

Резюмета на публикациите

на гл. ас. д-р Асен Чорбаджиев

за участие в конкурс за доцент в областта на висше образование

4. Природни науки, математика и информатика,

Професионално направление: 4.5 Математика

Научна специалност: „Теория на вероятностите и математическа статистика“

обнародван в „Държавен вестник“, бр. 8/26.01.2024 г.

Общият списък с научни трудове на кандидата включва 23 (двадесет и три) заглавия в периода между 2015-2023 година, всичките с дата на публикувани след придобиване на образователната степен доктор през 2013г. и заемането на длъжност главен асистент в Института по Математика и Информатика, Българска Академия на Науките (ИМИ БАН) през 2015. От тях за участие в конкурса са избрани 18 (осемнадесет) научни работи, като 2 (две) от тях са самостоятелни и 16 (шестнадесет) са в съавторство. В този списък **не** фигурират и 2 (две) научни работи с които е кандидатствано в конкурс за заемане на позицията главен асистент в ИМИ БАН.

Подробен хронологичен списък на абстрактите на включените в конкурса работи е както следва:

1. *Tchorbadjieff, A., Angelov, C., Arsov, T., Nikolova, N., Kalapov, I., & Boyadjieva, A. (2015). Sahara dust events over south-western Bulgaria during the late spring of 2013. Comptes Rendus l'Académie Bulg. Sci, 68, 1229.*

EN: The Basic Environmental Observatory (BEO) at Moussala peak is the main site for permanent uninterrupted in-situ observations of atmospheric aerosol properties in south-eastern Europe. It is a region, which suffers a very severe impact of Sahara dust storms due to a long-range air mass transport. Despite the large distance away from the southernmost part of the region, direct Sahara dust events (SDEs) are common for the BEO site, mainly during late winter and spring. Moreover, in many cases particles of Saharan origin have been detected over Moussala, mainly after a SDE occurring over central and south-eastern Europe. This paper reports seven events registered at Moussala BEO by a 3563 TSI Nephelometer during the period between April 1 and June 30, 2013. The impact is also estimated quantitatively of the mineral dust particles on the overall optical depth for the period reported.

BG: Базовата обсерватория на околната среда (БЕО) на връх Мусала е водещо място за постоянни непрекъснати наземни наблюдения на атмосферните аерозолни в Югоизточна Европа. Това е регион, който страда от много тежко въздействие на прашните бури в Сахара поради масовия въздушен транспорт на далечни разстояния. Въпреки голямата отдалеченост от най-южната част на региона, директните прахови събития в Сахара (SDEs) са често срещани за локацията на БЕО, главно през късната зима и пролетта. Освен това в много случаи частици от сахарски произход са открити над Мусала, главно след прахови събития възникнала над

Централна и Югоизточна Европа. Този документ съобщава за седем събития, регистрирани в Moussala BEO от 3563 TSI Nephelometer в периода между 1 април и 30 юни 2013 г. Въздействието е също оценено количествено и за частиците минерален прах спрямо общата оптична дълбочина за докладвания период.

2. *Angelov, C., Nikolova, N., Arsov, T., Kalapov, I., Tchorbadjieff, A., Penev, I., & Angelov, I. (2016). BEO Moussala: complex for environmental studies. Sustainable Development in Mountain Regions: Southeastern Europe, 349-365.*

EN: The main areas of research at the Basic Environmental Observatory (BEO) Moussala, Rila Mountain, are the aerospace and terrestrial environment. The interactions between cosmic rays and the Earth's atmosphere, global change parameters and climate research, and natural hazards and technological risks are the objectives of the investigations. Real-time measurements of basic parameters of space and atmosphere are carried out. The information is transmitted via a high-frequency radio- telecommunication system to the Internet and is stored in a database for further analysis within GAW, EURDEP, EUSAAR (ACTRIS), RECETOX, and UNBSS international networks. On-line data and detailed information about BEO Moussala are available at: <http://beo-db.inrne.bas.bg> In 2014, the scientific research carried out at peak Moussala celebrated its 55th anniversary.

BG: Основните области на изследване в Базовата обсерватория за околната среда (BEO) Мусала, Рила планина, са аерокосмическата и земната среда. Взаимодействията между космическите лъчи и земната атмосфера, параметрите на глобалните промени на и изследванията на климата, природните опасности и технологичните рискове са целите на изследванията. Извършват се измервания в реално време на основни параметри на пространството и атмосферата. Информацията се предава чрез високочестотна радио-телекомуникационна система към интернет и се съхранява в база данни за по-нататъшен анализ в рамките на международните мрежи GAW, EURDEP, EUSAAR (ACTRIS), RECETOX и UNBSS. Онлайн данни и подробна информация за BEO Moussala можете да намерите на: <http://beo-db.inrne.bas.bg> През 2014 г. научните изследвания, проведени на връх Мусала, отбелязаха своята 55-годишнина.

3. *Toneva, D., Nikolova, S., Georgiev, I., & Tchorbadjieff, A. (2017). Accuracy of linear craniometric measurements obtained from laser scanning created 3D models of dry skulls. In Advanced Computing in Industrial Mathematics: Revised Selected Papers of the 10th Annual Meeting of the Bulgarian Section of SIAM December 21-22, 2015, Sofia, Bulgaria (pp. 215-229). Springer International Publishing.*

EN: The aim of this study was to establish the reliability of directly taken linear measurements on dry skulls and corresponding measurements taken on the 3D digital models created by laser scanning as well as to assess the agreement between both measuring methods. Four skulls were measured in two competitive methods—a direct measuring, based on the conventional craniometric method, and a digital measuring, accomplished on 3D models created by laser scanning. Thirteen cranial measurements were taken on both dry skulls and 3D models. The intraand inter-examiner reliability was estimated using intraclass correlation coefficient. The agreement between both measuring methods was assessed applying the Bland-Altman method for replicated measurements. A Bland-Altman plot was constructed for each of the 13 parameters. The 3D model and directly taken measurements were assessed as highly reliable and reproducible, excepting the orbital height. Our results showed that 96% of all digital measurements differ from the directly taken ones with less than

2mm and respectively 67.6% differ with less than 1mm. Based on the results of the Bland-Altman plots, most of the measurements obtained by both measuring methods could be accepted as comparable, since the majority of differences were within the constructed limits of agreement. However, there were digital measurements, particularly these with landmarks situated on bone margins, which systematically overestimated the directly taken ones.

BG: Целта на това проучване е да се установи надеждността на директно направените линейни измервания на сухи черепа и съответните измервания, направени на 3D цифрови модели, създадени чрез лазерно сканиране, както и да се оцени съответствието между двата метода на измерване. Измерени са четири черепа по два конкурентни метода – директно измерване, базирано на конвенционалния краниометричен метод, и цифрово измерване, извършено чрез 3D модели, създадени чрез лазерно сканиране. Тринадесет черепни измервания са направени както на сухи черепа, така и на 3D модели. Надеждността в рамките на и между проверяващите е оценена с помощта на коефициент на корелация в рамките на класа. Съответствието между двата метода за измерване беше оценено, като се приложи методът Bland-Altman за повторени измервания. За всеки от 13-те параметъра е построена Bland-Altman графика. 3D моделът и директно направените измервания бяха оценени като високо надеждни и възпроизводими, с изключение на орбиталната височина. Нашите резултати показват, че 96% от всички цифрови измервания се различават от директно направените с по-малко от 2 мм и съответно 67,6% се различават с по-малко от 1 мм. Въз основа на резултатите от Bland-Altman графиките, повечето от измерванията, получени чрез двата метода на измерване, могат да бъдат приети като сравними, тъй като по-голямата част от разликите са в рамките на изградените граници на съгласие. Въпреки това, имаше цифрови измервания, особено тези с ориентири, разположени на костните граници, които систематично надценяваха директно взетите.

4. Tchobadjieff, A. (2017). Using branching processes to simulate cosmic rays cascades. *Pliska Studia Mathematica Bulgarica*, 27(1), 103p-114p.

EN: The cosmic rays (CR) cascades are one of the most famous examples of branching processes in physics. They consist of many different types of secondary high energy particles which are offsprings of leading primary one, usually high energy nucleon or gamma photon after collision with atmosphere. The rate of expansion of cascade depends on multiple different conditional probabilities as the chance of survival in atmosphere without interactions, particle lifetime, the number of daughter particles, etc. The paper presents quantitative simulated results with a specially written in R software for parallel simulation of distributions of multiple types of daughter particles. The processes are based on simplified models of Hadron cascades simulated by age-dependent and imbedded Markov Galton-Watson branching processes. For the sake of simplicity in modelling the probability dependencies on particles energy and free path in atmosphere are not always constrained strictly to the available experimental results. Moreover, the scattering angles also are not considered in this version of software.

BG: Каскадите на космическите лъчи (CR) са един от най-известните примери за разклоняващи се процеси във физиката. Те се състоят от много различни видове вторични високоенергийни частици, които са потомци на лидиращите първични, обикновено високоенергийни нуклони или гама фотони, след сблъсък с атмосферата. Скоростта на разширяване на каскадата зависи от множество различни условни вероятности като шанс за оцеляване в атмосферата без взаимодействия, живот на частиците, брой на дъщерните частици и т.н. Статията представя количествено симулирани резултати със специално написан в R софтуер за паралелна симулация на разпределения на множество видове дъщерни частици. Процесите се основават на опростени модели на адронни каскади, симулирани от зависими от възрастта и вградени Галтън-Уотсън марковски разклоняващи се процеси. За по-голяма простота при моделирането вероятностните зависимости от частици, енергия и свободен път в

атмосферата не винаги са ограничени стриктно до наличните експериментални резултати. Освен това, ъглите на разсейване също не се разглеждат в тази версия на софтуера.

- 5. Tchorbadjieff, A. (2018). An Automatic Tracking System for Natural Hazard Events with Satellite Remote Sensing. In *ICT Innovations 2016: Cognitive Functions and Next Generation ICT Systems* (pp. 240-249). Springer International Publishing.**

EN: The atmosphere satellite data for atmosphere parameters are the most important source of information for monitoring of areas without or with very rare environment research facilities. With growing dynamic of Climate change, the detailed observation, research and risk management is with a vital importance for nations in regions as the South-East Europe. Due to insufficient ground based research infrastructure and qualified personal, the satellites are main source of reliable data of atmosphere process. The presented paper describes the basic available functionalities of a system for automatic atmosphere events location and transport prediction based on available open data from NASA satellites.

BG: Атмосферните сателитни данни за параметрите на атмосферата са най-важният източник на информация за наблюдение на райони без или с много редки съоръжения за изследване на околната среда. С нарастващата динамика на изменението на климата, подробното наблюдение, изследване и управление на риска е от жизненоважно значение за нациите в региони като Югоизточна Европа. Поради недостатъчна наземна научноизследователска инфраструктура и квалифициран персонал, сателитите са основен източник на надеждни данни за атмосферния процес. Представената статия описва основните налични функционалности на система за автоматично прогнозиране на местоположението и транспорта на атмосферните събития въз основа на наличните отворени данни от сателитите на НАСА.

- 6. Tchorbadjieff, A., & Angelov, I. (2019). Change point analysis as a tool to detect abrupt cosmic ray muons variations. In *Advanced Computing in Industrial Mathematics: 12th Annual Meeting of the Bulgarian Section of SIAM December 20-22, 2017, Sofia, Bulgaria Revised Selected Papers* (pp. 395-406). Springer International Publishing.**

EN: Recently, there have been an increasing number of studies using Big Data. They rely on large data sets of time series to detect artificial or natural patterns in processes of natural sciences and economy. The most possible outcome due to lack of rigid data processing is data contamination with abrupt drifts and regime shifts. They yield either inclusion of undetected errors or missed detection of important observations and events. Possible automatic tools for detection of regime shifts could be delivered from change point statistical methods. However, a major drawback for the most of the currently available change point (CP) methods is the challenge of complex temporal variations in non-stationary natural processes like cosmic rays observed at Earth. This kind of data analysis is applied to experimentally acquired time series from cosmic ray measurements. The observed parameters are muons produced in cosmic ray cascades in atmosphere and acquired in parallel with atmospheric and other meta-data. In this study, we test different approaches for change point detection in compound particle counting process.

BG: Напоследък има все по-голям брой проучвания базирани на огромни обеми данни (Big Data). Те разчитат на големи масиви от данни от времеви редове за откриване на изкуствени или естествени модели в процесите на природните науки и икономиката. Най-възможният резултат поради липсата на подложна обработка на данни е замърсяване на данните с резки отклонения и смени на режима. Те дават или включване на неоткрити грешки, или пропуснато откриване на важни наблюдения и събития. Възможни автоматични инструменти за откриване на смени на режима могат да бъдат доставени от статистическите методи за промяна на нивото. Въпреки това, основен недостатък за повечето от наличните в момента методи за change point (CP) е предизвикателството на сложните времеви вариации в нестационарни естествени процеси като космическите лъчи наблюдавани на Земята. Този вид анализ на данни е приложен за експериментално получени времеви редове от измервания на космически лъчи.

Наблюдаваните параметри са мюони, произведени в каскади от космически лъчи в атмосферата и придобити паралелно с атмосферни и други метаданни. В това проучване тестваме различни подходи за откриване на точката на промяна в процеса на броене на съставни частици.

7. Mayster, P., & Tchordadjieff, A. (2019). Supercritical Markov branching process with random initial condition. *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci*, 72, 21-28.

EN: The supercritical Markov branching process $X(t)$ starting with one particle as initial condition has an extinction probability $0 \leq q < 1$. We study the influence of the random initial number of particles X_0 on the extinction probability, the survival probability by the time $t > 0$ and on the general behaviour of the number of particles $Y(t) = \sum_{i=1}^{X_0} X_i(t)$, where $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots$ are independent copies of $X(t)$. We consider the cases when the nonnegative integer-valued random variable X_0 is geometrically shifted (or non-shifted), Negative-Binomial or P'olya-Aeppli distributed. The branching mechanism in consideration is defined by a quadratic function. We prove that in these cases the random number of particles $Y(t)$ alive at time $t > 0$ follows the same probability law as the initial condition, with different parameters depending on time t .

BG: Надкритичният Марков разклоняващ се процес $X(t)$, започващ с една частица като начално състояние, има вероятност за изграждане $0 \leq q < 1$. Изследваме влиянието на случайния начален брой частици X_0 върху вероятността за изграждане, вероятността за оцеляване във времето $t > 0$ и върху общото поведение на броя на частиците $Y(t) = \sum_{i=1}^{X_0} X_i(t)$, където $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots$, са независими копия на $X(t)$. Разглеждаме случаите, когато неотрицателната целочислена случайна променлива X_0 е изместено геометрично (или неизместена), отрицателно биномна или Поля-Аепли разпределена. Разглежданият механизъм на разклоняване се определя от квадратична функция. Доказваме, че в тези случаи случайният брой живи частици $Y(t)$ в момент $t > 0$ следва същия закон на вероятностите като началното условие, с различни параметри в зависимост от времето t .

8. Tchordadjieff, A., Kotsev, T., Stoyanova, V., & Tcherkezova, E. (2019). K-means clustering of a soil sampling scheme with data on the morphography of the Ogosta Valley Northwestern Bulgaria. *European Journal of Geography*, 10(2).

EN: The spatial distribution of 665 soil sampling sites in the arsenic contaminated floodplain of the Ogosta River in the Northwest of Bulgaria is analysed against geomorphological parameters computed from a precise digital terrain model. The study aims at partitioning and classifications of hidden patterns of the morphographic features of the river floodplain, which to be used for the explanation of the arsenic dispersal in the polluted soils at a further stage. The field sites are split into 4 clusters using K-means algorithm with the following variables: elevation, distance to the river, vertical distance to channel network, multiresolution index of valley bottom flatness and a modified topographic SAGA wetness index. It is found that each cluster is related to a distinct area in the valley and is in good agreement with the distribution of the previously determined geomorphological units, as well as with the extent of a simulated historic flood.

BG: Пространственото разпределение на 665 пункта за вземане на проби от почвата в замърсената с арсен заливна равнина на река Огоста в Северозападна България се анализира спрямо геоморфологични параметри, изчислени от прецизен цифров модел на терена. Изследването има за цел да раздели и класификации на скритите модели на морфографските особености на речната заливна равнина, които да се използват за обяснение на разпространението на арсен в замърсените почви на по-нататъшен етап. Теренните обекти са разделени на 4 клъстера с помощта на алгоритъм K-means със следните променливи: надморска височина, разстояние до реката, вертикално разстояние до каналната мрежа, индекс на мултирезолуция на плоскостта на дъното на долината и модифициран топографски индекс

на влажността на SAGA. Установено е, че всеки клъстер е свързан с обособена площ в долината и е в добро съгласие с разпределението на предварително определените геоморфоложки единици, както и със степента на симулирано историческо наводнение.

9. *Tchorbadjieff, A., & Angelov, I. (2019, February). Space weather study using change point analysis for in situ observations of cosmic rays muons. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2075, No. 1). AIP Publishing.*

EN: Coronal mass ejections (CMEs) are non-regular solar events, frequently connected with Space Weather disturbances, some of them with severe magnetic storms. The significant releases of plasma with CMEs impact modulations of Galactic Cosmic Rays (GCR) causing sudden and casual decrease of Cosmic Rays (CR), known as Forbush Decrease. For detection of such kind effects, uninterrupted in situ measurements of secondary CR muons may be used. To deal with the very fast growing data, an application based on Change Point (CP) analysis is used. It is an automatic statistical tool for sequential test analysis of abrupt regime changes in CR time series. For the study, results are reported with in-situ measured data at Moussala peak (2925 m.a.s.l.) for the period of 4 years - from 2014 to end of 2017 year and confirmed with satellite data for geoeffective solar activity connected with detected FD events.

BG: Короналните изхвърляния на маса (CMEs) са нередовни слънчеви събития, често свързани с нарушения на космическото време, някои от тях с тежки магнитни бури. Значителните освобождавания на плазма с CME модуляции на въздействието на галактическите космически лъчи (GCR), причинява внезапно и случайно намаляване на космическите лъчи (CR), известно като Forbush Decrease. За откриване на такива ефекти могат да се използват непрекъснати наземни измервания на мюони на вторичното космично лъчение. За справяне с много бързо растящите данни, се използва приложение, базирано на Change Point (CP) анализ. Това е автоматичен статистически инструмент за последователен тестов анализ на резки промени в режима в CR времеви редове. За изследването резултатите се отчитат с наземно измерени данни на връх Мусала (2925 m.a.s.l.) за период от 4 години - от 2014 г. до края на 2017 г. и потвърдени със сателитни данни за геоефективна слънчева активност, свързана с открити FD събития.

10. *Mayster, P., & Tchorbadjieff, A. (2019). Logarithmic Lévy process directed by Poisson subordinator. Modern Stochastics: Theory and Applications, 6(4), 419-441.*

EN: Let $\{L(t), t \geq 0\}$ be a Lévy process with representative random variable $L(1)$ defined by the infinitely divisible logarithmic series distribution. We study here the transition probability and Lévy measure of this process. We also define two subordinated processes. The first one, $Y(t)$, is a Negative-Binomial process $X(t)$ directed by Gamma process. The second process, $Z(t)$, is a Logarithmic Lévy process $L(t)$ directed by Poisson process. For them, we prove that the Bernstein functions of the processes $L(t)$ and $Y(t)$ contain the iterated logarithmic function. In addition, the Lévy measure of the subordinated process $Z(t)$ is a shifted Lévy measure of the Negative-Binomial process $X(t)$. We compare the properties of these processes, knowing that the total masses of corresponding Lévy measures are equal.

BG: Нека $\{L(t), t \geq 0\}$ е Леви процес с представителна случайна променлива $L(1)$, дефинирана от безкрайно делимото логаритмично разпределение. Тук изучаваме вероятността за преход и мярката на Леви за този процес. Дефинираме и два подчинени процеса. Първият, $Y(t)$, е отрицателно-биномен процес $X(t)$, управляван от Гама процес. Вторият процес, $Z(t)$, е логаритмичен Леви процес $L(t)$, ръководен от поасонов процес. За тях доказваме, че функциите на Бернщайн на процесите $L(t)$ и $Y(t)$ съдържат итерираната логаритмична функция. В допълнение, Леви мярката на подчинения процес $Z(t)$ е изместена Леви мярка на отрицателно-

биномния процес $X(t)$. Сравняваме свойствата на тези процеси, знаейки, че общите маси на съответните мерки на Леви са равни.

11. Tchobadjieff, A., & Mayster, P. (2020). Geometric branching reproduction Markov processes. *Modern Stochastics: Theory and Applications*, 7(4), 357-378., DOI: 10.15559/20-VMSTA163

EN: We present a model of a continuous-time Markov branching process with the infinitesimal generating function defined by the geometric probability distribution. It is proved that the solution of the backward Kolmogorov equation is expressed by the composition of special functions – Wright function in the subcritical case and Lambert-W function in the critical case. We found the explicit form of conditional limit distribution in the subcritical branching reproduction. In the critical case, the extinction probability and probability mass function are expressed as a series containing Bell polynomial, Stirling numbers, and Lah numbers.

BG: Представяме модел на непрекъснат марковски разклоняващ се процес с безкрайно малката генерираща функция, определена от геометричното вероятностно разпределение. Доказано е, че решаването на обратното уравнение на Колмогоров се изразява чрез използването на специални функции – функция на Райт в подкритичния случай и функция на Ламберт-W в критичния случай. Открихме пълната форма на условно гранично разпределение в докритичното разклоняване. В критичния случай вероятността за изчезване и функцията на разпределение се изразяват като ред, съдържащ Бел полином, числа на Стърлинг и на Лах.

12. Tchobadjieff, A., & Mayster, P. (2020). Models induced from critical birth–death process with random initial conditions. *Journal of Applied Statistics*, 47(13-15), 2862-2878. DOI: [10.1080/02664763.2020.1732309](https://doi.org/10.1080/02664763.2020.1732309)

EN: In this work, we study a linear birth–death process starting from random initial conditions. First, we consider these initial conditions as a random number of particles following different standard probabilistic distributions – Negative-Binomial and its closest Geometric, Poisson or Pólya–Aeppli distributions. It is proved analytically and numerically that in these cases the random number of particles alive at any positive time follows the same probability law like the initial condition, but with different parameters depending on time. The random initial conditions cannot change the critical parameter of branching mechanism, but they impact the extinction probability. Finally, the numerical model is extended to an application for studying branching processes with more complex initial conditions. This is demonstrated with a linear birth–death process initialised with Pólya urn sampling scheme. The obtained preliminary results for particle distribution show close relation to Pólya–Aeppli distribution.

BG: В тази работа изучаваме започващ от случайни начални условия линеен раждане-гибел процес. Първо, разглеждаме тези начални условия като случаен брой частици, следващи различни стандартни вероятностни разпределения – отрицателно-биномно и най-близкото му геометрично, поасонно или Поля-Аеппли разпределение. Аналитично и числено е доказано, че в тези случаи случайният брой живи частици във всяко положително време следва същия закон на вероятностите като началното условие, но с различни параметри в зависимост от времето. Случайните начални условия не могат да променят критичния параметър на механизма на разклоняване, но оказват влияние върху вероятността за изчезване. И накрая, численият модел се разширява до приложение за изучаване на процесите на разклоняване с по-сложни начални условия. Това се демонстрира с линеен процес на раждане и гибел, инициализиран със схема от Поля урна. Получените предварителни резултати за разпределението на частиците показват тясна връзка с Поля-Аеппли разпределението.

13. Tchorbadjieff, A., & Mayster, P. (2022). Factorial moments of the critical Markov branching process with geometric reproduction of particles. *Modern Stochastics: Theory and Applications*, 9(2), 229-244. DOI: [10.15559/22-VMSTA201](https://doi.org/10.15559/22-VMSTA201)

EN: The factorial moments of any Markov branching process describe the behaviour of its probability generating function $F(t, s)$ in the neighbourhood of the point $s = 1$. They are applied to solve the forward Kolmogorov equation for the critical Markov branching process with geometric reproduction of particles. The solution includes quickly convergent recurrent iterations of polynomials. The obtained results on factorial moments enable computation of statistical measures as shape and skewness. They are also applicable to the comparison between critical geometric branching and linear birth-death processes.

BG: Факториалните моменти на всеки марковски разклоняващ се процес описват поведението на неговата функция за генериране на вероятност $F(t, s)$ в съседство на точките $s = 1$. Те се прилагат за решаване на уравнението на Колмогоров напред за критичния марковски разклоняващ се процес с геометрично възпроизвеждане на частици. Решението включва бързо сходящи повтарящи се итерации на полиноми. Получените резултати за факториалните моменти дават възможност за изчисляване на статистическите мерки като асиметрия и ексцес. Те са приложими и за сравнението между критичното геометрично разклоняване и линейните процеси раждане-гибел

14. Marcheua, Z., Kotsev, T., Tchorbadjieff, A., & Stoyanova, V. (2023). Modeling of arsenic dynamics in groundwater of a river floodplain contaminated with mine tailings: Ogosta River case, NW Bulgaria. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 48, 3-14.

EN: This study aims to reveal the arsenic dynamics in groundwater of a river floodplain contaminated with mine tailings under temperate climate conditions and natural river hydrodynamics. Arsenic concentrations were monitored in the primary morphological units of the floodplain in the upper stretch of the Ogosta River in NW Bulgaria. Iron, lead-silver, and gold mining heavily affected the river valley in the second half of the 20th century. We used groundwater monitoring data from 21 piezometers for the period 2016-2020. Based on the geochemical and geomorphological conditions in the valley, the piezometers were grouped into three clusters. Regression models were developed for each cluster and representative piezometers to predict arsenic concentrations. In the active floodplain, seasonal fluctuations in arsenic concentrations followed the river and groundwater regime. In this part of the valley floor, we determined two periods of elevated arsenic concentrations during the spring and autumn/winter seasons that coincide with high river water stages. Arsenic content in the groundwater of the higher floodplain was less dependent on the water level fluctuations but followed changes in redox potential, electrical conductivity, and water temperature. The obtained results showed the elaborated models as valuable tools for studying arsenic dynamics in alluvial aquifers of contaminated river floodplains. The suggested models could be coupled with groundwater monitoring systems to monitor arsenic concentrations and identify periods of the year with levels below and above threshold values.

BG: Настоящото изследване има за цел да разкрие динамиката на арсена в подземните води на речна заливна равнина, замърсена с минни хвостохранилища при умерени климатични условия и естествена речна хидродинамика. Наблюдавани са концентрациите на арсен в първичните морфологични единици на заливната равнина в горния участък на река Огоста в северозападна България. Добивът на желязо, олово и сребро и злато силно засегна долината на реката през втората половина на 20-ти век. Използвахме данни от мониторинг на подземните води от 21 пиезометъра за периода 2016-2020 г. Въз основа на геохимичните и геоморфоложките условия в долината, пиезометрите са групирани в три клъстера. Разработени са регресионни модели за всеки клъстер и представителни пиезометри за прогнозиране на концентрациите на арсен. В активната заливна равнина сезонните колебания в концентрациите на арсен следват режима на

реките и подземните води. В тази част на дъното на долината определихме два периода на повишени концентрации на арсен през пролетния и есенно-зимния сезон, които съвпадат с високите етапи на речните води. Съдържанието на арсен в подземните води на по-високата заливна равнина е по-малко зависимо от колебанията на нивото на водата, но следва промените в редукиционния потенциал, електрическата проводимост и температурата на водата. Получените резултати показаха разработените модели като ценни инструменти за изследване на динамиката на арсена в алувиалните водоносни хоризонти на замърсени речни заливни равнини. Предложените модели могат да бъдат съчетани със системи за мониторинг на подземните води, за да се наблюдават концентрациите на арсен и да се идентифицират периодите от годината с нива под и над праговите стойности.

15. Tchorbadjieff, A., Tomov, L. P., Velev, V., Dezhov, G., Manev, V., & Mayster, P. (2023). On regime changes of COVID-19 outbreak. *Journal of Applied Statistics*, 50(11-12), 2343-2359. DOI: 10.1080/02664763.2023.2177625

EN: The COVID-19 pandemic has had a very serious impact on societies and caused large-scale economic changes and death toll worldwide. The first cases were detected in China, but soon the virus spread quickly worldwide and the intensity of newly reported infections grew high during this initial period almost everywhere. Later, despite all imposed measures, the intensity shifted abruptly multiple times during the two-year period between 2020 and 2022 causing waves of too high infection rates in almost every part of the world. To target this problem, we assume the data heterogeneity as multiple consecutive regime changes. The research study includes the development of a model based on automatic regime change detection and their combination with the linear birth-death process for long-run data fits. The results are empirically verified on data for 38 countries and US states for the period from February 2020 to April 2022. Finally, the initial phase (conditions) properties of infection development are studied.

BG: Пандемията от COVID-19 оказва много сериозно въздействие върху обществата и предизвиква мащабни икономически промени и смъртност в световен мащаб. Първите случаи бяха открити в Китай, но скоро вирусът се разпространи бързо в световен мащаб и почти навсякъде интензивността на новорегистрираните инфекции нарасна силно през този първоначален период. По-късно, въпреки всички наложени мерки, интензивността рязко се измести многократно през двугодишния период между 2020 и 2022 г., причинявайки вълни от твърде високи нива на заразяване в почти всяка част на света. За да се насочим към този проблем, приемаме хетерогенността на данните като множество последователни промени в режима. Изследването включва разработването на модел, базиран на автоматично откриване на промяна на режима и тяхната комбинация с линейния процес на раждане-гибел за дългосрочни данни за прилягане на данни. Резултатите са емпирично проверени на данни за 38 държави и американски щати за периода от февруари 2020 г. до април 2022 г. Накрая се изследват началните свойства в началната фаза (условия) на развитието на инфекцията.

16. Mayster, P., & Tchorbadjieff, A. (2023, April). Extended Sibuya Distribution in Subcritical Markov Branching Processes. In *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences* (Vol. 76, No. 4, pp. 517-524).

EN: The subcritical Markov branching process $X(t)$ starting with one particle as the initial condition has the ultimate extinction probability $q = 1$. The branching mechanism in consideration is defined by the mixture of logarithmic distributions on the nonnegative integers. The purpose of the present paper is to prove that in this case the random number of particles $X(t)$ alive at time $t > 0$ follows the shifted extended Sibuya distribution, with parameters depending on the time $t > 0$. The conditional limit probability is the logarithmic series distribution supported by the positive integers.

BG: Докритичният Марковски разклоняващ се процес $X(t)$, започващ с една частица като начално условие, има крайната вероятност за изчезване $q = 1$. Разглежданият механизъм на разклоняване се определя от смес от логаритмични разпределения върху неотрицателните цели числа. Целта на настоящата статия е да докаже, че в този случай случайният брой частици $X(t)$, живи в момент $t > 0$, следва изместеното разширено разпределение на Сибуйа (Sibuya), с параметри в зависимост от времето $t > 0$. Вероятността за условна граница е разпределението на логаритмичните серии, поддържано от положителните цели числа.

17. Tchorbadjieff, A., & Mayster, P. (2023). Wright function in the solution to the Kolmogorov equation of the Markov branching process with geometric reproduction of particles. Lithuanian Mathematical Journal, 63(2), 223-240. DOI: [10.1007/s10986-023-09591-2](https://doi.org/10.1007/s10986-023-09591-2)

EN: The topic of this work is the supercritical geometric reproduction of particles in the model of a Markov branching process. The solution to the Kolmogorov equation is expressed by the Wright function. The series expansion of this representation is obtained by the Lagrange inversion method. The asymptotic behavior is described by using two different equivalent forms for the Laplace transform. They include the computation of the limit distribution and its moments. The exact formula for the asymptotic density is written in terms of the reduced Wright function. In particular, when the ultimate extinction probability $q = 1/2$, the density of the limit random variable is given by the incomplete gamma function.

BG: Темата на тази работа е надкритичното геометрично възпроизвеждане на частици в модела на разклоняващ се марков процес. Решението на уравнението на Колмогоров се изразява чрез Райт функцията (Wright function). Развитието в ред на това представяне се получава чрез инверсия на Лагранж. Асимптотичното поведение се описва с помощта на две различни еквивалентни форми за преобразуването на Лаплас. Те включват изчисляването на граничното разпределение и неговите моменти. Точната формула за асимптотичната плътност е написана посредством редуцираната Райт функция. По-специално, когато крайната вероятност за изчезване е $q = 1/2$, плътността на граничната случайна променлива се изразява посредством непълната Гама функция.

18. Tchorbadjieff, A., Tomov, L., & Mayster, P. (2023, June). Branching Process Simulator in R. In International Conference on Computer Science and Education in Computer Science (pp. 73-86). Cham: Springer Nature Switzerland.

EN: We developed a set of software functionalities in R for simulation of branching processes. Originally it was designed for simulating the branching mechanism of a cosmic ray atmosphere cascade, beginning with electron-photon cascade. Further this simulator was adapted for applications epidemiology with extended set of probability distributions such as Poisson, Negative Binomial, shifted Geometric and Polya-Aeppli used either for modeling the initial conditions for linear birth-death processes or branching process mechanism following predefined probabilistic distribution. The simulator is applied mostly when analytical solutions give convergent infinite series. It uses the capability of R for parallel computation and applies the Object-Oriented Programming paradigm (a secure type encapsulation).

BG: Разработихме набор от софтуерни функционалности в R за симулация на процеси на разклоняване. Първоначално тя е проектирана за симулиране на механизма на разклоняване на каскада от космически лъчи в атмосферата, започвайки с електронно-фотонна каскада. Освен това този симулатор е адаптиран за приложения епидемиология с разширен набор от вероятностни разпределения като поасоново, отрицателно биомно, изместен геометрично и Поля-Аепли, използвани или за моделиране на началните условия за линейни процеси раждане-гибел или механизъм за разклоняване на процеса след предварително определено

вероятностно разпределение. Симулаторът се прилага най-вече, когато аналитичните решения дават сходящи безкрайни редове. Той използва възможностите на R за паралелни изчисления и прилага парадигмата на обектно-ориентираното програмиране (капсулиране на защитен тип).