

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. дмн Марусия Никифорова Божкова,
Институт по математика и информатика, Българска академия на науките

по конкурс за заемане на академичната длъжност ”доцент”

в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика,
професионално направление 4.5 Математика,
научна специалност *Теория на вероятностите и математическа статистика*

за нуждите на Института по математика и информатика,
Българска академия на науките,

обявен в Държавен вестник No. 8 от 26 януари, 2024 и на сайтовете на ИМИ и БАН

Със заповед No. 64/21.03.2024 на Директора на ИМИ проф. дмн Петър Бойваленков съм определена за член на научното жури за процедурата по споменатия по-горе конкурс за заемане на академичната длъжност ”доцент”. За участие в конкурса е подал документи само **главен асистент д-р Асен Георгиев Чорбаджиев.**

Кратки биографични данни на кандидата

Д-р Асен Чорбаджиев е роден на 6 ноември 1978 г. в гр. София. От 1999 до 2003 г. е бакалавър по специалността „Приложна математика“ във ФМИ на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ), а от 2004 до 2006 е магистър във Физическия факултет на СУ, където получава магистърска степен по „Инженерна физика“, (специалност „Безжични мрежи и устройства“). През януари 2008 е приет за докторант в Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН. Защищава докторска дисертация през 2013 г. по физически науки (Физика на елементарните частици и високите енергии).

В периода 2004 – 2007 е работил в Рила Солюшънс като програмист с основна дейност програмиране на мобилни устройства и приложения. След това, в периода 2007-2015 е работил като физик в ИЯИЯЕ-БАН с основна научно-изследователска дейност, свързана с провеждане на експеримент, обработка на данни и статистически анализ. Пак в този период (2007-2009) е работил в Рефлексив Солюшънс като програмист. От 2015 г. до сега заема длъжност главен асистент в Институт по Математика и Информатика при БАН, секция Изследване на операциите, вероятности и статистика.

Обща характеристика на научните трудове на кандидата

Д-р А. Чорбаджиев е представил 18 научни статии за участие в конкурса, всички публикувани в периода 2015-2023 след придобиване на ОНС „доктор“ и конкурса за главен асистент, между които 2 са самостоятелни, а останалите в съавторство.

Тези статии удовлетворяват минималните изисквания по ЗРАСРБ. Статиите, с които А. Чорбаджиев участва в конкурса, са **цитирани 18** пъти от други автори. Той е представил и списък на всички свои публикации и цитирания, който съдържа **33 статии** и **32 цитирания** (без самоцитирания).

Доколкото ми е известно, статиите на А. Чорбаджиев за конкурса **не са били използвани за получаване на ОНС ”доктор”** или за заемане на академичната длъжност главен асистент. Бих искала да отбележа още, че не съм открила никакви случаи на плагиатство в статиите на Чорбаджиев. Изброените трудове на А. Чорбаджиев попадат в областта на конкурса и по-конкретно те очертават две направления в научната му дейност – първото е в областта на статистическото моделиране на космични лъчи и атмосферни, геоморфологични процеси и геостатистика, а второто е в теорията на разклоняващите се стохастични процеси и тяхното симулационно моделиране.

По първото направление, отчитайки спецификата на данните от наблюдения,

Чорбаджиев показва задълбочени знания и умения за статистически анализ на данни като *класификационен и клъстерен анализ, обобщени линейни регресионни модели, широк спектър от методи за проверка на нормалност, независимост, адекватност на модела и съгласуваност, Change Point Analysis* и др.

По отношение на второто направление, нека отбележим, че терминът **разклоняващи се процеси** е въведен от **А. Н. Колмогоров и Н. Дмитриев през 1947** и означава област от математиката, в която се изучават характеристиките на популации, съставени от елементи, които може да имат различен произход – клетки, живи организми, елементарни частици, финансови инструменти, информация и др., но чието развитие е **независимо** от останалите и предполага, че следват един и същи модел на развитие: раждане-съществуване-гибел съпроводена с пораждање на нови частици (потомство). При своята гибел всеки елемент поражда случаен брой от същите елементи (подчинени на едни и същи вероятностни закони в своето развитие) и така конструктивно се описва еволюцията на един разклоняващ се стохастичен процес (РСП).

В представените от Чорбаджиев статии се разглеждат и решават интересни и трудни проблеми в посочените области, при което е видно, че кандидатът владее широк спектър от методи за анализ на данни, насочени към глобални промени в климата и водите и е навлязъл успешно в теорията на РСП и в частност на Марковските такива. Повечето от тях са публикувани в престижни математически и статистически списания, между които **Journal of Applied Statistics, Modern Stochastics: Theory and Applications, Lithuanian Mathematical Journal** и Доклади на БАН.

Анализ на научните постижения на кандидата

В обзора на резултатите на кандидата ще следваме номерацията на статиите в неговия списък на публикациите за конкурса, приложен към справката за оригиналност на приносите.

Статиите с номера [1-7] са в областта на статистическото моделиране на космични лъчи и атмосферни, геоморфологични процеси и геостатистика.

По-конкретно, публикациите [1-3] са обединени от събирането, обработката и статистически анализ на данни, свързани с наблюдения върху климата, събирани в Базовата обсерватория на околната среда (БООС) на връх Мусала. Взаимодействията между космическите лъчи и земната атмосфера, параметрите на глобалните промени и изследванията на климата, природните опасности и технологичните рискове са целите на изследванията в БООС. Статията [1] е обзорна и е свързана с извършваните 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. Тази година БООС отбелязва своята 65-та годишнина.

Статиите [2-3] изследват въздействието на прашните бури в Сахара поради масовия въздушен транспорт на далечни разстояния. Получените в [2] резултати са потвърдени от сателитни данни и проследени до началото на източника на замърсяването с обратни траектории, изчислени от модела HYSPLIT. Източникът на прах е потвърден от сателитни данни, изчислени от няколко различни инфрачервени канала на сателита на **NASA Aqua/AIRS**. В [3] темата за трансграничния пренос на сахарски пясък е продължена като за целта е създадена софтуерна система за автоматизиране на проследяването на източника на замърсяване. Тя се базира на автоматизирано обработване и комбиниране на сателитни данни за **праховия индекс (Dust Index)** на **NASA Aqua/AIRS** и траекториите на въздушен транспорт използвайки модела HYSPLIT.

Статиите [4] и [5] също могат да бъдат обединени от обща тематика, а именно замърсяване с арсен на долината на река Огоста. Събраните данни за замърсяването с тежки метали по долината на Огоста около Чипровци показват силна *неравномерност* на изследвания терен, поради което класическите методи на многомерен анализ се оказват неподходящи. За да се предотвратят тези особености в данните е извършено групиране на

пробите според геоморфологическите особености на терена. За тази цел е използван **K-means** клъстер метод, който впоследствие е прецизиран с **класификационен анализ**. По-нататък, приложената клъстеризация е съчетана в [5] с компонентен анализ за редуциране на нехомогенността на данните и извеждане на първични геохимически връзки за концентрацията на арсен с геоморфоложки и геохимически параметри като ниво на подпочвените води, оксидация, електропроводимост и т.н. За целта са използвани **обобщени линейни регресионни модели (Generalized Linear Models)** с Гаусово и гамма разпределение на зависимата променлива.

Статии [6] и [7] са посветени на откриване на структурни разлики в резултат на естествени промени в процеса или промяна в измервателния режим, наблюдавани при дълги времеви периоди на измерване на динамично променящи се процеси. Статистическият метод за това е известен като **Change Point Analysis**. Основен принцип при него е използването на *параметричен и непараметричен тест за оценка на достоверността на статистическата хипотеза* за систематична промяна на математическо очакване и/или дисперсия или друга значима статистически оценка. С използване на готов статистически пакет за Change Point Analysis е изготвен модел за автоматично засичане на *Форбуш ефект* - физичен процес на рязка редуция в продължителност от няколко дни на интензитета на Галактическите космични лъчи в резултат на модулация с частици от слънчеви коронарни изригвания. Моделът е тестван с данни от намиращия се на Мусала мюонен телескоп. Трудността за използване на стандартните параметри за Change Point анализа произтича от наличието на дълъг лаг на автокорелацията във времевите редове от коригираните с атмосферното налягане мюони.

Приложението на изготвения модел за автоматично засичане на Форбуш събития с Change Point Analysis е демонстрирано с реални данни измерени на Мусала и реферирани от данни от сателит на НОАА в работата [7]. Изследването обхваща период от 4 години като са потвърдени и засечени повече от 10 слънчеви изригвания с различен гео-ефективен интензитет.

Статиите с номера [8-16] попадат в областта на теорията на разклоняващите се процеси. Като цяло, задачите, които се решават в тях са мотивирани и свързани с моделиране на каскадните процеси, протичащи в атмосферата, естествено в рамката на РП. Това е причината за развитие на едно от направленията, а именно изследване на влиянието на *началните условия върху асимптотичното поведение на МРП, както и на влиянието на индивидуалното разпределение на потомството в термините на РП върху асимптотичното им поведение*.

По-конкретно, статия [8] представлява кратко описание, съчетано с компютърни симулации, на моделирането чрез РП на каскаден процес предизвикан от раждането на множество вторични частици - протони (водородни ядра, 90%), алфа частици (около 9%) с високи и свръхвисоки енергии, породени от навлизането в атмосферата на космични лъчи.

Статия [9] е посветена на изследване влиянието на началните условия върху развитието на *Марковски разклоняващ се процес* (МРП) (РП в непрекъснато време, когато времето на живот на частиците е с експоненциално разпределение), когато началният брой частици е *геометрично (отместено и неотместено), отрицателно биномно и Пойа-Аепли (Pólya-Aeppli) разпределен*. Намерена е в явен вид вероятностната пораждащата функция (в.п.ф.) на процесите в *надкритичния случай* с начално разпределение сред изброените. Нека да отбележим, че задачата за намиране в експлицитен вид на в.п.ф. на един РП е от особена важност и както е известно в теорията на РП това е направено в класическия случай за РП на Галтон-Уотсън, както и за неговия Марковски аналог в непрекъснато време, в частния случай, когато разпределението на потомството на една частица е с дупараметрично геометрично разпределение $Ge(a,b)$, $a < 1 - b$, $a, b > 0$ с $p_k = ab^{k-1}$, $k = 1, 2, \dots$ (*отместено*). В публикацията [9] обаче с получаването на в.п.ф. се установява инвариантност на началното разпределение по отношение на разпределението на РП за произволно $t > 0$, т.е. и разпределението на РП е от типа на началното разпределение, но с

други параметри, зависещи от времето t . Резултатите на Асен Чорбаджиев са нови и като цяло допълват и разширяват тази област и са стъпка от изучаването на МРП с различни начални условия с цел последващо приложение.

По-нататък изследванията са допълнени за **критични** МРП с *отрицателно биномно, Поасоново и Пойя-Аепли* като разпределения на началния брой частици. Намерени са вероятностите за израждане и пораждащите функции, които се оказва че зависят от началните условия. Случайните начални условия не променят критичния параметър на разклоняващия се процес, но оказват влияние върху вероятността за израждане на процесите. Впоследствие, получените резултати са сравнени статистически със специално създаден код за симулация, който представлява модификация на вече създадения в [8] програмен код, Това позволява изчисляването на разпределения на процеси с по-сложни начални условия, демонстрирани в случая със схема на Пойя. Тези резултати са обобщени в публикацията [10].

Публикацията [11] е тясно свързана с [10] и съвпада с настъпването на КОВИД-19 пандемията. Разработения в [10] модел е приложен в компютърното моделиране на времевите редове от данни за броя на заразените. Въпреки предприетите мерки, интензивността на заразата рязко се променя многократно през двугодишния период между 2020 и 2022 г., причинявайки вълни от твърде високи нива на заразяване. За да се адресира този проблем, хетерогенността на данните е моделирана като последователни промени в режима. Разработения модел е комбинация на автоматично откриване на промяна на режима с линеен процес на раждане и гибел. Резултатите са емпирично потвърдени от данни за 38 държави и САЩ за периода от февруари 2020 г. до април 2022 г.

Публикацията [12] е посветена на прилагане на *метода на Лагранж за обръщане* (Lagrange Inversion method) за намиране решението на обратното уравнение на Колмогоров за докритичен и критичен хомогенен по времето МРП с геометрично разпределение на потомството от една частица. В *докритичния случай* решението на обратното уравнение на Колмогоров за в.п.ф. на процеса се изразява като композиция на **Гаусово Хипергеометрично разпределение и специална функция на Райт (Wright function)**, а в *критичния случай* чрез **композиция на специална функция на Ламберт -W (Lambert - W) и дробно-линейна функция**. Функцията Lambert-W се разглежда като съставна обратна функция с реална стойност на функцията $V(x) = xe^x, x \geq -1$. В *докритичния случай* също така е получено условното гранично разпределение в експлицитен вид. То се оказва нов вид дискретно целочислено разпределение, съсредоточено върху целите положителни числа и индекса му на разсейване, дефиниран като отношение на дисперсията към математическото очакване, се оказва решение на трансцендентно уравнение. Намерени са и моментите на граничното разпределение в термините на *полиноми на Бел*. В *критичния случай* е получена вероятността за израждане на процесите и функцията на разпределение, изразени в ред, съдържащ полиноми на Бел, числа на Стърлинг и на Лах.

Публикацията [13] е изследване на *факториалните моменти на критичен МРП с геометрично разпределение на потомството*. Известно е, че те описват поведението на в.п.ф. $F(t, s)$ на процеса в околност на точката $s = 1$. Те се използват за решаване на *правото уравнение на Колмогоров за критичен МРП с геометрично разпределение на потомството*. Решението включва бързо сходящи повтарящи се итерации на полиноми. Получените резултати за факториалните моменти дават възможност за изчисляване на асиметрията и эксцеса на разпределението.

В [14] изследването на хомогенни МРП с геометрично разпределение на потомството е завършено с намиране на решението на *обратното уравнение на Колмогоров в надкритичния случай*. Резултатите включват намиране на вероятностното разпределение на броя съществуващите частици в даден момент. То е изчислено *явно* чрез производна на сложна функция и формулата на Faa Di Bruno. Също така решението на уравнението на Колмогоров е изразено чрез **специалната функция на Райт (Wright)**. Представянето на тази функция в сходящ ред е получено след прилагане на метода на Лагранж на обръщането (Lagrange inversion method). Асимптотичното поведение се описва с помощта на две различни еквивалентни форми за преобразованието на Лаплас. Те включват изчисляването

на граничното разпределение и неговите моменти. Точната формула за асимптотичната плътност е изразена посредством **редуцираната Райт функция**. По-специално, когато вероятността за израждане $q = 1/2$, плътността на граничната случайна величина се изразява посредством **непълна Гама функция**.

В този кръг от задачи попада и работа [15], в която се изследва докритичен МРП $X(t)$, започващ с една частица като начално условие и разпределението на потомството е смес от *логаритмични разпределения върху неотрицателните цели числа*. В този случай е установено, че броят на съществуващите частици в момент $t > 0$ е с *изместено разширено разпределение на Сибуя (Extended Sibuya)*. Това е получено в термините на в.п.ф. на процеса като решение на правото и обратното уравнения на Колмогоров. Намерено е също разпределението на броя, съществуващи частици в момент $t > 0$, факториалните моменти, условното разпределение на процеса в момент $t > 0$, при условие неизраждане и е получена гранична теорема за условното вероятностно разпределение, което се оказва смес от логаритмични разпределения върху неотрицателните цели числа или от тип разпределения, подобни на *разширеното Сибуя разпределение*.

Разработените софтуерни функционалности в R за симулация на РП, съпътстващи предходните изследвания на Чорбаджиев в направлението по разклоняващи се процеси, са представени в работата [16]. Първоначално създадени за симулиране на механизма на разклоняване на каскада от космически лъчи в атмосферата, започвайки с електронно-фотонна каскада, впоследствие те са адаптирани за приложения в епидемиологията с разширен набор от вероятностни разпределения като Поасоново, отрицателно биномно, изместено геометрично и Пойя-Аепли, използвани или за моделиране на началните условия за линейни процеси раждане-гибел или като вероятностно разпределение на потомството в термините на РП. Симулаторът се прилага най-вече, когато аналитичните решения дават сходящи безкрайни редове. Той използва възможностите на R за паралелни изчисления.

Формално, извън двете основни направления на научните интереси на А. Чорбаджиев попадат публикациите [17] и [18], но по същество те могат да бъдат съотнесени към двете вече очертани направления в научната работа на кандидата, съответно.

Работата [17] е посветена на процес на Леви (ПЛ) с *безкрайно делимо логаритмично разпределение (БДЛР)* и като цяло може да бъде присъединена към по-теоретичното направление в научната дейност на А. Чорбаджиев и по-точно към изучаване на характеристиките на процес на Леви субординиран с Поасонов процес и сравняването му с други подобни процеси по определени характеристики. За съответната мярка на Леви на ПЛ с БДЛР е изведено, че може да се изчисли посредством **полиноми на Бел**, а пораждащата функция чрез **логаритъм на Гаус и хипергеометрична функция**. Изчислени са преходните вероятности на процеса, отново включващи Бел полиноми. Впоследствие са дефинирани и сравнени два процеса със случайна замяна на времето – отрицателно биномна случайна величина с време заменено от гама процес и логаритмичен процес на Леви, субординиран от Поасонов процес. За тях са изчислени Бернщайн функциите, Леви мярката на субординирания процес и преходните вероятности. Мотивацията за това изследване е породена от загубата на енергия на частиците при проникването им в атмосферата.

Анализът на точността в [18] е свързан с оценка на нов метод като 3-измерното лазерно сканиране при обработката на антропологични образци и по-точно човешки черепи, до навлизането на който се разчита на процедура от ръчни измервания. За тази цел е проведен интеркалибровъчен експеримент със сравнително измерване на човешки черепи по 13 ключови параметри. Резултатите са анализирани посредством Бланд-Алтман графики (Bland-Altman plots), отчитайки вътрешно-груповата дисперсия между участниците и показват съвместимост и заменяемост между двата метода.

Направения анализ дотук, според мен, е напълно достатъчен за формиране на положително отношение към кандидатурата на Асен Чорбаджиев по този конкурс.

Участие в научни проекти

Асен Чорбаджиев е участвал в 3 научни проекта, финансирани от Фонд "Научни изследвания" при МОН, на един от които е бил ръководител на пакет.

Лични впечатления

Познавам А. Чорбаджиев от момента на постъпването му в ИМИ-БАН като главен асистент. Работил е по ръководен от мен проект FNI-KP-06-H22-3/2018 с Фонд научни изследвания на МОН. Впечатленията ми са формирани от работата му по проекта и представянето му на международни конференции, на които е докладвал. Смятам, че в периода, който рецензирам е извършил съвременни и съдържателни изследвания и е реализирал сериозни научни приноси.

Критични забележки

Критичните ми забележки са от технически характер и засягат оформянето на документите. Номерацията на статиите в справката на научните приноси и в списъка с резюмета е различна и това затруднява проследяването на резултатите.

Освен това преводът на български на резюметата не е редактиран и вместо да подпомага разбирането го затруднява, че даже на моменти е неточен. Но това не може да омаловажи сериозните научни резултати.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Документите и материалите, представени от гл. ас Асен Чорбаджиев, отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника за реда и условията за получаване на академична степен и заемане на академична длъжност на БАН.

Резултатите, получени от Асен Чорбаджиев, са важен принос в развитието на теорията на разклоняващите се стохастични процеси и техните приложения във физиката и анализа на данни, свързани със атмосферни промени и замърсяване на въздуха, почвата и водите. Неговите научни постижения надхвърлят обичайните изисквания за заемане на академичната длъжност "доцент".

Въз основа на гореизложеното, убедено препоръчвам на научното жури да предложи на Научния съвет на ИМИ-БАН да гласува положително гл. ас. д-р Асен Чорбаджиев да заеме академичната длъжност "доцент" в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5 Математика, научна специалност *Теория на вероятностите и математическа статистика*.

09.06. 2024

Рецензент:

(проф. дн Марусия Божкова)