

## РЕЦЕНЗИЯ

за дисертацията на инж. Мая Маркова Стоянова “Изследване на динамиката на модели Клетъчно Невронни Мрежи възникващи в биологията и екологията” за получаване на образователната и научна степен “Доктор” по Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика. Професионално направление: 4.5. “Математика”. Научна специалност: 01.01.13 “Математическо моделиране и приложение на математиката”.

**Рецензент:** проф. дмн Цвятко Василев Рангелов, ИМИ - БАН, София 1113, ул. “Акад. Г. Бончев”, блок 8.

I. Представеният от Мая Стоянова труд е посветен на изследване на динамичното поведение на Клетъчно Невронни Мрежи (КНМ), като са разгледани системи описващи реални процеси в биологията и екологията. Методите на изследване се основават на теорията на нелинейните КНМ, нелинейни частни диференциални уравнения и тяхното приближено решаване с КНМ модели, числен анализ и компютърни симулации за изследване качествено поведение на решенията.

Дисертацията съдържа 172 страници, 40 фигури и се състои от въведение, пет глави, 2 приложения и литература съдържаща 122 заглавия. Темата на дисертацията напълно отговаря на специалността 01.01.13 “Математическо моделиране и приложение на математиката”, авторефератът правилно отразява съдържанието и основните приноси в дисертацията.

II. Мая Стоянова е завършила Русенския Университет “А. Кънчев”, специалност “Компютърни системи и технологии” през 2002 г.. Работила е като преподавател в курсове по компютърна грамотност и в търговска фирма за компютри от 2002 г. до 2003 г. и от 2004 г. е системен администратор в РУ “А. Кънчев”. През 2005 г. постъпва в задочна докторантура по тематиката на дисертацията в секция Математическа физика на ИМИ с научен ръководител проф. дмн А. Славова. По време на обучението в докторантура тя е положила успешно всички изпити от докторантския минимум, получила е задълбочени познания по диференциални уравнения, динамични системи и КНМ, както и по

програмиране на MatLab. След приключване на докторантурата, през 2009 г. е отчислена с право на защита.

III. Получените в дисертацията резултати са нови, те са предмет на 7 публикации в реномирани издания за периода 2005 г. – 2011 г.: в глава от сборник издаден от Cabridge Sci. Publisher, 2011; 3 в: Proc. BGSIAM , 2010; Proc. IEEE (IF 2.321), 2006; Proc. Gen. Assembly URSI, 2011; 3 статии, по една в: Доклади на БАН (IF 0.219), 2007; Int. J. Meural Networks Appl., 2008; WSEAS Trans Math., 2005.

Публикациите са съвместни с проф. А. Славова, а една и с Р. Zessa. Основните резултати са докладвани на конференциите на BGSIAM 2008 – 2011, семинара по Диференциални уравнения и отчетни сесии на секция МФ в ИМИ. Считам, че приноса на М. Стоянова в съвместните ѝ публикации е равносложен - присъствал съм на редица семинари и конференции на които тя е изнасяла доклади и представяла успешно получените резултати. Също така тя участва активно в изпълнението на договор ДИД 02/15 към НФНИ (2009 – 2013).

IV. Ще се спрем по-подробно върху проблемите решавани в представения дисертационен труд.

Глава 1 има уводен характер, там е представена общата теория на КНМ на реакция - дифузия, основните уравнения, които ги описват, методите за изследване на динамиката на полиномиални КНМ. Изследването на динамични процеси с помощта на КНМ е актуална задача от приложната математика и в последно време на тази тематика са посветени редица работи на Chua, Yang, Агранович, Литцин, Славова, Zessa и др. Характерната им особеност - отделните клетки са нелинейни динамични системи, докато връзките между тях са линейни, дава възможност за качествено разширяване обсега им на приложение върху задачи от физиката, техниката, биологията, екологията и др.

В глави 2 и 3, М. Стоянова изучава моделирането на рецепторни КНМ, които са на основа на системите на реакция - дифузия. В глава 2, §2.1 са дефинирани три класа решения – класически, меки и салби. За модел на “лиган – рецепторен комплекс”, описан от динамична свързана система с три уравнения (2.21) в § 2.2 е показано съществуване на периодични решения на КНМ модела в Теорема 2.3 и са представени компютърни симулации.

Ролучените резултати са публикувани в [104] - WSEAS Trans Math., 2005 г. и в [107] - Int. J. Meural Networks Appl., 2008 г..

В глава 3 са продължени изследванията от глава 2 за рецепторни КНМ с хистерезис, като специален вид връзки базирани на памет между входния сигнал и изхода на веригата. Целта е по-адекватно да бъдат моделирани задачи от приложенията, в които се появя осцилация и хаос. Чрез обичайните КНМ такива явления не могат да бъдат моделирани. Най-общо хистерезис в динамична система означава зависимост от паметта на началното състояние, но не и от скоростта. В § 3.1 са разгледани математически модели на хистерезисни оператори, като модели на Duhem, Ishlinski, Preisach и др. За нелинейната система от две свързани уравнения (3.10) - на дифузия и ОДУ, е доказана теорема 3.1 за съществуване на периодично решение с краен набор от пространствени честоти и са представени компютърни симулации. Такава система описва модел от биологията – рецепторен модел с хистерезис, резултатите са публикувани в [105] - Proc. IEEE, 2006 г.

Следващите две глави са посветени на приложения на КНМ в биологията (глава 4) и в екологията (глава 5). Основната идея е да се конструира подходяща апроксимация на нелинейните ЧДУ с автономни КНМ. Полученото с КНМ решение на ЧДУ има следните основни свойства: непрекъснато е по времето и е ограничено, непрекъснато е по взаимодействиящите параметри и дискретно в пространството. За отбелязване е, че КНМ и ЧДУ имат общи свойства - тяхното динамично поведение зависи само от пространствените локални взаимовръзки. Това дава възможност редица нелинейни ЧДУ и гранични задачи за тях да бъдат изследвани с построяване на КНМ темплет и така да се решават числено редица приложни задачи. След подробен анализ на съществуващите двумерни модели хищник – жертва и уравненията на Lotka – Voltera, както и на модели на уравнения на Fisher, FitzHugh-Nagumo (теорема 4.1 – 4.3) в §4.1, §4.2, в §4.3 е разгледана система от 3 ОДУ моделираща общност от 3 взаимодействащи популации, за която и построен полиномиален КНМ модел. Доказана е теорема 4.4 за съществуване на равновесна точка, което означава, че КНМ модела е в режим граница на хаоса. Такъв ефект не се наблюдава при двумерни Lotka – Voltera системи. Компютърните симулации с построения конструктивен

алгоритъм са показани на фиг. 4.8. Резултатите са публикувани в [106] – Доклади на БАН, 2007 г.

В глава 5 са представени резултати с приложения в екологията – построен е КНМ модел на вълна цунами и е изследвана неговата динамика. Доказани са теореми 5.1 – 5.7 за характеризирание на решенията на системата (5.27) от тип бягаща вълна и са представени компютърни симулации на фиг. 5.2, 5.3. В тази глава се изучава и модифицираното уравнение на Sine – Gordon (5.44) . С построяване на КНМ модел и изучаване на неговата динамика, е показано с компютърни симулации взаимодействието на флуксони. Основните резултати от тази глава са публикувани в [86] - Cambridge Sci. Publisher, 2011г. и в [85] - Proc. BGSIAM , 2010.

V. Като цяло, в представената дисертация на М. Стоянова са решени редица актуални задачи в областта на теорията на КНМ: рецепторни КНМ с хистерезис, нелинейни КНМ и тяхното приложение при моделиране и числено решаване на нелинейни ЧДУ с приложения в естествените науки. Особено бих отделил глави 4 и 5, където е демонстрирана възможността чрез КНМ на получаване на нови качествени характеристики на разглежданите системи нелинейни ЧДУ с приложения в биологията и екологията. Тези резултати са переспективни и имат потенциал за бъдещо развитие. В приложение към дисертацията са представени програми на MatLab, с които са получавани компютърните симулации, което дава завършен вид и е модел на процеса на научно изследване: уравнения, КНМ модел, програмна реализация и визуализиране на резултатите.

Имам следните забележки по оформянето на дисертацията и автореферата:

1. Наличие на недефинирани съкращения, като: стр. 10, CMOS; стр. 16, VLSI; стр. 23, DP, както и често срещаното означение  $\overset{\Delta}{=}$ .
2. Нито в увода, нито в заключителните бележки към главите са посочени публикациите с основните резултати в съответната глава, което беше стимул за рецензента да направи това съответствие, както е посочено по-горе в IV.

Тези две забележки не касаят научните приноси в представената дисертация.

VI. Познавам Мая Стоянова от 2005 г., когато постъпи в задочна докторантура. Имам впечатление, че тя е стриктна, трудолюбива и активно работеща в актуална област от математиката и приложенията ѝ.

Като имам предвид представената дисертация и публикациите по нея, успешно прилаганите знания по: диференциални уравнения и динамични системи, математическо моделиране с КНМ, числения анализ и програмиране считам, че Мая Стоянова е изграден и квалифициран учен.

**Заключение:** Всичко казано по-горе ми дава основание убедено да предложа на научното жури да гласува за присъждане на Мая Стоянова на образователната и научна степен “Доктор”.

София, 15.04.2013 г.

Подпис: