

СТАНОВИЩЕ

от д-р Катя Георгиева Дишлиева, доцент в Технически университет – София върху

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

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

професионално направление: 4.5. Математика;

докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката;

автор на дисертационния труд: Зоя Владимирова Кичева – Зафирова;

тема на дисертационния труд: Изследване динамичното поведение на нелинейни клетъчни мрежи, решаващи уравнения на математическата физика;

научен ръководител: проф. дмн Анжела Славова – БАН

1. Общо описание на представените материали.

Със заповед на директора на Института по математика и информатика (ИМИ) към БАН съм определена за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на посочения по-горе дисертационен труд. На първото заседание на журито съм избрана да изготвя становище.

Представеният от докторанта Зоя Кичева – Зафирова комплект материали на електронен носител е в съответствие с Приложение 4 на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика (ПУРПНСЗАДИМИ) на БАН.

Дисертационният труд е поместен на 134 стандартни страници. Състои се от:

- Увод;
- Пет глави - всяка съдържаща няколко параграфа и съответните изводи;
- Авторска справка на приносите в рецензирания труд. Приносите са разделени на две групи: научни приноси (5 теоретични резултата) и научно-приложни приноси (5 приложения);
- Библиография, включваща 111 заглавия.

Освен дисертационния труд докторантът е приложил към документите по процедурата за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ следните документи:

- Автореферат;
- Декларация за оригиналност и достоверност;
- Автобиография (Европейски формат);
- Списък на публикациите по дисертационния труд – общо 6 публикации;
- Копия на шест броя научни статии, публикувани в пълен текст и които са свързани с темата на дисертационния труд. Докторантът е член на авторските колективи на тези статии. Може да се каже, че дисертацията се основава на тези публикации;
- Други документи, които са свързани с процедурата по защита на дисертационния труд и са изискуеми от съответните правилници.

2. Характеристика и оценка на дисертационния труд.

Клетъчна невронна мрежа (КНМ) представлява адекватен математически модел на система за обработка на информация, организирана аналогично на човешкия мозък. Математическият модел на биологичната невронна мрежа е изграден от множество взаимосвързани прости изчислителни елементи, наречени неврони. Всеки неврон приема

"сигнали" от предхождащите го в мрежата други неврони под формата на числа, извършва някакви аритметични действия, определени от неговата функция на активация (степен на възбуда) и резултатът се предава по изходящите връзки (наречени синапси) към следващите неврони. Най-общо, невронната мрежа е набор от математически модели, съставени от прости елементи по определени правила. В дисертацията се обогатява теорията на КНМ и са дадени няколко съществени техни приложения.

Първа глава има уводен характер. Описани са: архитектурата на КНМ, основните характеристики, спецификациите на КНМ, основни типове диференциални уравнения, описващи динамиката на КНМ и др. Основните резултати са свързани с приложението на метода на хармоничния баланс за определяне на периодични процеси.

Във **Втора глава** уравнението на топлопроводността е изследвано чрез КНМ. Представени са начини за апроксимиране на Лапласовия оператор в дискретно пространство. Чрез метода на хармоничния баланс е изследвано интегро-диференциалното уравнение на Fitz-Hugh-Nagumo. За тази цел се въвежда нова променлива и уравнението се свежда до система от по - прост вид, чието решение се проектира в слой на КНМ. Прилага се дискретна трансформация на Фурие, за която съгласно метода на хармоничния баланс са намерени основните компоненти, определящи съществуването на периодично решение.

Една от основните цели, постигнати в **Трета глава**, е моделиране на взаимодействието *флуксон – антифлуксон* чрез КНМ. Ще припомним, че устройството, чрез което се наблюдава ефекта на Josephson, представлява трислойна подредена материална система от типа: свръхпроводник - диелектрик (със сравнително малка дебелина – няколко десетки ангстрьома) - свръхпроводник. При определени условия през бариерния диелектричен слой може да протече електронен поток. Този сравнително кратък процес се нарича тунелен ефект и се описва чрез модификации на уравнението на Gordon. Специално за това уравнение, солитонните решения (предвид техния физичен смисъл) е прието да се наричат *флуксони*. Съществена особеност на подобен тип решения (когато съществуват) е тяхната устойчивост по дясна страна, т.е. наличие на външни токове, магнитно поле, геометрични нехомогенности и пр. В същата глава са изучени и решения от тип „бягаща вълна“ на Burgers. Струва ми се, че е по - естествено изследванията в глава 3 да се разпределят в две отделни глави.

Хистерезисът е свойство, което се проявява при подходяща физическа, биологическа, икономическа или друга (основна) система, подложена на въздействие от друга система. Характерно за хистерезиса е, че параметрите на основната система зависят не само от тези които я описват в текущия момент. Моментното ѝ състояние също така се определя от предисторията на процеса и от предишни трансформации на тази система. Мемристорът е един от четирите основни пасивни електрически компоненти. Мемристорът има съпротивление, което „помни“ каква стойност е имало при последното включване на тока, което означава, че на теория може да се използва за създаване на устройства, които съхраняват данни, без да изискват постоянен енергиен поток, за да поддържат настоящите си стойности. В **Четвърта глава** се изучава динамиката на явлението хистерезис в КНМ с наличие на мемристорни синапси (изходни връзки между невроните в мрежата). По-конкретно, изследвано е поведението на NiO₂ Mott мемристор, вграден в хистерезисна клетъчна невронна мрежа, работеща във възстановяващ се режим. Математически апарат на изследването е теорията за локалната активност. Определена е и границата на областта на хаоса, в която КНМ има сложно поведение. Разглежданата хистерезисна КНМ е направена от един ред клетки с хистерезисни превключватели.

В последната **Пета глава** е изследван модел от типа на реакция – дифузия на Gierer - Meinhardt. Намерени са условия, при които се получават Тюрингова и вълнова неустойчивост.

3. Приноси на кандидата:

Приносите в дисертационния труд могат да се приемат за колективно дело, като изпълнителската роля е на докторанта под ръководството на неговия научен ръководител. Всички достижения могат да бъдат причислени към направлението „Обогатяване на съществуващи знания”. Получените резултати в голямата си част имат (макар и непряк) приложен характер и следователно можем да ги поставим в направлението „Приложение на научни постижения в практиката”. Това е едно от достойнствата на това изследване – достойнство, което по мое мнение ще мотивира Зоя Зафирова да продължи изследователската си дейност в коментираното научно направление.

4. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

Дисертационният труд се основава на 6 научни публикации с участието на докторанта. Всяка от тези публикации е в съавторство с научния ръководител. В две от публикациите участва и трети автор. Една от работите е публикувана в списанието *Pliska Studia Mathematica Bulgarica*, три от работите са публикувани в *AIP Conference Proceeding* (ежегодната конференция на ТУ-София в Созопол) и една в *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*.

Ще отбележа, че *AIP Conference Proceeding* за 2019 г. (когато в това издание са публикувани две от дискутираните по-горе статии) притежава SJR = 0,19.

Публикациите на Зоя Зафирова са от преди две години, поради което е твърде рано да се очаква цитирания на получените научни достижения.

Както казах, коментираните научни публикации, на които се базира дисертацията, са в съавторство с други учени. Поради липса на допълнителна информация, приемам, че участието на докторанта в изследователската работа по тези публикации е еквивалентно на работата на останалите негови съавтори.

Ще подчертая, че публикационната активност на докторанта, свързана с дисертационния труд, е повече от задоволителна. Научните публикации, включени в дисертационния труд надвишават минималните изисквания на ИМИ, посочени в ПУРПНСЗАДИМИ (3 публикации в рецензирани издания, от които поне едно е списание).

Получените резултати са докладвани на 9 научни форуми, част от които са с международно участие.

5. Автореферат:

Авторефератът е изготвен съгласно общоприетите стандарти. Ще отбележа, че обемът му от 55 стр. е доста по-голям от традиционния. В него са посочени:

- актуалност на поставените цели и задачи в дисертационния труд;
- основни базови резултати на други учени и основни техни твърдения, подпомагащи изследванията на автора на дисертацията;
- възможности за приложения и най-важните достижения и няколко подходящи направления за развитие на тази съвременна математическа теория;
- апробация на изследванията – посочени са научни форуми, на които са докладвани резултатите от научната работа на г-жа Зафирова;
- последователно (съгласно изложението в дисертационния труд) са дадени важни дефиниции и понятия;
- формулирани са ограниченията и произтичащите от тях основни и помощни твърдения, получени в дисертационния труд;
- основни приложения на теоретичните резултати на базата на конкретни примери;
- основни изводи и заключения, произтичащи от изследванията, т.е. приносите на докторанта.

Направените изводи отразяват коректно постигнатото в предложения за рецензиране дисертационен труд. Материалът (в автореферата) е изложен така, че читателят може да придобие пълна и адекватна представа за резултатите в дисертацията.

6. Заключение

Дисертационният труд съдържа научни и научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката. Представените документи и изследвания отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ. Освен това, материалите и декларираните постижения на автора напълно съответстват на специфичните изисквания на Института по математика и информатика (виж чл. 6, т. 3 от ПУРПНСЗАДИМИ на БАН), приети във връзка с приложението на ЗРАСРБ.

На основание на казаното по-горе оценявам **положително** проведеното изследване, представено в рецензираните по-горе: дисертационен труд, автореферат и научни публикации. Предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ на Зоя Владимирова Кичева – Зафирова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление: 4.5. Математика; докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката.

15.11. 2021 г.

Изготвила становището:
(доц. д-р Катя Дишлиева)