

СТАНОВИЩЕ

от доц. д-р Алексей Йорданов Николов – Факултет по приложна математика и информатика към ТУ – София

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

по: област на висше образование 4. *Природни науки, математика и информатика*

професионално направление 4.5 *Математика*

докторска програма *Математическо моделиране и приложение на математиката*

Автор: Цветелина Веселинова Михайлова

Тема: *Импулсни реактивно-дифузионни невронни мрежи на Коен-Грозберг с крайни закъснения: устойчивост на множества*

Научни ръководители: проф. д-р Георги Венков и проф. д-р Гани Стамов – Технически университет - София

1. Общо представяне на процедурата и докторанта

Цветелина Михайлова е представила дисертационен труд в обем от 117 страници, състоящ се от увод и 4 глави, списък с публикации по дисертацията и библиография от 94 литературни източника. Към дисертационния труд са приложени необходимите документи по процедурата за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Смятам, че съдържанието на дисертацията и приложените материали отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника на Техническия университет по този закон. Кандидатката преизпълнява минималните национални изисквания за придобиване на ОНС „доктор“. Ще допълня, че Цветелина Михайлова притежава над тригодишен преподавателски опит и подходящо за кандидатурата математическо образование.

2. Актуалност на тематиката

Тематика около невронните мрежи безспорно е изключително актуална, съответно през последните години тя се изучава особено интензивно. Това е обусловено от нейната приложност в почти всички области на живота и в науката. Една от важните и най-често използвани характеристики в описанията на невронните мрежи, подложени на импулсни въздействия, е устойчивостта на техните състояния. Затова смятам, че разгледаните в дисертационния труд въпроси, свързани с устойчивостта на импулсни невронни мрежи, са от полза за науката и биха могли да намерят приложение в модели от различно естество. В дисертацията е демонстрирана приложността на получените резултати в епидемиологични модели.

3. Методика на изследването и познаване на проблема

Невронните мрежи са моделирани чрез системи импулсни нелинейни обикновени диференциални уравнения. Системите се изследват относно различни типове устойчивост чрез методи от теорията на Ляпунов за устойчивост на обикновени диференциални уравнения, като приложените методи обобщават и допълват теорията на Ляпунов. Само по себе си математиката, която се използва тук, бих казал, че е сложна и тежка. Трудоемките изчисления и боравенето с математически апарат от такова естество определено изискват познания от високо

научно ниво, което показва, че докторантката познава добре проблема.

4. Характеристика и оценка на дисертационния труд и приносите

Резултатите от дисертационния труд по същество се съдържат в Трета и Четвърта глава, а първите две глави съдържат сведения от общата теория, свързана с реактивно-дифузионните уравнения и с моделирането на невронни мрежи с такива уравнения.

В Трета глава в първите два параграфа са разгледани реактивно-дифузионни невронни мрежи на Коен-Грозберг със закъснения, които са обект на импулсни пертурбации във фиксирани моменти от време, а в третия параграф са разгледани системи с променливи закъснения, които са обект на променливи импулсни въздействия. Въведени са дефиниции за различни типове устойчивост на множества, с което се разширяват класическите понятия за устойчивост на състоянията на системите, като по този начин се разширяват и възможностите за анализ при специфични системи, възникващи в различни области на науката и техниката. С използване на функции от типа на Ляпунов, но от по-общ вид, са доказани резултатите за устойчивост при отделните задачи, като след всеки параграф са приведени и подходящи примери. Изобщо научният принос на резултатите в Трета глава се състои в обобщаване и надграждане на съществуващите резултати за разглежданите типове системи, разширяване на теорията на Ляпунов, а също и разширяване на приложимостта на тази теория.

Четвърта глава е ориентирана директно към приложенията. В Параграф 4.1 е разгледан импулсен модел на вируса на хепатит Б, а в Параграф 4.2 – импулсен SIR епидемичен модел за разпространение на инфекциозни болести. Доказани са резултати за устойчивост, които са важни от приложна гледна точка, тъй като те са пряко свързани с проблема за оптимален импулсен контрол на епидемичните модели, чрез който да се постигне ефективна терапия.

Определено считам, че дисертационният труд съдържа научни и научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката.

5. Преценка на публикациите и личния принос на докторанта

Докторантката е представила общо 3 публикации. В тях са публикувани резултатите, представени в параграфите 3.1, 3.3 и 4.1 от дисертацията. Много добро впечатление прави, че и трите публикации са в списания с много висок рейтинг. Две от публикациите са в журнала "Mathematics" с импакт фактор 2.258 и квантил Q2, а третата публикация е в журнала "Entropy" с импакт фактор 2.524 и квантил Q3. Това е доказателство за значимостта и международната видимост на резултатите, представени в дисертацията. Представените публикации до момента имат 5 забелязани цитирания в престижни списания, което смятам, че е доста добра атестация, предвид че публикациите са отскоро и са първи за докторантката.

И трите статии са със съавтори. Приемам, че и в трите статии отделните автори имат равностоен принос.

Представените публикации носят общо 165 точки на дисертантката, което значително надхвърля минималните национални изисквания в ЗРАСРБ (30 точки).

6. Критични бележки и препоръки

За съжаление имам критични бележки върху голяма част от текстовете в дисертацията.

Забелязвам много граматически грешки: десетки липсващи интервали в текста и във формулите, некоректна пунктуация, сгрешени думи като „съседство“, „градиенда“, „единственост“ и много други. На много места откривам неправилен изказ, например „метод чрез решение за сходство“, „променливи се във времето закъснения“ и още други, като в някои случаи дори се губи смисълът на изреченията. Например не разбираем е текстът преди формула (1.1.7): „Използвайки условие (1.1.7), тогава Теорема (1.1.1) е в сила“ или на стр. 16, където е написано, че случаят на симбиоза „може да се разглежда като противоположен на модел“. На стр. 22 изречението „От тях следва:“ е логически несвързано с предишното изречение.

Някои формулировки, използвани в дисертацията, по мое мнение звучат неестествено на български език. Например вместо „уравнението съдържа членове“ е използвано „уравнението включва термини“, изобщо членовете на уравнението се наричат или „термини“, или

„елементи“. Дясната страна $f(x, t)$ на нехомогенно уравнение се нарича „допълнителен елемент“, а степента p в уравнение (2.2.1) е определена като „фиксиран елемент“, имайки предвид „константа“. Странно звучат изречения като: „Популацията на хищника u се храни от жертвата на популацията x “ или „ $u(x - y, t)$ на всяко решение $u(x, t)$ също е решение“.

Голяма част от пропуските очевидно са от небрежност: изпуснати думи в изречения, препратки със сгрешени номера, но също така и сгрешени математически формули (още на стр. 1 във втората формула липсва „+“, на стр. 22 в един от интегралите ds е в степента на експонентата, на стр. 23 в първата формула границата е изписана некоректно). Използвани са също така означения, чието значение никъде не е дефинирано, като например означенията K и μ в Теорема 1.1.1 или означението X във формула (1.1.5). На стр. 30 при формулировката на задачата в матрична форма неакуратно са дефинирани размерите на матриците: например няма как B да е диагонална матрица, ако F е матрица-колона.

Откривам небрежност дори и в оформянето и структурирането на дисертацията и автореферата. В Увода на дисертацията се твърди, че Първа глава съдържа Параграф 1.3 със заглавие „Множество. Н-множество. Интегрално множество“, а такъв параграф изобщо не съществува. На стр. 13 има странно недовършено изречение: „Със смяната на условие 3 на Дефиниция (1.2.2) и условието“, при това дефиниция с такъв номер няма. В автореферата има цели липсващи пасажки, например на стр. 10 не е указано, че започва Параграф 3.1, а пет страници по-нататък е обявено: „В следващата дефиниция е въведено понятие за силна равномерна глобална устойчивост ...“, но дефиницията липсва и веднага започва Параграф 3.2. В автореферата повечето от теоремите от дисертацията изобщо не са споменати, докато Теорема 3.3.11 е изложена дори с доказателството, поради което си мисля, че не е направена оптимална селекция на най-важните текстове, представящи дисертацията в резюме.

Мисля, че всички забелязани пропуски и неточности по същество са отстраними и по никакъв начин не обезценяват силните и значими научни резултати, изложени в дисертационния труд. Считаю, че математическите изчисления в доказателствата на теоремите и получените крайни резултати са верни. Препоръчвам внимателен прочит и съответна редакция на дисертацията преди отпечатването ѝ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд съдържа научни и научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на Технически университет - София.

Поради гореизложеното, давам своята положителна оценка за проведеното изследване и постигнатите резултати и приноси, представени в дисертационния труд и автореферата, и предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ на Цветелина Веселинова Михайлова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5. Математика, докторска програма Математическо моделиране и приложение на математиката.

21. 04. 2022 г.

Изготвил становището:

Доц. д-р Алексей Николов

ATTITUDE

By Assoc. Prof. PhD Aleksey Yordanov Nikolov

From Technical University of Sofia

Of the Tsvetelina Veselinova Mihaylova's doctoral thesis entitled:

"Impulsive Reaction-Diffusion Coen-Grossberg Neural Networks with Finite Delays: Stability of Sets"

For the acquisition of the PhD scientific degree

In Professional Field 4.5. *Mathematics*,

Doctoral program: *Mathematical Modeling and Application of Mathematics*

Scientific supervisors: *Prof. PhD Georgi Venkov and Prof. DSc Gani Stamov*

1. General presentation of the procedure and the PhD student

Tsvetelina Mihaylova has presented a 117-page thesis consisting of introduction and 4 chapters, a list of publications related to the thesis and bibliography of 94 references. The set of required documents on the procedure for acquiring the doctor's degree is attached to the dissertation. I think the content of the dissertation and the accompanying materials meet the requirements of Law for the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations of Technical University of Sofia under this law. The candidate exceeds the minimum national requirements of Law for the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria. I will add that Tsvetelina Mihailova has over three years of teaching experience and suitable for this candidacy mathematical education.

2. Relevance of the subject of the thesis

The subject of neural networks is undoubtedly extremely relevant, respectively in recent years it has been studied especially intensively. This is due to its applicability in almost all areas of life and science. One of the important and most frequently used characteristics in the descriptions of neural networks perturbed by impulses is the stability of their states. Therefore, I believe that the issues discussed in the dissertation related to the stability of impulsive neural networks are useful for science and could find application in models of different nature. In the dissertation the applicability of the obtained results in epidemiological models is demonstrated.

3. Research methodology and knowledge of the problem

Neural networks are modeled by systems of impulsive nonlinear ordinary differential equations. The systems are studied for different types of stability using methods from Lyapunov's theory for stability of ordinary differential equations, as the applied methods generalize and supplement Lyapunov's theory. The mathematics used here, I would say, is complex and difficult. The laborious calculations and the use of such a mathematical apparatus definitely require knowledge of a high scientific level, which shows that the doctoral student knows the problem very well.

4. Characteristics and evaluation of the dissertation and contributions

The results of the dissertation are essentially contained in the Third and Fourth Chapters, and the first two chapters contain information from the general theory related to the reactive-diffusion equations and the modeling of neural networks with such equations.

In the Third Chapter, the first two paragraphs deal with reactive-diffusion delayed Cohen-Grosberg neural networks, which are subject to impulsive perturbations at fixed moments of time, and the third paragraph deals with systems with variable delays, which are subject to variable impulsive perturbations. Definitions for different types of stability of sets have been introduced, which expands the classical concepts of stability of systems' states, thus expanding the possibilities for analysis of specific systems arising in different fields of science and technology. Using Lyapunov-type functions, but of a more general form, the results of stability in the different tasks are proved, and after each paragraph appropriate examples are given. In general, the scientific contribution of the results in Chapter Three consists in generalizing and upgrading the existing results for the considered types of systems, expanding Lyapunov's theory, as well as expanding the applicability of this theory.

The Fourth Chapter focuses directly on applications. In Paragraph 4.1, an impulsive model of the hepatitis B virus is considered, and in Paragraph 4.2, an impulsive SIR epidemic model for the spread of infectious diseases is studied. Results of stability have been proven, which are important from an application point of view, as they are directly related to the problem of optimal impulse control of epidemic models through which can be achieved effective therapy.

I definitely believe that the dissertation contains scientific and applied research results that represent an original contribution to science.

5. Assessment of the publications and personal contribution of the doctoral student

The PhD candidate has presented a total of 3 publications. They contain the results presented in Paragraphs 3.1, 3.3 and 4.1 in the thesis. It is very impressive that all three publications are in journals with a very high ranking. Two of the papers are published in Mathematics with impact factor 2.258 and quartile Q2, and the third one is published in Entropy with impact factor 2.524 and quartile Q3. This is a proof of the significance and international visibility of the results presented in the dissertation. So far, 5 citations of the presented publications have been noticed, which I think is quite a good attestation, given that the publications are recent and are the first for the PhD student.

All three articles are co-authored. I accept that in all three papers the different authors have an equal contribution.

The presented publications give a total of 165 points to the candidate, which significantly exceeds the minimum national requirements in ZRASRB (30 points).

6. Critical remarks and recommendations

Unfortunately, I have critical notes on a big part of the texts in the dissertation.

I notice a lot of grammatical errors: dozens of missing spaces in the text and in the formulas, incorrect punctuation, misspelled words and many others. In many places I find incorrect sentence wording, as in some cases the meaning of the sentences is even lost. Some formulations used in the dissertation, in my opinion, sound unnatural in Bulgarian.

Many of the omissions are obviously due to negligence: missing words in sentences, references with wrong numbers, but also misspelled mathematical formulas (missing „+“ in the second formula on page 1, misplaced ds in the power of the exponent in one of the integrals on page 22, misspelled limit in the top of page 23). Notations whose meaning is nowhere defined are also used, such as the notations K and μ in Theorem 1.1.1 or the notation $\mathbb{X}$ in formula (1.1.5). On page 30, when formulating the problem in matrix form, the dimensions of the matrices are inaccurately defined: for example B cannot be a diagonal matrix if F is a column matrix.

I find negligence even in the arrangement and structuring of the dissertation and the autoreferat. In the Introduction of the dissertation it is stated that the First Chapter contains Paragraph 1.3 entitled "Set. H-set. Integral set", but such a paragraph does not exist at all. There is a strange unfinished sentence on page 13: "By changing condition 3 of Definition (1.2.2) and the condition", although there is no definition with such a number. There are whole missing passages in the autoreferat, for example, the beginning of Paragraph 3.1 on page 10 is not indicated, five pages later it is announced: "The following definition introduces the concept of strong uniform global stability ...", but the definition is missing and Paragraph 3.2 immediately begins. In the autoreferat most of the theorems from the dissertation are not mentioned at all, while Theorem 3.3.11 is presented even with the proof, therefore I think that the optimal selection of the most important texts presenting the dissertation in summary has not been made.

I think that all the noticed omissions and inaccuracies are essentially remediable and they do not devalue the strong and significant scientific results presented in the dissertation. I think that the mathematical calculations in the proofs of the theorems and the obtained final results are correct. I recommend a careful reading and proper editing of the dissertation before its publication.

7. Conclusion:

The dissertation contains scientific and scientific-applied results, which represent an original contribution to science and meet all the requirements of Law for the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations of Technical University of Sofia under this law.

In view of the above, I give my positive assessment of this research and the obtained results and contributions presented in the dissertation and the autoreferat, and I recommend to the esteemed scientific jury to award Tsvetelina Veselinova Mihailova the educational and scientific degree "Doctor" in the Professional field 4.5. Mathematics, Scientific specialty Mathematical Modeling and Application of Mathematics.

Date: 21 April 2022

Reviewer:

/A. Nikolov/