

Становище

От проф. дмн Анжела Славова Попиванова

за дисертационния труд

на тема:

„Изследване на динамичното поведение на клетъчно нелинейни мрежи описващи уравнения на математическата физика“

с автор: **Зоя Владимирова Кичева-Зафирова**

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 приложения на математиката”

1. Биографични данни

Зоя Владимирова Кичева-Зафирова е завършила УНСС със специализация - икономист по социално икономическа информация и СУ „Св. Климент Охридски“ със специализация – Математик, Учител по Математика. Работи като учител по математика и информатика до 2014 г. От тогава е асистент в ТУ- София до 2109 г. Има много специализации и квалификации през периода 1994-2021 г. От 2017 г. е зачислена като задочна докторантка в ИМИ-БАН. Участвала е в програмата Еразъм + - Learning Mobility of Individuals– Staff mobility in VET през 2021 г. Има компютърни умения по Word, Excel, Power Point, Access, Adminpro, AjourL, Corel Draw, Latex.

2. Общо описание на представените материали

Представеният дисертационен труд е в обем на 158 страници, като съдържа увод, пет глави и заключение, справка за научните и научно-приложни приноси, литература от 108 заглавия. Представен е и програмен код за симулация на уравнението на Фиц Хю Нагумо.

Дисертацията е посветена на изучаване на нелинейни Клетъчно Невронни Мрежи (НКНМ) моделиращи някои уравнения на математическата физика. Основните приноси са: изведено е уравнението на хармоничния баланс за нелинейни системи, представен е НКНМ алгоритъм за изследване на уравнения на реакция дифузия, дефинирани са флуксони от математическа гледна точка, представено е явлението хистерезис и са изследвани мемристорни НКНМ с хистерезис, моделирано е взаимодействието флуксон-антифлуксон с НКНМ, получени са строги математически неравенства за определяне на областта, наречена „ръб на хаоса”, предложена е конструктивна процедура, която е приложима за произволна НКМН, чиито клетки са свързани и описани чрез детерминистични математически модели, изследвана е системата на Мейнхард – Гиерер, като са изведени условията, при които се получават Тюрингова и вълнова неустойчивост. Тематиката е изключително актуална от гледна точка на многобройните приложения на НКНМ в обработката на образи и провеждане на информацията. Изследваните мемристорни НКНМ с хистерезис придобиват особено голямо развитие през последните пет години. Постигнати са целта и задачите на дисертацията.

По дисертационният труд са представени 6 статии, които са публикувани както следва: в *Pliska Studia Mathematica* -1, *AIP Conference Proceedings* – 3, *Proc. ANNA 2018*, *VDE* -1, *Proceedings IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2019)* -1. Статиите в *IEEE Proc.*, и *Proc. ANNA 2018*, *VDE* са отбелязани в базата данни *Scopus*, статиите в *AIP Conference Proceedings* имат *SJR* 0.18, статията в *Pliska Studia Mathematica* е отбелязана в базата данни *Zentralblatt für Mathematik*. Резултати от дисертацията са докладвани на пет международни конференции - *ANNA 2018*, *AMEE 2018*, *2019*, *NTADES 2018*, *2019*, *ISCAS 2019*. По статиите „Edge of Chaos in Nanoscale Memristor CNN“ и „Dynamics of viscoelastic Burgers' cellular neural networks model“ има забелязани цитати в публикацията „Research on Artificial Neural Network in Bulgarian Academy of Science“ от Копринкова – Христова Р., която е публикувана в *Studies in Computational Intelligence* 934, 2021, pp. 278-304.

Дисертационният труд и представените статии отговарят на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), както и на Правилника за неговото приложение (ППЗРАСРБ), Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Българска академия на науките (БАН) и Правилника в Института по математика и информатика (ИМИ) при БАН.

3. Анализ на научните и научно-приложните постижения в дисертацията.

В дисертационния труд се изследват нелинейни клетъчно невронни мрежи (НКНМ) моделиращи различни уравнения на математическата физика. За изследване на тяхната динамика се прилага метода на хармоничния баланс, който е представен най-подробно от дисертантката.

Ще представя по-подробно научните и научно-приложни приноси по-долу:

Първа глава от дисертацията е въвеждаща и в нея са разгледани нелинейни клетъчно невронни мрежи (НКНМ) с основните им дефиниции, уравненията, които ги описват, както и изходните уравнения на мрежата. Изследвано е динамичното поведение на НКНМ чрез метода на мажориращите уравнения на Ляпунов. В тази глава е представен основният метод, който се използва за изследване в дисертационния труд, а именно методът на хармоничния баланс.

Във втора глава се изучава динамиката на НКНМ модел на интегро-диференциалното уравнение на Фиц Хю Нагумо. Първо се представят най-общо НКНМ модели на реакция-дифузия. След това се моделира интегро-диференциалното уравнение на Фиц Хю Нагумо чрез НКНМ. Динамиката на мрежата се изследва като се прилага метода на хармоничния баланс чрез специална дискретна трансформация на Фурие. Разработен е програмен код (представен в края на дисертацията) за симулациите на НКНМ модел.

Основната част от дисертационния труд е трета глава, в която се изследват НКНМ моделиращи някои уравнения на математическата физика. Първо се моделират флуксони, които се появяват в контактите на Джозефсон и тяхното взаимодействие, като са представени симулации на взаимодействието на флуксон-антифлуксон, както и на двойка флуксони – т. нар. бредон. В тази глава се изучават различни уравнения на син-Гордон, които се моделират с НКНМ. Представени са симулации на вълна тип „кинк“, както и на

периодичното решение. Накрая се моделира вискоеластичното уравнение на Бургерс с RTD-НКНМ. Направени са симулации на профилите на решения от вида бягаща вълна.

В четвърта глава се въвежда явлението хистерезис, което е подробно представено със съответните математически формулировки. Изучена е динамиката на хистерезисни НКНМ с мемристори. Получена е областта наречена ръб на хаос за този модел. Това е област, в която те проявяват сложно поведение като бифуркации и хаос. За изучаване на тяхната динамика се прилага метода на хармоничния баланс. Направени са симулации на хистерезисни НКНМ с мемристори.

НКНМ модел на уравнението на Мейнхарт Гиерер е построен в пета глава. За изследване на неговата динамика се прилага метода на хармоничния баланс. Получена е неустойчивост на Тюринг и вълнови бифуркации. Представена е симулация на изследвания модел.

4. Критични бележки и препоръки

Нямам съществени забележки с изключение на някои преводни и правописни грешки.

5. Лични впечатления

Познавам Зоя Зафирова от 2017 г. Имам отлични впечатления от нейната работа по дисертацията. Тя изпълни много добросъвестно поставените и задачи и направи всички симулации, като разработи и специален код, представен в края на дисертацията. Представяла е част от резултатите на семинара по Диференциални уравнения към ИМИ-БАН и на международни конференции, на които аз съм присъствала. Докладите и са високо оценени от колегите от секцията, както и от чуждестранните участници в конференциите посочени по-горе.

Заклучение: Получените в дисертацията резултати имат научен и научно-приложен характер, отличават се с прецизност и задълбоченост. Отчитайки значимостта на проведените изследвания и имайки предвид ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Процедурните правила за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на ИМИ-БАН, убедено предлагам на журито да гласува положително за присъждане на образователната и научна степен “Доктор” на Зоя Владимирова Кичева-Зафирова в професионално направление 4.5. Математика, докторска програма "Математическо моделиране и приложение на математиката".

София, 15.11.2021 г.

Подпис:

(проф. дмн Анжела Попиванова)