общ IF = 4.544**);
- II.) Анализ на стационарни и нестационарни времеви редове и приложението на такъв анализ за изследването на различни биологични, технически, икономически и социални системи, когато липсва приемлив математически модел, описващ тяхното поведение – публикации 3, 16 и 17 (**общ IF = 1.85**);
- III.) Динамичен анализ на модели на сигнални пътеки, като резултат от биомеханичните функции на клетката – публикации 6, 8, 12, 13, 18 (**общ IF = 3.086**).

I.) Популационната динамика на агентните системи е сравнително ново направление от приложната математика, което търпи бурно развитие през последното десетилетие. Актуалността му се обуславя от появилите се напоследък демографски и екологични проблеми в световен мащаб, както и на задълбочаващата се икономическа криза. Това налага решаване на задачи от областта на нелинейната теория на миграцията. Миграцията се съпътства от движение в пространството, поради което класическите модели от типа на Лотка-Волтера, състоящи се от ОДУ, отстъпват място вече на моделни системи частните диференциални уравнения (най-често от параболични и от 2-ри ред). В този аспект, в статиите от тази част е разгледан нелинейния модел на пространствено-времето динамика на взаимодействащи помежду си агенти. В случая е получен математически модел, който представлява система от параболични ЧДУ от 2-ри ред и освен, че обобщава класическите модели с ОДУ, отчита и миграцията, т. е. и придвижването на агентите в пространството. На основата на този модел изследваме вълни, свързани с миграцията на 2 системи от агенти. За случая на 1 система агенти получаваме приближено решение на моделното уравнение, описващо миграционна вълна при малки стойности на отношението между коефициента на дифузия и скоростта на вълната. По-нататък получаваме и точни частни решения от тип kink на нелинейното уравнение за случая на една система агенти, при това както за полиномиална нелинейност от 4-та степен, така и за нелинейности от 3-та и 2-ра степен. Получените решения са вече международно признати за нови точни решения на широко известните уравнения на Фишер и на Колмогоров-Петровски-Пискунов. Накрая сме получили и точни решения на параболична нелинейна система от 2 ЧДУ, когато миграцията се осъществява с една и съща скорост.

II.) В тази точка изследваме различни най-често реални системи, без да използваме математически модел. Считаме, че разполагаме само с краен брой стойности на интересуващата ни величина (в повечето случаи получени експериментално) в различни моменти на времето, т. е. имаме редица от данни. В литературата тази редица е прието да се нарича времеви ред. Част от изследваните в тази точка редици са получени от модел, описващ на динамиката на конкуриращи се за ограничен ресурс субекти. Времевият ред е стационарен и с произволен брой членове. Прилагаме различни методи за анализ на стационарни времеви редове. След като разглеждаме времеви редове в обобщените системи на Волтера и установяваме интермитетност за такава

система при периодично, хаотична и слабохаотично поведение. Потвърждаваме и теорията на Zauer, York, и Kasdagli за размерността на фазовото пространство.

В публикациите от тази точка изследваме и експериментални времеви редове, свързани с разходите на селскостопанската продукция. Тези редици от къси и нестационарни, така както са записани от експериментатора и се налага да бъдат анализирани с методи, различни от тези, прилагани към стационарните времеви редове. Вече не можем да прилагат класическите методи, основаващи се на реконструкцията на фазовото пространство на системата. Вместо това трябва да използваме единствено SVD - метода. Като анализираме времевите редове на цените и на селскостопанското производство преди и след втората петролна криза от 1974 г., установяваме влиянието на държавното регулиране върху тях. Показваме, че след подходяща фискална намеса от страна на правителството в селскостопанското производство може да се коригира дейността на пазарните механизми, и това, че въпреки рязката промяна в цените, промени в продукцията не са толкова остри. За вариацията на времевите редове на цените преди и след кризата (т.е. преди и след държавната намеса) получаваме увеличаване на принципните компоненти от 3 на 5. По този начин установяваме, че с увеличаването на размерността на фазовото пространство на цените намалява цикличното поведение на времевите редове. При редовете от съответната продукция поведението е обратно – налице концентрация на вариацията на времевия ред в първата принципна компонента, за сметка на останалите.

III.) Известно е, че един от основните фактори за развитието на ракови заболявания е нарушено предаване на сигнали на вътрешноклетъчно равнище, т.е. от мембранните рецептори към гените в ядрото и цитоплазмата. Предаването на информация (под формата на сигнали) се осъществява посредством рекурентни поредици (каскади) от биомолекуларни взаимодействия, наречени сигнални пътеки, които са предмет на изучаване от биомеханиката. Последната (заедно с клетъчната биохимия, биоенергетика и молекулярна биоинформатика), има за основна задача изхождайки от познаването на молекулярните структури на клетката да идентифицира техните физиологични функции, в това число и биомеханичните: възбуждане, съкращение, структуро-образуване (диференциация), делене (пролиферация) и активни движения при имунен отговор. На този етап, единственият начин да се осъществи подобна идентификация е прилагането на математическо моделиране и компютърно симулиране в термините на теорията на динамичните системи. Моделирането на съответните биомолекуларни взаимодействия, (във вид на системи от нелинейни обикновени диференциални уравнения) се извършва по сравнително проста и еднозначна процедура въз основа на така наречените биокинетични диаграми. Основна част от резултатите, получени в тази точка са изследване на квазистационарните приближения на два известни модела на сигналната пътека MEK/ERK и предложен реакционно-дифузионен модел на взаимодействието между пътеките MEK/ERK и JAK/STAT. За тази цел използваме специфичен алгоритъм за редуциране на високоразмерни системи от ОДУ с времева йерархия. Разглеждаме 17-мерен динамичен модел, пресъздаващ механизма на положителна обратна връзка в сигналната пътека MEK/ERK. Получаваме квазистационарно приближение на пълния модел и след като го решим извеждаме интересни зависимости между началните и стационарните концентрации на всички протеинови компоненти, участващи в сигналния процес. Получените резултати потвърждават това, че в близост до стационарното си състояние MEK/ERK пътеката не се регулира пряко от инхибитора RKIP (Последното е установено експериментално), а вече индиректно - от неговите комплекси. Гореспоменатият метод за редуциране на високоразмерни динамични системи е приложен към известен математичен модел на другата сигнална пътека -

JAK-STAT. Моделът, представяващ система от 10 нелинейни ОДУ е редуциран в този случай до 3 и при това линейни ОДУ. И в този случай, вследствие на аналитичното решение на полученото вече квазистационарно приближение на изходния модел, са получени преки зависимости между началните и крайните концентрации на всички компоненти, включени в разглежданата сигнална каскада. Последните могат да се разглеждат като връзка между входа и изхода на сигналния процес. По такъв начин са ценни от биологична и медицинска гледна точка, поради факта, че изходът би могъл да бъде контролиран в желаната от експериментаторите посока, посредством регулиране на нивата на началните концентрации. В допълнение показваме и точно кои от сигналните компоненти са определящи, т.е. търпят наблюдение. Проучваме и влиянието на времето закъснение за такива системи. Показано е и влиянието на такова закъснение върху качествено поведение на системата, като е показано преминаването от циклично поведение в хаотично и обратно.

Изведени са експериментално проверяеми аналитични зависимости между стационарните (изходните) концентрации на всички участници в сигналните пътеки MEK/ERK и JAK/STAT и началните (входните) концентрации на техните бавно-променящите се протеини и протеинови комплекси. Идентифицирани са протеините, чрез промяната на чиито начални концентрации, експериментаторите биха могли да контролират пътеките MEK/ERK и JAK/STAT и насочват в желаната от тях посока. Последното цели отстраняване на нарушенията в сигналната трансдукция, и следователно, отстраняване на съответния туморен причинител.

16. 05. 2018 г.,  
гр. София

Изготвил:

/И. Йорданов/