

ЦПФ45-НС1-077/26.04.2022г.

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен \

„доктор”

Област: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.5. Математика

Научна специалност: „Математическо моделиране и приложение на математиката“

Автор на дисертационния труд: **Цветелина Веселинова Михайлова**

Тема на дисертационния труд: **ИМПУЛСНИ РЕАКТИВНО-ДИФУЗИОННИ НЕВРОННИ МРЕЖИ НА КОЕН-ГРОЗБЕРГ С КРАЙНИ ЗАКЪСНЕНИЯ: УСТОЙЧИВОСТ НА МНОЖЕСТВА. “**

Рецензент: **Проф. д-р Галина Стоянова Панайотова**, Факултет по Информационни Науки; Университет по библиотекознание и информационни технологии – София

1. Актуалност на разработвания проблем

Невронните мрежи намират приложение в почти всички области на науката и живота. Те са полезни математически средства при описването на много процеси и явления, изследвания в теорията на оптималния контрол, механиката, медицината, електротехниката и др. Актуалността на проблема може да се разгледа чрез мрежите на Коен-Грозберг, въведени през 1983 г. Тук заслужава да се споменат изследванията на реактивно-дифузната част на невронната мрежа, която е от основно значение. Известно е, че поради ефекта на мигновените смущения развитието на много системи в реалния свят не е непременно непрекъснат процес и точно такива процеси могат да се моделират с импулсни диференциални уравнения.

Темата на дисертационния труд пряко касае намирането на ефективни условия за гарантирането на устойчиво равновесие на неопределените системи.

2. Познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Дисертационния труд показва, че докторантът познава добре импулсни реактивно-дифузни мрежи на Коен-Грозберг с крайни закъснения.

Литературният обзор обхваща 94 източници, книги, научни публикации от 2004 до 2020 г. с изключение на три публикации свързани с теорията на устойчивостта и импулсни диференциални уравнения. От тях 92 са на английски език и 2 на кирилица.

След направен обстоен анализ докторант Цветелина Михайлова обосновава формулирането на основните задачи на дисертационния труд:

- Основна концепция за устойчивост на множества за системи импулсни реактивно-дифузни със закъснения и достатъчни условия за равномерна глобална устойчивост на множества.
- Понятие за силна устойчивост на множества и с използване на номиналната система са намерени достатъчни условия за съществуване на силно устойчиви множества.
- Практическа устойчивост на системи реактивно-дифузни със закъснения и импулсни смущения от вида (3.1.2) по отношение на специален вид многообразия, дефинирани с функция от вида h .
- Глобална устойчивост на интегрални многообразия за реактивно-дифузни невронни мрежи на Коен-Грозберг със закъснения и променливи импулсни смущения.

Решаването на така представените задачи на дисертационния труд е представено в 4 глави.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

От представените резултати и научни публикации следва, че разработените техники за изследване съответстват на поставените задачи на дисертационния труд.

Чрез техниката на интегралните многообразия за изследване на критериите за устойчивост и ограниченост на реактивно-дифузни със закъснения и променливи импулсни смущения дава наличните условия за съществуване на интегрални многообразия, както и условията за проява на техните свойства.

Демонстрираната техника на интегралните многообразия може да бъде разширена и приложена при изследванията на различни класове от невронни мрежи и свързани с тях системи.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Трудът съдържа 117 страници. Той включва увод, 4 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите в и използвана литература.

В глава 1 – Фундаментална теория - са синтезирани основните резултати от теорията на импулсните диференциални уравнения и уводните концепции на вторият метод на Ляпунов, който се използва в работата.

Глава 2 – Реактивно-дифузни уравнения – въвеждат се уравненията на реакцията и дифузията, разглеждат се понятията за стационарни и глобални решения и условията за реакционна дифузия.

Глава 3 - Устойчивост на множества и интегрални многообразия във фазово пространство на системи реактивно-дифузни невронни мрежи на Коен-Грозберг със закъснения и променливи импулси – въведени са основните концепции за устойчивост на множества за системи реактивно-дифузни невронни мрежи със закъснения. Получени са достатъчни условия за устойчивост и е разгледана практическата устойчивост на системи реактивно-дифузни невронни мрежи със закъснения и импулсни смущения.

Разгледани са примери за валидиране на ефективността на получените резултати.

Глава 4 – Приложения – разглеждат се проблемите за съществуване на интегрални многообразия за импулсен модел на вируса на хепатит Б и съществуване на Н-многообразие за импулсен SIR епидемичен модел. Импулсите се реализират във фиксирани моменти и могат да се разглеждат като форма на контрол върху модела. Основните резултати са получени след приложение на метода на Ляпунов-Разумихни и принципа на сравнение.

Получените резултати в дисертационния труд обобщават и разширяват съществуващите резултати в качествената теория.

5. Научни и/или научно приложни приноси на дисертационния труд

Основните приноси на дисертацията имат основно научен и научноприложен характер и могат да се обобщят по следния начин:

Научни приноси:

- Въведена е основната концепция за устойчивост на множества за системи импулсни;
- Получени са достатъчни условия за равномерна глобална асимптотична устойчивост и равномерна глобална експоненциална устойчивост на множества;
- Доказана е полезността на получените резултати и тяхната общност в случаите на атрактори различни от точките на равновесие;
- Въведено е понятие за силна устойчивост на множества и с използване на номиналната система са намерени достатъчни условия за съществуване на силно устойчиви множества;
- Разгледана е практическата устойчивост на системи реактивно-дифузни със закъснения и импулсни смущения по отношения на h -многообразия;

Научно-приложни приноси

- Намерени са достатъчни условия за устойчивост на множество M -равномерно глобално асимптотично устойчиво, равномерно глобално експоненциално устойчиво, силно равномерно глобално експоненциално устойчиво.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Предоставеният ми за рецензия дисертационен труд безспорно съдържа научни и научно-приложни приноси, като те са публикувани в международни списания, получили са необходимата публичност и са били рецензирани от независими рецензенти. По дисертацията са направени общо 3 публикации в съавторство на английски език. Трите публикации са индексирани в базата Scopus, като след справка в нея, някои от тях вече са генерирани и множество цитати, което доказва приложимостта на дисертационния труд и оценката на международната научна общост за приноса на дисертационния труд и работата на докторанта. Приложен е списък със забелязани цитати.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По дисертацията няма направени самостоятелни публикации. Направените 3 публикации по дисертационния труд са в периода 2020 - 2021 г.: 2 статии в списание "Mathematics" с $IF=2.258$ и $SRJ - Q2$, и една статия в списание "Entropy" през 2021 г. $IF=2.524$ и $SRJ - Q3$. Публикации са индексирани в базите Scopus и Web of Science. Посочените трудове по брой и място на публикуване покриват изцяло изискванията за придобиване на ОНС „Доктор“.

8. Използване на резултатите от дисертацията в научната и социалната практика

В рамките на дисертационния труд безспорно е доказано приложимостта на изследваната.

- Модел за симулиране на вируса на хепатит В в тримерно пространство;
- Епидемичен модел при разпространението на инфекциозни болестина основата на съществуването на h -многообразието за импулсен SIR (възпреимчиви-инфектирани-възстановени).

9. Мнения, препоръки и бележки

Дисертацията е достигнала до интересни научни и научно-приложни резултати. Очевидно има голямо поле за тяхното практическо приложение в науката и медицината.

В дисертационния труд липсва заключение.

Като цяло не могат да се посочат грешки, съществени неточности и пропуски в представения за рецензиране дисертационен труд и критичните бележки не намаляват приносите на дисертационния труд.

Препоръката ми е за повече самостоятелни публикации и участия в международни форуми, както и докторантът да продължи работата по тематиката.

10. Заключение

Дисертацията на Цветелина Веселинова Михайлова се отличава с редица достойнства. Като цяло дисертационният труд издава добра компетентност по поставената тематика и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и на Правилника на ТУ-София за прилагането му. Въз основа на горепосочените достойнства и приноси на дисертационния труд, считам, че са достатъчно основание за присъждане на ОНС „Доктор“ по научната специалност „Математическо моделиране и приложение на математиката“ на **Цветелина Веселинова Михайлова**. Затова предлагам на уважаемите членове на Научното жури да се присъединят към моята положителна оценка и да гласуват с „ДА“.

20.04.2022

Подпис:

/Проф. Г. Панайотова/

Review

on the dissertation work for obtaining the educational and scientific degree „**Doctor**”

Author of the thesis: Tsvetelina Veselinova Mihaylova

Title of the thesis: "COHEN-GROSSBERG'S PULSE REACTIVE-DIFFUSION NEURAL NETWORKS WITH EXTREME DELAYS: RESISTANCE OF SETS."

Reviewer: Prof. Galina Stoyanova Panayotova, PhD, Faculty of Information Sciences, University of Library Studies and Information Technologies (ULSIT), Sofia

1. Actuality of the problem investigated in the PhD thesis and tasks, developed in the dissertation

Neural networks are used in almost all areas of science and life. They are useful mathematical tools for describing many processes and phenomena, research in the theory of optimal control, mechanics, medicine, electrical engineering and more. The actuality of the problem can be examined through the Cohen-Grossberg networks introduced in 1983. Here it is worth mentioning the research of the reactive-diffuse part of the neural network, which is essential. It is known that due to the instantaneous interference effect, the development of many systems in the real world is not necessarily a continuous process, and such processes can be modeled with impulse differential equations.

The topic of the dissertation is directly about finding effective conditions for ensuring a sustainable balance of indeterminate systems.

2. Degree of knowledge of the problem

The dissertation shows that the doctoral student is well acquainted with impulse reactive-diffuse networks of Cohen-Grossberg with delays.

The literature review covers 94 sources, books, scientific publications from 2004 to 2020, with the exception of three publications related to the theory of stability and impulse differential equations. Of these, 92 are in English and 2 in Cyrillic.

After a thorough analysis Tsvetelina Mihailova justifies the formulation of the main tasks of the dissertation:

- Basic concept of set resilience for pulsed reactive-diffuse systems with delays and sufficient conditions for uniform global set resilience.
- Concept of strong stability of sets and using the nominal system, sufficient conditions have been found for the existence of highly stable sets.
- Practical stability of reactive-diffuse systems with delays and impulse disturbances of the type (3.1.2) with respect to a special type of manifold defined by a function of type h .

- Global resilience of integral manifolds for Cohen-Grosberg reactive-diffuse neural networks with delays and variable impulse disturbances.

The solution of the presented tasks of the dissertation is presented in 4 chapters.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set objective and tasks of the thesis with the achieved contributions

From the presented results and scientific publications, it follows that the developed research techniques correspond to the set tasks of the dissertation.

Through the technique of integral manifolds for studying the criteria for stability and limitation of reactive-diffuse with delays and variable impulse disturbances gives the available conditions for the existence of integral manifolds, as well as the conditions for manifestation of their properties.

The demonstrated technique of integral manifolds can be extended and applied in the research of different classes of neural networks and related systems.

4. Short analytical characteristics of the thesis

The paper contains 117 pages. It includes an introduction, 4 chapters for solving the formulated main tasks, a list of key contributions, a list of publications in and references.

In **Chapter 1** - Fundamental Theory - the main results of the theory of impulse differential equations and the introductory concepts of the second Lyapunov method, which is used in the paper, are synthesized.

Chapter 2 - Reactive-diffusion equations - the equations of reaction and diffusion are introduced, the concepts of stationary and global solutions and the conditions for reaction diffusion are considered.

Chapter 3 - Resistance of sets and integral manifolds in phase space of systems of reactive-diffuse neural networks of Cohen-Grosberg with delays and variable pulses - the basic concepts of stability of sets for systems of reactive-diffuse neural networks with delays are introduced. Sufficient conditions for stability are obtained and the practical stability of reactive-diffuse neural network systems with delays and impulse disturbances is considered.

Examples of validation of the effectiveness of the obtained results are considered.

Chapter 4 - Applications - the problems of the existence of integral manifolds for the hepatitis B virus pulse model and the existence of the H-manifold for the pulse SIR epidemic model are discussed. Impulses are realized at fixed moments and can be considered as a form of control over the model. The main results were obtained after applying the Lyapunov-Razumihni method and the principle of comparison.

The results obtained in the dissertation summarize and expand the existing results in qualitative theory.

5. Scientific and applied contributions of the thesis

The main contributions of the dissertation are mainly scientific and applied in nature and can be summarized as follows:

Scientific contributions:

- The basic concept of set stability for impulse systems has been introduced;
- Sufficient conditions have been obtained for uniform global asymptotic stability and uniform global exponential stability of sets;
- The usefulness of the obtained results and their community in the cases of attractors other than the equilibrium points has been proved;
- The concept of strong stability of sets has been introduced and with the use of the nominal system sufficient conditions have been found for the existence of highly stable sets;
- The practical stability of reactive-diffuse systems with delays and impulse disturbances with respect to h -manifolds is considered;

Scientific and applied contributions

- Sufficient conditions have been found for the stability of many M -uniform global asymptotically stable, uniform global exponentially stable, highly uniform global exponentially stable.

6. Evaluation of the personal participation of the applicant in the contributions

The dissertation submitted to me for review undoubtedly contains scientific and applied scientific contributions, as they have been published in international journals, received the necessary publicity and have been reviewed by independent reviewers. A total of 3 co-authored publications have been made on the dissertation. The three publications are indexed in the Scopus database, and after reference in it, some of them they have already generated many citations, which proves the applicability of the dissertation and the assessment of the international scientific community for the contribution of the dissertation and the work of the doctoral student. A list of noticed quotes is attached.

7. Evaluation of the publications on the dissertation

No independent publications have been made on the dissertation. The 3 publications on the dissertation were made in the period 2020 - 2021: 2 articles in the journal "Mathematics" with IF = 2.258 and SRJ - Q2. and an article in Entropy magazine in 2021. IF = 2.524 and SRJ - Q3 Publications are indexed in the Scopus and Web of Science databases. The indicated works by number and place of publication fully cover the requirements for acquiring title educational and scientific degree „Doctor”.

8. Use of the achieved results of the thesis in the scientific and social practice

The applicability of the research has been indisputably proved within the dissertation work.

- Model for simulating the hepatitis B virus in three-dimensional space;
- Epidemic model in the spread of infectious diseases based on the existence of h-manifolds for pulsed SIR (susceptible-infected-recovered).

9. Notes and suggestions

The dissertation has reached interesting scientific and scientific-applied results. Obviously, there is much room for their practical application in science and medicine.

There is no conclusion in the dissertation.

In general, errors, significant inaccuracies and omissions in the dissertation submitted for review cannot be pointed out and critical remarks do not reduce the contributions of the dissertation.

My recommendation is for more independent publications and participation in international forums, as well as the doctoral student to continue working on the topic.

10. Conclusion

The dissertation of Tsvetelina Veselinova Mihailova is distinguished by a number of merits in scientific and applied science. In general, the dissertation issues good competence on the set topic and meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations of TU-Sofia for its implementation. Based on the above-mentioned merits and contributions of the dissertation, I consider that they are a good reason for the assigning the educational and scientific degree „Doctor” to in the scientific specialty "Mathematical Modeling and Application of Mathematics" by Tsvetelina Veselinova Mihaylova. That is why I suggest that the esteemed members of the Scientific Jury join my positive assessment and vote 'YES'.

20.04.2022
Sofia

Member of scientific jury:
/Prof. Galina Panayotova, PhD/