

# **РЕЦЕНЗИЯ**

**по конкурс за заемане на академична длъжност  
"доцент"**

**в професионално направление 4.5 Математика  
научна специалност**

**„Математическо моделиране и приложение на математиката“  
(Математическа биология),**

**за нуждите на Института по математика и информатика на БАН –  
София,**

**обявен в ДВ бр. 14 от 10 февруари 2023 г. и на интернет страницата  
на Института по математика и информатика на БАН**

Рецензията е изготвена от проф. дмн Михаил Иванов Кръстанов от Института по математика и информатика на БАН в качеството му на член на научното жури по конкурса съгласно Заповед № 184/7.04.2023 г. на Директора на Института по математика и информатика на БАН .

За участие в обявения конкурс е подал документи единствен кандидат:

**д-р Милен Колев Борисов**

от секция "Математическо моделиране и числен анализ" на Института по математика и информатика на БАН.

## **1 Общо описание на представените материали**

Представените по конкурса документи от кандидата съответстват на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика при БАН. За участие в конкурса кандидатът д-р Милен Колев Борисов е представил списък от общо 11 заглавия на публикации в чуждестранни и български научни издания. Представени са и 19 на брой други документи. Представените документи съдържат: молба до Директора на ИМИ-БАН за допускане до участие в конкурса; професионална автобиография

по европейски образец; диплома за придобита образователна степен "магистър"; диплома за придобита образователна и научна степен "доктор"; удостоверение за стаж по специалността съгласно изискванията на чл. 24 ал.1 т.2 от ЗРАСРБ; общ списък на всички публикации; списък на публикациите, с които участва в конкурса; саморъчно подписана справка за оригиналните научни приноси в трудовете за участие в конкурса; резюмета на публикациите за участие в конкурса на български на английски език; справка от системата "Sonix" за отчитане на научната и експертната дейност в БАН; копия на всички публикации, с които участва в конкурса; общ списък с цитирания; списък с цитиранията за участие в конкурса; Държавен вестник с обявата за конкурса; справка по образец за изпълнение на минималните национални изисквания по чл. 2б, ал.2 и 3, и на изискванията по чл. 2б, ал. 5 от ЗРАСРБ, както и на минималните изисквания на ИМИ-БАН, към която се прилагат необходимите доказателства; доказателство за приета за публикуване статия; справка с обобщена информация за кандидата; декларация, че публикациите, цитиранията и другите доказателства по различните показатели в справката за изпълнение на минималните изисквания по настоящия конкурс не са използвани за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ (чл. 24, ал. 1, т. 3 от ЗРАСРБ). Всички документи по конкурса са добре оформени и представени във вид, удобен за работа с тях. Авторската справка на представените резултати е изчерпателна и правилно отразява научните приноси в статиите, представени в настоящия конкурс.

## **2 Биографични данни за кандидата**

Д-р Милен Колев Борисов завършва висшето си образование във Факултета по математика и информатика на СУ "Св. Климент Охридски" през 2008 г. като магистър по Био- и медицинска информатика. От декември 2008 г. е докторант в Института по математика и информатика при БАН с научен ръководител проф. д-р Нели Димитрова. През май 2013 г. успешно защитава дисертация на тема "Изследване на хранителни вериги в хемостат: устойчивост и бифуркация на равновесни точки". От март 2020 г. и до момента е главен асистент в Института по математика и информатика при БАН.

## **3 Общо описание на научните трудове и постижения на кандидата**

Д-р Милен Колев Борисов участва в настоящия конкурс с 11 статии в рецензирани научни списания, от които десет вече са публикувани, а последната статия е приета за публикуване (кандидатът е представил доказателство за това). Седем

от статиите са в списания с импакт фактор, две в списания с импакт ранг и две са публикувани в български научни списания.

По-подробно:

1. Статията [5] е публикувана в *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, което е с импакт фактор IF 4.406 / 2020 и е в първия кваartil Q1 на групата *Automation & Control systems*.
2. Статията [2] е публикувана в *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, което е с импакт фактор IF 1.533 / 2018 и е във втория кваartil Q2 на групата *Applied Mathematics*.
3. Статията [8] е публикувана в *Journal of Mathematical Chemistry*, което е с импакт фактор IF 2.413 / 2021 и е във втория кваartil Q2 на групата *Mathematics, interdisciplinary application*.
4. Статията [9] е публикувана в *Water*, което е с импакт фактор IF 3.530 / 2021 и е във втория кваartil Q2 на групата *Water resources*.
5. Статията [10] е публикувана в *Processes*, което е с импакт фактор IF 3.352 / 2021 и е във втория кваartil Q2 на групата *Chemical engineering*.
6. Статията [3] е публикувана в *Bulletin of Mathematical Biology*, което е с импакт фактор IF 1.812 / 2019 и е в третия кваartil Q3 на групата *Biology*.
7. Статията [6] е публикувана в *Processes*, което е с импакт фактор IF 2.847 / 2020 и е в третия кваartil Q3 на групата *Chemical engineering*.
8. Статията [4] е публикувана в *Lecture Notes in Computer Science*, което е с импакт ранг 0.427 / 2019.
9. Статията [11] е приета за публикуване в *Lecture Notes in Computer sciences*, което е с импакт ранг 0.407 / 2021;
10. Статията [1] е публикувана в българското списание *Serdica Journal of Computing*, което се издава от ИМИ и се реферира в *Zentralblatt*;
11. Статията [7] е публикувана в българското списание *Journal of ecological engineering and environment protection*, което се издава от Националното дружество по екологично инженерство и опазване на околната среда.

Включените в конкурса статии са публикувани през периода 2017-2023 г. и са по темата на конкурса, поради което ги приемам за рецензиране. Трябва да

отбележа, че кандидатът е декларирал, че представените от него научни трудове за участие в конкурса не са използвани в предишната процедура, в която той е придобил образователната и научна степен „доктор“.

Прави впечатление, че всички представени статии на д-р Борисов са в съавторство с различни колеги. За мен няма съмнение, че участието на д-р Борисов в съвместните статии е съществено, но той не е декларирал явно какъв е приносът на всеки един от авторите.

Не ми е известно доказано по законоустановения ред плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

В приведената по-долу таблица се вижда, че научните трудове отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на Института по математика при БАН за заемане на академичната длъжност ”доцент“ в научната област и професионално направление на конкурса.

| Група                   | А<br>труд<br>"доктор" | В<br>хаб.<br>труд | Г<br>публикации | Д<br>цитирания | Е<br>участие в<br>проекти |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| Минимален<br>брой точки | 50                    | 100               | 220             | 70             | 20                        |
| Постигнат<br>брой точки | 50                    | 100               | 232             | 192            | 63.6                      |

#### **4 Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата, съдържащи се в материалите за участие в конкурса**

Ще се спра накратко на основните резултати, съдържащи се в представените работи на кандидата, както и на оценката ми за тях. В справката за научните си приноси кандидатът е разделил публикациите си на три групи: 1. Математическо моделиране на непрекъснати биореактори; 2. Реакционни мрежи и приложения в биоматематиката; 3. Математическа епидемиология. В рамките на първата група са обособени следните подгрупи: 1.1 Модели на непрекъснати биореактори за пречистване на отпадъчни води; 1.2. Модели на непрекъснати биореактори за производство на метан; 1.3 Модели на непрекъснати биореактори за производство на метан и водород.

##### **1. Математическо моделиране на непрекъснати биореактори**

Разгледани са модели на процеси в непрекъснати биореактори, описани чрез системи нелинейни обикновени диференциални уравнения. Изучават се математически задачи, свързани със съществуване и единственост на положителни решения на съответните системи ОДУ, намиране на инвариантни множества, пресмятане на равновесни точки на модела и изследване на асимптотичната устойчивост, както и бифуркации на равновесните точки относно параметрите на модела, стабилизируемост на динамиката чрез използване на подходящи обратни връзки към определени равновесни точки (например, към равновесна точка, където е максимален добивът на метан или към равновесна точка, отговаряща на определени екологични норми и други). Едно сериозно изискване е обратната връзка да зависи само от измерими в реално време величини и да е робастна относно неточности в параметрите на модела. За решаването на тези задачи се използват съвременни техники от теория на динамичните системи.

### 1.1 Модели на непрекъснати биореактори за пречистване на отпадъчни води.

В тази подгрупа са статиите с номера [9] и [10]. В [9] е разгледан тримерен модел на процес на биологично пречистване на отпадъчни води, замърсени със смес от фенол (phenol) и 4-метилфенол (p-cresol), протичащ в непрекъснат биореактор. Характерно за модела е, че специфичната скорост на растеж на микроорганизмите е от тип SKIP (Sum Kinetics with Interaction Parameters) с инхибиращ ефект, който отчита влиянието на единия замърсител върху процеса на биологично разграждане на другия замърсител. За да се отчете забавянето в пълното превръщане на консумирания субстрат в жизнеспособна биомаса, е въведено закъснение по времето в диференциалното уравнение за биомасата. Определени са равновесните точки на модела, доказана е локалната им устойчивост, както и съществуване на локални бифуркации на Хопф по отношение на закъснението  $\tau$ . Доказана е и глобална устойчивост за траекториите на модела в зависимост от стойностите на параметъра на закъснението. Подходящи числени симулации илюстрират получените теоретични резултати.

В [10] е изследван тримерен модел на биологично разграждане на смес от фенол и натриев салицилат в отпадни води. Определени са равновесните точки на модела: една вътрешна (точка на оцеляване) и една гранична (точка на отмиване) – в зависимост от стойностите на скоростта на разреждане  $D$ . Показано е, че те са локално асимптотично устойчиви. Изследвана е и глобалната асимптотична устойчивост на системата в зависимост от скоростта на разреждане. Теоретичните изследвания са илюстрирани с подходящи числени симулации.

## 1.2 Модели на непрекъснати биореактори за производство на метан (биогаз)

В [1] е разгледан четиримерен нелинеен функционално-диференциален модел на анаеробен процес на разграждане и пречистване на отпадни води, при което се отделя биогаз. В диференциалните уравнения на биомасата се включват две различни дискретни времеви закъснения. Намерени са равновесните точки на модела и е показано, че те са локално асимптотично устойчиви. При подходящи условия е доказана и глобална асимптотична устойчивост. Предложен е алгоритъм за стабилизиране на модела към равновесна точка, в която добивът на биогаз е максимален. Представени са и подходящи числени симулации.

В [4] е изследван двумерен функционално-диференциален модел на биореактор, описващ анаеробен ферментационен процес за биологично разграждане на органични отпадъци с добив на биогаз. Закъснението е добавено, за да се отчете забавянето при измерванията в реално време. За предварително зададена равновесна точка е конструирана подходяща обратна връзка. Изследвана е локалната асимптотична устойчивост на получената "затворена система" в тази точка, както и появата на локални бифуркации на Хопф в зависимост от стойностите на закъснението. Доказано е съществуването на положително инвариантна околност на равновесната точка, такава че траекториите на "затворена система" достигат това множество за крайно време и остават в него, ако стойностите на параметъра на закъснението са достатъчно малки.

В [5], както и в [4], е разгледан един и същ двумерен функционално-диференциален модел на биореактор, описващ анаеробен ферментационен процес за биологично разграждане на органични отпадъци с добив на биогаз. За предварително фиксирана равновесна точка е конструирана частично постоянна обратна връзка. При подходящи предположения е доказано, че получената затворена система е асимптотично устойчива. Предложен е алгоритъм за стабилизиране на модела към равновесна точка, в която добивът на биогаз е максимален. Числени симулации илюстрират получените резултати.

## 1.3 Модели на непрекъснати биореактори за производство на метан и водород

В [6] е предложен нов десетмерен математически модел, описващ биотехнологичен процес, протичащ в два непрекъснато свързани биореактора, на двуфазна анаеробна биодеградация (АБД) с получаване на водород (през първата фаза, протичаща в първия биореактор) и метан (през втората фаза, протичаща във втория биореактор). Доказано е съществуване на единствено равномерно ограничено положително решение на този модел, дефинирано в

интервала  $[0, +\infty)$ . При определени условия е доказано съществуването на две нетривиални равновесни точки, които са локално асимптотично устойчиви. Установено е, че при определена стойност на параметъра  $D_1$  има транс критична бифуркация. Намерени са и равновесните точки, в които добивът на метан и водород е максимален. Направени са и симулации на поведението на модела за различни стойности на параметрите.

В [7] е разгледан 21-мерен математически модел, описващ биотехнологичен процес, протичащ в два непрекъснато свързани биореактора. Този модел е по-прецизен от модела, описан в [6]. Предполага се, че в първия биореактор (в резултат на хидролиза и ацидогенеза) се получават ацетат, бутират, пропионат и валерат. Във втория биореактор те се трансформират от съответните микроорганизми до ацетат, който от своя страна се трансформира от метаногенните микроорганизми до метан. Подходящи числени симулации дават представа за динамиката на модела,

## 2. Реакционни мрежи и приложения в биоматематиката

В статиите [2], [8] и [11] се използва законът за действие на масите за моделиране на различни биопроцеси на растеж. Динамичните модели на растеж обикновено се формулират чрез система обикновени диференциални уравнения. В много случаи, за получаването на такава система ОДУ, се използва реакционна схема, основана на закона на действие на масите. Така се получава, например, логистичният модел на Verhulst. За модела на Gompertz такава реакционна схема не е известна. В статията [2] се предлагат две нови автокаталитични реакционни схеми, които водят до два нови модела на растеж (означени с VM и VSM), които са близки в известен смисъл до модела на Gompertz. Въведено е така нареченото  $G$  свойство и е показано, че моделът на Gompertz, както и двата нови модела го притежават. Числени симулации илюстрират динамиката на VM модела, на VSM модела и на модела на Gompertz.

В [8] са изследвани в детайли (в смисъл на монотонност, асимптоти, екстремуми, инфлексни точки и други) решенията на динамична система от три ОДУ (2SED модел), която съответства на двустъпкова реакционна схема на експоненциален разпад. Установени са някои зависимости на тези решения по отношение на промени на параметрите на системата. След това този модел е сравнен с класическия SIR модел. Изводът от това сравнение е, че 2SED моделът е подходящ за моделиране на епидемии, свързани с разпространението на болести, причината за които е в заразената околна среда (например вода или въздух), докато класическият SIR модел е подходящ при епидемии, при които заразяването става чрез индивидуални контакти между здрави и заразени индивиди. Направеният сравнителен анализ е довел до създаване

на нов епидемиологичен модел (наречен G-SIR модел), получен от замяната в SIR модела на логистичния контактен механизъм (от тип човек-към-човек) с каталитичен контактен механизъм от Гомперцов тип. В резултат от сравняване на G-SIR модела със SIR модела и с 2SED модела се оказва, че G-SIR моделът е подходящ за описване на епидемии, при които заразяването може да става и чрез индивидуални контакти, и чрез заразената среда.

В [11] се разглежда задачата за идентификация на 2SED модел при наличие на голям брой експериментални данни. Предполага се, че тези данни могат да бъдат числа или интервали, т.е. имаме известна несигурност в данните във втория случай. Предложени са числени алгоритми, базирани на метода на най-малките квадрати, за оценка на параметрите на модела и в двата случая. Числени симулации илюстрират предложения подход.

### **3. Математическа епидемиология**

В [3] са предложени два динамични модела на имунен отговор при треска денга, в които се отчитат наскоро получени експериментални данни за различни видове вириони-денга, които се произвеждат в заразени клетки на човека. Първият е осем-мерен модел за първично заразяване с денга, когато в организма на човека липсват антитела, а вторият е единадесет мерен модел за вторично заразяване с денга. В рамките на този модел съществуващите антитела могат да взаимодействат с незрелите вириони, при което се наблюдава по-тежко протичане на болестта. Определено е базовото репродуктивно число при двата сценария на заразяване. Различни числени симулации дават представа за имунния отговор при първично и вторично заразяване с денга за различни стойности на параметрите.

## **5 Значимост на приносите за науката и практиката.**

Получените резултати в научно-изследователските статии, представени от кандидата за участие в този конкурс, са интересни и съдържателни. Те съдържат нови факти за известни модели, изследвани преди от различни автори, както и за нови модели, които се появяват по естествен начин при някои биопроцеси на растеж, както и при един процес на имунен отговор при треска денга.

## **6 Критични бележки и препоръки**

Считам, че кандидатът би трябвало да очертае по-конкретно и в повече детайли собствените си приноси!



## 7 Лични впечатления за кандидата

Познавам д-р Милен Колев Борисов от 15 години и имах възможността да наблюдавам неговото израстване като изследовател. Винаги ме е впечатлявал с изработените от него прецизни софтуерни приложения, които оказват неопределима помощ за изследването на съответните математически задачи. В статиите [6] и [10] са посочени явно приносите на д-р Борисов: разработка на подходящ софтуер, написан на Python, за симулации и визуализации, използващ WEB базираната платформа SMOWEB (виж <http://platform.sysmoltd.com/>). Много рядко е това съчетание на прекрасен програмист, който в същото време добре разбира и същността на изследвания математически проблем. Това обяснява защо Борисов е търсен като съавтор от много колеги и има заслужен авторитет в секция "Математическо моделиране и числен анализ".

## 8 Заключение

След като се запознах с представените в конкурса материали и научни трудове и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България за академичната длъжност "доцент" в научната област и професионално направление на конкурса, както и на Правилника за неговото приложение, на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика при БАН. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса научни трудове. Давам своята **положителна** оценка на кандидатурата.

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да предложи на Научния съвет на Института по математика и информатика при БАН да избере д-р Милен Колев Борисов да заеме академичната длъжност "доцент" в професионално направление 4.5 Математика „Математическо моделиране и приложение на математиката“ (Математическа биология).

20.05.2023 г.  
София

Подпис:

/проф. д-мн Михаил Иванов Кръстанов/