

# РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Цветомир Василев  
на дисертационния труд  
на инж. Виктория Колева Рашкова  
на тема:

**Изследване на динамичното поведение  
на клетъчно-невронни модели  
с приложения в разпознаване и обработка на образи**  
за присъждане на образователната и научна степен "доктор"  
по научната специалност  
"Математическо моделиране и приложения на математиката"  
научен ръководител: проф. д-мн Анжела Славова

## **1. Общо описание на дисертационния труд и на приложенията към него материали**

Представеният за рецензиране дисертационен труд е с обем 135 страници и съдържа въведение, 6 глави, заключение, списък от използвана литература. Представени са също и автореферат от 47 стр., списък от 5 публикации по дисертационния труд. Не е изготвена справка за известните цитирания на тези публикации.

Изложението на дисертационния труд обхваща: съдържание, въведение – 4 стр., Глава 1. Клетъчно невронни модели на реакция-дифузия – 20 стр.; Глава 2. Основни методи за изследване на КНМ – 20 стр.; Глава 3. Динамика на КНМ на реакция-дифузия – 31 стр.; Глава 4. Решения от тип бягащи вълни в КНМ – 19 стр.; Глава 5. Приложения на КНМ на реакция дифузия в разпознаване и обработка на образи – 20 стр.; Глава 6. Разпознаване на образи с методи, основаващи се на ЧДУ – 15 стр.; Приложения – 13 стр.; Заключение – 2 стр.; Списък на цитирана литература – 10 стр. Структурата и изложението съответстват на методичните указания за разработване на подобен род трудове. Считам, че съдържанието на дисертацията и приложенията материали отговарят на изискванията за ЗРАС-РБ и Правилника за неговото приложение.

## **2. Актуалност на проблема**

Все по-често в нашата ежедневна дейност, особено след бурното навлизане на цифровите фотоапарати през последните десетина години, се налага съхранение и обработка на изображения. В много от съвременните цифрови апарати са реализирани някои стандартни алгоритми за обработка и разпознаване на образи с цел подобряване на тяхното качество веднага след заснемането им. Клетъчно-невронните мрежи (КНМ) са нов клас невронни мрежи, въведени за пръв път от Leon Chua и Lin Yang през 1988 г. Те използват решетка от нелинейни динамични вериги, които са свързани по между си, в резултат на което се предава голямо количество

информация в реално време. КНМ имат много обещаващи приложения в разпознаването и обработката на образи, тъй като могат да се използват като двумерен филтър. За разлика от стандартните двумерни филтри КНМ използва паралелна обработка на входния образ и изходния образ се получава в реално време. Това тяхно свойство позволява големи по обем изображения да се обработват в реално време.

Следователно, темата за изследването на КНМ за разпознаване и обработка на образи е актуална и резултатите могат да намерят широко приложение.

### **3. Познаване състоянието на проблема**

Авторът владее добре английски език и е ползвал 138 литературни източника, като всички те са на латиница. Отсъствието на източници на кирилица по дадената тема е оправдано, тъй като клетъчно-невронните мрежи са сравнително нов клас невронни мрежи и дори български учени, работещи в тази област, предпочитат да публикуват своите резултати по въпроса на английски език.

Всички литературни източници са цитирани в текста при въвеждане на клетъчно-невронните мрежи и тяхната архитектура, при описаните на метода на хармоничния баланс, при дефиниране на хаотични КНМ и на тяхна база са разработени основните приноси на настоящата работа.

Всичко това показва изчерпателно познаване на актуалното състояние на проблема.

### **4. Подход и решение на проблема**

Уводът на дисертационния труд дефинира целта, предмета на изследване, задачите и описва накратко какво се разглежда в следващите глави на дисертацията.

Важен метод на изследване на КНМ, използван в дисертацията, е методът на хармоничния баланс. Неговото основно приложение е прогнозирането на граничните цикли в нелинейни системи, които допускат представяне на Lure. Други приложения на този метод са прогнозиране на подхармоници, явления със скок и отговор на нелинейните системи при подаване на синусоидални сигнали на входа. Методът се състои основно от две стъпки:

- Сигналът, влизащ през нелинейния блок на схемата на Lure, се апроксимира с помощта на подходящ синусоидален член, чиито честота и амплитуда са неизвестни.

- По-високият ред на хармониците, възникващи на изхода на нелинейния блок, се пренебрегва, т.е. нелинейният блок се замества с константно нарастване. Това води до минимизиране на средната квадратична грешка между изхода от нелинейността и този от самото нарастване.

В Глава 1 са въведени основните определения за КНМ и нейната архитектура. Представени са основните уравнения, описващи динамиката на отделна клетка, различни изходни уравнения, начални условия, синаптичният закон, който дефинира връзката на всяка клетка с нейните околни. Доказани са основните теореми за устойчивост на линейна КНМ. За два примера са направени симулации на КНМ, като се използват продуктите MatLab 7, CNN Tools, MATCNN.

Глава 2 представя основния метод, използван за изучаване на динамиката на КНМ на реакция-дифузия, метода на хармоничния баланс (МХБ). Разработен е алгоритъм за изследване на динамиката на линейна КНМ с МХБ. За един пример е приложен този алгоритъм и са получени резултати за броя на периодичните решения.

В Глава 3 се изследва динамиката на така наречените хаотични КНМ, т.е. такива с по-сложно динамично поведение. Даден е пример за динамика от типа атрактор дамска обувка. Изучава се предимно устойчивостта на равновесните точки. За уравнението на Newell-Whitehead се построява полиномна КНМ и се изучава явлението "ръб на хаос". Това е област на клетъчните параметри, в която равновесните точки на КНМ са едновременно устойчиви и локално активни. Разработен е алгоритъм за определяне на областта "ръб на хаос" и са направени компютърни симулации.

Глава 4 изучава решения на КНМ на реакция-дифузия от тип "бягаща вълна". Доказани са редица резултати за структурата на решенията от тип бягаща вълна за различни КНМ и е направена класификация на осцилиращите и периодични решения на КНМ. Разработен е нов алгоритъм за определяне на структурата на решенията от тип "бягаща вълна" на КНМ на реакция-дифузия. Разработеният алгоритъм е приложен за полиномната КНМ на уравнението на Newell-Whitehead и са намерени решенията от тип "бягаща вълна". Направени са компютърни симулации.

В Глава 5 са изучени основните дифузионни уравнения за получаване на шаблони, които се използват при обработката на образи. Разгледани са първо единичните уравнения, за които се изследват устойчивите решения. След това са представени  $2 \times 2$  дифузионни системи, които допускат повече устойчиви решения и са по-подходящи за обработката на образи. Тук се подготвя и изложението на следващата глава, защото са представени частни диференциални уравнения (ЧДУ), използвани за предварителна обработка на образите.

Глава 6 разглежда модели, базирани се на ЧДУ за разпознаване на образи. Изучен е моделът на Perona-Malik. За него е построена полиномна КНМ и е направено сравнение между нея и основния модел на Perona-Malik. Получен е следният важен резултат: полиномната КНМ има повече от една устойчиви равновесни точки и за всяко начално изображение, изходното изображение съответства на едно от тези равновесия. Това свойство не е валидно за основния модел на Perona-Malik и може да се използва за решаването на някои задачи, свързани с обработката на изображения. Освен това в тази глава е въведен нов модел на конвекция-дифузия, който има приложение в разпознаването на образи. За

него е построена архитектура на КНМ и е разработен алгоритъм за изследване на динамичното поведение на модела, базиращ се на метода на хармоничния баланс. За два примера на конвекция-дифузия са направени компютърни симулации. Резултатите получени за модела на конвекция-дифузия са нови и са един съществен принос на дисертацията.

## **5. Достоверност на получените резултати**

Авторът показва добро познаване на състоянието на проблема, използва съвременни методи и средства за експерименталното тестване на получените резултати чрез съвременни софтуерни продукти. Това ми дава основание да твърдя, че получените резултати са достоверни.

## **6. Автореферат**

Авторефератът започва с обща характеристика на дисертационния труд, като обосновава актуалността на разглежданата тема, формулира основната цел, предмет на изследване и задачи на работата. Мотивирани са полезността и приложимостта на получените резултати в дисертацията и е описана тяхната апробацията. Съдържанието правилно отразява съществените моменти от дисертационния труд, приносите и публикациите по дисертацията. Смятам, че авторефератът отговаря на приетите изисквания за представяне на дисертационни трудове. Според мене би било полезно да се представи и резюме на английски език.

## **7. Основни приноси**

Основните резултати на дисертационния труд могат да се обобщят в следните основни приноси:

- 1) Изследвани са модели за разпознаване и обработка на образи, основаващи се на частни диференциални уравнения (ЧДУ), чрез полиномни Клетъчно Невронни Мрежи (КНМ). Основно се изучават нелинейни изотропни и/или анизотропни модели на Perona-Malik; построява се полиномен КНМ модел и се прави сравнение между модела на Perona-Malik и полиномния КНМ модел.
- 2) Предложен е нов модел основаващ се на нелинейно ЧДУ на конвекция-дифузия, който има приложения в изчистването на образи. За този модел е въведена КНМ архитектура с едномерен дискретен А-темплет и е изследвана неговата динамика с метода на хармоничния баланс. Направени са компютърни симулации на КНМ модели за два примера на уравнения на конвекция-дифузия.
- 3) Изучено е явлението хаос в КНМ, като са доказани теореми за устойчивост на такива модели. За уравнението на Newell-Whitehead се построява полиномен КНМ и е разработен алгоритъм за определяне на областта от стойности на

клетъчните параметри, наречена “ръб на хаос”. Направени са компютърни симулации за различни стойности на параметрите.

- 4) Подробно са изучени решенията от тип бягаща вълна на КНМ на реакция-дифузия. 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. Направени са компютърни симулации.
- 5) Изучени са модели за формирането на шаблони с приложения в обработката на образи. Доказани са теореми за устойчивост на равновесното състояние на КНМ и са направени изводи за приложението им при формирането на шаблони и обработка на образи.
- 6) Разработен е алгоритъм за прилагане на метода на хармоничния баланс при изучаване на динамиката на КНМ с основното му приложение предсказване на гранични цикли в нелинейни системи. Направени са компютърни симулации, които потвърждават тази динамика.

## **8. Личен принос на автора**

Описанието на дисертацията и публикациите по нея говорят за основен личен принос на автора за получаване на резултатите от настоящата работа.

## **9. Анализ на публикациите по темата на дисертацията**

По дисертацията са направени 5 публикации, като всички са на английски език. Две от тях са в международни реферирани списания, една е представена на международна конференция и две са публикувани в трудовете на конференции в България с международно участие. Публикациите са свързани по следния начин с дисертационния труд:

[1]. Slavova A., Rashkova V., Travelling waves in Newell-Whitehead Cellular Neural Networks Model, International Journal of Neural Networks and Applications, vol.1, No.2, 2008, pp. 67-72.

Отразява резултати, описани в глава 4 и принос 4.

[2]. Slavova A., Rashkova V., Convection diffusion model for image processing, C.R.Bulg.Acad.Sci., t.64, No 3, 2011, pp. 339-344 (IF 0.219), ISSN 1310-1331.

Отразява резултати, описани в глава 6 и приноси 1 и 2.

[3]. Slavova A., Rashkova V., A Novel CNN Based Image Denoising Model, Proc. ECCTD 2011, Linköping, Sweden, 2011, pp.225-228, ISBN 978-1-4577-0616-5, IEEE.

Отразява резултати, описани в глава 6 и приноси 1 и 2.

[4]. Slavova A., Rashkova V., Edge of chaos in reaction-diffusion CNN models, “Mathematical analysis, differential equations and their applications”, Academic publishing house “M. Drinov”, 2011, pp. 207-216, ISBN 978-954-322-454-8.

Отразява резултати, описани в глава 3 и принос 3.

[5]. Slavova A., Rashkova V., A Novel PDE Based Image Denoising Model with Applications in Nanoindustry, Mathematica Balkanica (New Series), Vol. 25, No 3 (2011).

Отразява резултати, описани в глава 6 и приноси 1 и 2.

Броят на публикациите е напълно достатъчен за дисертационен труд. Не са представени данни за цитиране на някоя от тях.

От тези публикации личи, че изследванията на Виктория Рашкова са представени достатъчно широко пред научната общественост у нас и в чужбина и че дисертационният труд е дело на дисертанта.

### **10. Критични бележки и препоръки по дисертацията**

1) Въпреки че в глава 1 са дадени основните определения за КНМ и нейната архитектура и са представени основните уравнения, описващи динамиката на отделна клетка, не е направен литературен преглед на подобни изследвания на КНМ с приложение в обработката на изображения.

2) Би било полезно, ако в началото на работата има списъци на използваните съкращения, фигури и таблици.

3) Имената на всички учени, цитирани в дисертацията (дори руснаци), са изписани на латиница.

4) За специалистите по информатика би било много полезно да видят резултати от практическото прилагане на КНМ за разпознаване и/или обработка на конкретни изображения. Такива не са представени.

5) Главите на дисертацията не завършват с изводи. Добре е поне в глави 1, 5 и 6 да има такива.

6) Предлагам приложенията да бъдат изнесени след заключението.

7) Във всички публикации дисертантът е втори автор, след своя ръководител. Добре е в бъдещата си дейност тя да помисли за самостоятелни публикации и такива, в които е първи автор.

8) Авторефератът не е форматиран според стандарта 30 реда по 60 символа на ред.

9) Препоръчително е в автореферата да се представи и резюме на дисертацията на английски език.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Посочените критични бележки и препоръки имат основна цел подобряване на бъдещата научноизследователска работа на докторанта и не омаловажават достойнствата на работата.

Считам, че представеният за рецензиране дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за РАС и му давам обща **положителна** оценка.

Предлагам на докторанта Виктория Колева Рашкова да бъде присъдена образователната и научна степен "**доктор**" по научната специалност "*Математическо моделиране и приложения на математиката*".

12.10.2012 г.

Рецензент:

/доц. Цв. Василев/