

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд на тема:

**“Изследване на динамичното поведение на Клетъчно Невронни Модели
с приложения в разпознаване и обработка на образи”**

с автор гл.ас. Виктория Колева Рашкова

за получаване на образователната и научна степен “Доктор”

по научна специалност

01.01.13 “Математическо моделиране и приложение на математиката”.

Научен ръководител: Проф. дмн Анжела Славова

Рецензент: Проф. д-р Маргарита Теодосиева

На основание Заповед №: 257 от 9.07.2012 на И.Д. ДИРЕКТОР на ИМИ – БАН във връзка със защита на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Математическо моделиране и приложения на математиката” като рецензент получих следните документи на кандидата Виктория Колева Рашкова, включващи: автобиография, справка за приносите в дисертацията: списък на научните публикации на кандидата; научни публикации -5 бр.; дисертационен труд и автореферат.

Приемам за рецензиране представените документи и материали, които са оформени в съответствие с изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му, както и Правилниците на БАН и ИМИ.

1. Кратки биографични данни

Гл.ас. Виктория Рашкова е завършила специалност *Компютърни системи и технологии* в Русенкия Университет през 2002 г. След получаване на преквалификация за учителска правоспособност тя работи като учител по Информатика и информационни технологии последователно в СОУ „И. Йовков” (2002-2003), ИТ в ПГИУ „Елиас Канети” (2003-2005) и СОУ “Възраждане” (2005-2006).

През 2006 г. след успешно издържан конкурс е назначена за асистент в катедра *Информатика и информационни технологии* на Русенския

Университет, а от 2011 г., предвид научната й продукция и много добрата й атестация е преназначена на длъжността гл. асистент. Тя води упражнения по дисциплините Информатика 1, Информационни системи и технологии 2, Компютърни мрежи и комуникации и съответния практикум., Визуално програмиране в Ms Office.

През 2006 г. е приета за редовен докторант в ИМИ-БАН, а от 2007г. е задочен докторант в ИМИ-БАН.

2. Обща характеристика на представените трудове

По дисертационния труд са представени 5 публикации: 3 публикации са в списания, съответно: International Journal of Neural Networks and Applications; Mathematica Balkanica; Comptes Rendus De L'Academie Bulgare Des Sciences. Последното има импакт фактор 0.219; 2 публикации са в трудовете на конференции: Proceedings of European Conference of Circuits, Theory and Design - Sweden 2011, Proceedings MADEA. Всички публикации са в съавторство. Приемам участието на Виктория Рашкова за равностойно с нейния съавтор.

Част от резултатите по дисертацията са получени в изпълнение на договор ДИД 02/15, финансиран от Националния Фонд Научни Изследвания на тема *„Комбиниран подход с метод на гранични интегрални уравнения и клетъчно невронни мрежи за анализ на пиезоелектрични материали с пукнатини“*.

Резултатите от дисертацията са докладвани на редица наши и международни конференции, както следва: BGSIAM'07, BGSIAM'08, BGSIAM'09, BGSIAM'10, BGSIAM'11, Conference "Mathematics in Industry", Sofia 2010, Conference MADEA, Sunny beach, 2010, а също така и на семинара по диференциални уравнения в ИМИ-БАН през 2008 г. и на отчетните сесии на Секция Математическа физика на ИМИ-БАН през 2010, 2011 г.

3. Описание на получените в дисертацията резултати

Настоящата дисертация има за цел изследването на динамичното поведение на Клетъчно невронни модели (КНМ) и тяхното приложение за разпознаване и обработка на образи. Състои се от уводна част, 6 глави, заключителна част, списък на цитираните литературни източници и списък на публикациите на автора. Текстът е в обем от 146 страници, в това число 37 фигури и 1 таблица. Списъкът на литературата обхваща 138 заглавия.

Изследванията в дисертацията са в много актуална област на математическото моделиране - разпознаване и обработка на образи. КНМ са нов клас невронни мрежи, въведени за пръв път от Леон Чуа и Лин Янг през 1988 г. Те представляват решетка от нелинейни динамични вериги, свързани по между си, в резултат на което се предава голямо количество информация в реално време. Едно от най-важните свойства на КНМ е, че отделните клетки са нелинейни динамични системи, докато връзките между тях са линейни. В дисертацията са изследвани КНМ на реакция-дифузия, които правят паралелни изчисления в пространството и са най-доброто решение за

локални и дифузионни задачи. Задачите и методите за тяхното решаване са нов подход при обработка и разпознаване на образи, базиращ се на нелинейни частни диференциални уравнения (ЧДУ).

Ще направя по-подробен анализ на получените в дисертационния труд резултати по глави.

В **Глава 1** се изучават линейни КНМ, представени са основните уравнения, описващи тяхната динамика – уравнение за динамиката на единична клетка, изходно уравнение, начални условия с наложени ограничения. Изучени са подробно основните теореми за устойчивост на линейни КНМ. Основната функция на КНМ при обработката на образи е да проектира или трансформира входен образ в съответен изходен. Това означава, че КНМ трябва винаги да клони към константно равновесно състояние. Основен метод, който се използва в тази глава за доказване на устойчивостта на КНМ е методът на Ляпунов.

За два примера на линейни КНМ са направени компютърни симулации. За първия пример на линейна КНМ с размер 4×4 се получава, че всяка вътрешна клетка от веригата на разглежданата КНМ, може да има само 6 устойчиви клетъчни равновесни състояния $-6, -4, -2, 2, 4$ и 6 . Реално, устойчивото равновесно състояние на всяка клетка изцяло зависи от нейното начално състояние, а също така и от началните състояния на нейните съседни клетки. Клетката може да достигне евентуално едно от нейните устойчиви равновесни състояния, даже и когато нейното начално състояние остане неизменено. Разгледано е началното пространство като интервал $[-1.0, 1.0]^{M \times M}$, а изходното пространство като множество $\{-1, 1\}^{M \times M}$, и се дефинира динамичен оператор F като: $F: [-1.0, 1.0]^{M \times M} \rightarrow \{-1, 1\}^{M \times M}$. Това свойство на линейната КНМ е особено важно при построяване на асоциативни памети, коригиращи грешката кодове, и др.

Тук искам да отбележа, че числените резултати в дисертацията са получени с програмата MatLab 7, CNN Tools, MATCNN.

Глава 2 е посветена на метода на хармоничния баланс (МХБ). Методът е много подходящ за симулиране на нелинейни вериги. Решенията за устойчивите състояния на веригите в честотната област се намират директно, което води до намаляване на изчислителната сложност.

В тази глава е представен алгоритъм за прилагане на този метод при изучаване динамиката на КНМ. Основното му приложение е в предсказване на гранични цикли в нелинейни системи, представени като схеми на Луре. Използва се графичният критерий на Найквист, за да се предскаже устойчивостта на даден граничен цикъл. По този начин, прилагайки МХБ към различните модели, разглеждани в дисертацията, са направени изводи за тяхното по-сложно динамично поведение.

Разгледан е пример на КНМ с N клетки, при която изходната функция е частично линейна функция, така че мрежата оперира в режим на глобалното

разпространение. Тогава се доказва, че КНМ има най-малко $(N-1)/2$ различни нетривиални периодични решения. Направените компютърни симулации потвърждават тази динамика.

В глава 3 се изучава динамиката на КНМ на реакция-дифузия. Генерирана е КНМ с две клетки. За един пример е доказано, че всички траектории, започващи от някое начално условие без координатното начало клонят към граничен цикъл. Представени са 3 клетъчно-свързващи теста, както и тяхното доказателство. Разгледани са различни примери на КНМ с по-сложна динамика и за тях са доказани теореми за пълна устойчивост.

За атрактор „дамска обувка“ е направена компютърна симулация. За уравнението на Newell-Whitehead е изучено явлението “ръб на хаос”. Това е област на клетъчните параметри, в която клетката е локално активна. За КНМ на реакция-дифузия се построява полиномен КНМ модел за уравнението на Newell-Whitehead. За този модел се построява алгоритъм за определяне на областта от параметрични стойности - “ръб на хаос”. Направените компютърни симулации за различни стойности на параметрите определят областта “ръб на хаос”.

Решения от типа бягаща вълна на КНМ са изучени в глава 4. Известно е, че има много изследвания за решения от тип бягащи вълни на пространствено дискретни или и двете, пространствени и времеви дискретни системи. Колбанията на решенията от типа бягащи вълни са слабо изследвани в дискретните системи. Това е направено най-подробно в дисертацията за КНМ, които са дискретни в пространството системи. Доказани са теореми за структурата на тези решения за обща КНМ, като е направена класификация на решенията в зависимост от тяхната структура.

За КНМ модел на уравнението на Newell-Whitehead се изучават решенията от типа бягаща вълна. Първо се изучава динамиката на модела с метода на хармоничния баланс, като специално внимание се отделя на нелинейността. След това се доказва, че хетероклиничната орбита, свързваща равновесните точки е или строго монотонно намаляваща, или строго монотонно растяща. Направени са компютърни симулации на решенията от типа бягаща вълна на КНМ модел на уравнението на Newell-Whitehead за различни стойности на клетъчните параметри.

В глава 5 се изучават модели за формирането на шаблони, които имат приложение в обработката на образи. В тази глава е съсредоточено изследването на автономни уравнения и системи от типа реакция-дифузия, включващи само неизвестните, но не и техните градиенти. От гледна точка на шаблонното образуване са изучени само устойчивите свойства на тези уравнения.

Разгледани са първо единични уравнения с гранични условия на Newman, с гранични условия на Dirichle, като основно се доказва устойчивостта на равновесното състояние на съответното уравнение.

Единичните уравнения с хомогенни гранични условия са недостатъчни за моделирането на нетривиални шаблони. Затова се разглеждат системи в сянка и 2×2 дифузионни системи, за които отново се изучава устойчивостта на равновесното състояние. Тези системи допускат много устойчиви установени състояния на решенията с високо нетривиална шаблонност. Правят се изводи за приложението им при формирането на шаблони и обработка на образи.

Модели за разпознаване и обработка на образи, основаващи се на частни диференциални уравнения (ЧДУ), чрез полиномни Клетъчно Невронни Мрежи (КНМ) се изследват в **глава 6**. Те могат да се класифицират в 3 основни категории: а) линейни изотропни филтри, б) нелинейни изотропни филтри, в) нелинейни анизотропни филтри.

В дисертацията се изучават нелинейни изотропни и/или анизотропни модели на Perona-Malik. За тях се построява полиномен КНМ модел и се прави сравнение между модела на Perona-Malik и полиномния КНМ модел. Нелинейните филтри на ЧДУ приближават близките средни стойности на началното изображение. За да се получи коректно изходно изображение, развитието трябва да се спре след определено време. В тази глава се установява, че при полиномния КНМ модел изходният образ се получава без да се спира процесът на обработка, което е предимство при предпроцесната обработка на образа.

Въвежда се нов модел, основаващ се на нелинейно ЧДУ на конвекция-дифузия, който има приложения в изчистването на образите. За този модел се въвежда КНМ архитектура с едномерен дискретен A-темплет и се изследват неговите свойства с метода на хармоничния баланс. Разработен е алгоритъм за изследване на динамиката на тези модели. За два примера на уравнения на конвекция-дифузия са направени компютърни симулации на КНМ модели въз основа на този алгоритъм.

Представеният автореферат правилно отразява съдържанието на дисертационния труд.

4. Критични бележки

Към рецензирания дисертационен труд имам следните критични бележки:

- в някои формули не се разбира кое е индекс и кое е степен, т.е. размерът на величините е различен, шрифтовете са различни и това води до объркване;
- на компютърните симулации не се разбира кои величини са по абсцисата и кои по ординатата;
- не е показано при какви точно стойности на клетъчните параметри са направени симулациите;
- има доста неточности при превода на определени термини, както и граматични грешки.

Разбира се всички тези грешки са поправими и не влияят на тежестта на получените в дисертация резултати.

5. Лични впечатления

Познавам Виктория Рашкова от 2006 г., когато постъпи като асистент в катедра Информатика и информационни технологии на Русенския Университет. Тя е скромна, стриктна, отзивчива и трудолюбива. Усвоява бързо и задълбочено нови знания и се включва активно в учебния процес и обществената дейност (секретар е на секция Математика, информатика и физика при Съюза на учените – секция Русе). Като добросъвестен преподавател е ценена както от студентите, така и от колегите си. Има издадено в съавторство едно учебно пособие. Работи активно в актуална област на математическото моделиране - разпознаване и обработка на образи.

6. Заключение

Като имам предвид представения дисертационен труд, публикациите по него, както и апробацията му на различни наши и международни форуми, успешното решаване на поставените цели и задачи, научните и научно-приложни приноси, считам че гл.ас. Виктория Рашкова е изграден и квалифициран учен и преподавател.

Всичко казано по-горе ми дава основания убедено да препоръчам на уважаемото жури да присъди на гл.ас. Виктория Рашкова образователната и научна степен “Доктор” по научна специалност “Математическо моделиране и приложение на математиката”.

Русе, 01.10.2012 г.

Рецензент:
/проф. д-р М. Теодосиева/