

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Татяна Владимирова Атанасова – Институт по
информационни и комуникационни технологии - БАН
член на Научно жури, назначено със Заповед на Директора на ИИКТ-
БАН № 114/04.05.2022

ОТНОСНО: Дисертационен труд на **Петър Росенов Томов** на тема
„ПРОГНОЗИРАНЕ НА ВРЕМЕВИ РЕДОВЕ С ИЗКУСТВЕНИ
НЕВРОННИ МРЕЖИ”, представен за придобиване на образователна и
научна степен „доктор” по докторска програма „Комуникационни
мрежи и системи”, професионално направление 5.3 Комуникационна и
компютърна техника, с научен ръководител: проф. д-р Владимир
Василев Монов.

1. Общо описание

На първото заседание на Научното жури съм избрана да напиша
рецензия и съм получила следните документи:

- дисертация;
- автореферат на български и автореферат на английски език;
- справка за изпълнението на минималните изисквания на ИИКТ;
- списък на отпечатани научни публикации по темата на дисертацията;
- публикации по темата на дисертацията в пълен текст.

2. Актуалност, цел и задачи

Тематиката на дисертацията е в областта на съвременните методи
за обучение на изкуствени невронни мрежи за прогнозиране на времеви
редове, които могат да се представят като числови и символни
поредици. Прогнозирането на бъдещи стойности на времеви редове,
възникващи в резултат от измерване както на технически
характеристики, така и на природни, социални и икономически
параметри в различни области на човешката дейност, неизменно е едно
актуално научноизследователско направление. Измежду множеството
инструменти за прогнозиране един от най-иновативните подходи е
свързан с използването на изкуствени невронни мрежи (ИНМ).
Настройката на теглата в ИНМ е числена оптимизационна задача и има
множество алгоритми, предложени за намиране на оптималното
решение. В тази връзка в дисертацията са приложени нови алгоритми

и подходи за обучение на ИНМ за решаване на различни оптимизационни задачи от теорията (изчисляване на различни математически функции за проверка на евристични оптимизационни алгоритми) и от практиката (двумерен разкрой, прогнозиране).

Поставената цел на настоящата дисертация включва разработване на хибридни алгоритми за ускоряване на обучението при изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон за прогнозиране на времеви редове.

За постигане на целта на дисертационния труд са формулирани следните **научноизследователски задачи**:

1. Да се направи обзорен анализ и класификация на алгоритмите за обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон;
2. Да се анализира възможността за комбиниране на различни алгоритми за реализиране на хибридно обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон;
3. Да се предложат алгоритми за обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон в разпределена среда;
4. Да се предложи подобрене с цел намаляване на времето за обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон;
5. Да се предложи софтуерна архитектура за реализиране на мобилни разпределени изчисления за прогнозиране;
6. Да се направи програмна реализация на предложените хибридни алгоритми за обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон с цел доказване на тяхната работоспособност;
7. Да се направи сравнителен анализ за ефективността на познатите алгоритми за обучение на изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон.

3. Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от 168 страници, структуриран в увод, четири глави, заключение, библиография и приложение с програмен код. Съдържа 68 фигури, 4 таблици, 25 листинга и 134 литературни източника. Представени са списъци на съкращенията, фигурите, таблиците и листингите.

В глава първа е направен синтезиран преглед на съществуващите методи за намиране на прогнозните стойности във

времеви редове с акцент върху невронни мрежи и евристични алгоритми. Обоснована е необходимостта от търсенето на нови методи за обучение на невронните мрежи и начини за организация на изчисления в разпределена среда. Отбелязано е, че са разработени многобройни алгоритми за обучение на ИНМ. Тяхното многообразие е обусловено от различните типове задачи и данни, за които те са предназначени. Това обобщение е добре илюстрирано в раздел 1.2 на първа глава. Необходимостта от разработване на нови алгоритми за обучение, насочени към конкретни видове и структури данни, е аргументирано обоснована.

Втора глава представя съществената част от дисертацията, в нея са предложени:

- Нов оператор за селекция в генетичния алгоритъм за обучение на ИНМ с реализация на рекурсивно спускане по възли от дървовидна структура на популации в комбинация с локално търсене на най-добрите индивиди.
- Изследване на апроксимиращите свойства на ИНМ за екстраполация на времеви редове за генериране на прогнозата чрез оптимизация на коефициентите от съвместното използване на синусоидални и линейни уравнения с еволюция на разликите и рояци от частици.
- Разгърнат модел за обучение на ИНМ в софтуерния пакет LibreOffice Calc в двуизмерната равнина от клетки.
- Заместване на производна на активационна функция по време на обучението на ИНМ с друг тип зависимост.
- Подход за реализация на бавно изчисляеми функции с генетични алгоритми в разпределена среда.
- Анализ на класифициращите свойства на ИНМ от типа на самоорганизиращи се карти на Кохонен при организация на изчисления в разпределена среда.

Резултатите от втората глава са публикувани в 5 статии.

Отбелязвам евристичния подход за избиране на заместваща функция (фиг. 2.2) при обучение на ИНМ като оригинален. Предполагам, че бъдещи изследвания биха могли да бъдат насочени към по-строгото математическо доказателство на предлагания подход.

Предложено е и интересно решение за реализация на бавно изчисляеми функции в разпределена среда с ясна визуализация на междинни състояния при NP оптимизация за двумерен разкрой.

В трета глава е описана софтуерна архитектура за осигуряване на реализация на разработените подходи за обучение на ИНМ за

времените редове. Показани са реалните резултати от проведените тестове, доказващи успешното решаване на поставените задачи.

Резултатите от трета глава са публикувани в 5 статии.

Материалът от **четвърта глава** се свързва по-логично с първа, в която е направен обзор и сравнителен анализ на точни числени и евристични алгоритми за обучението.

Резултатите от четвъртата глава са публикувани в 1 статия.

При извършване на изследвания в дисертационния труд са използвани различни езици за програмиране (R, Python, Java, PHP и др.) и софтуерни средства и библиотеки (LibreOffice Calc, Encog и др.).

4. Приноси

Приемам и оценявам положително научно-приложните приноси, формулирани в дисертацията. В обобщен вид те могат да бъдат посочени като:

1. Предложена е обобщена класификация на точно числени и евристични алгоритми за обучение на ИНМ от типа на многослоен перцептрон.
2. Разработен е метод за обучение на ИНМ с реализация на рекурсивно спускане по възли от дървовидната структура на популации на генетичния алгоритъм с дефиниран оператор за селекция в комбинация с локално търсене на най-добрите индивиди.
3. Приложен е апаратът на ИНМ за апроксимация на финансови времеви редове, в резултата на което е разработен подход за прогнозиране на бъдещи стойности чрез оптимизиране на коефициенти на синусоидални и линейни уравнения с еволюция на разликите и рояци от частици (инкрементална оптимизация).
4. Разработен е евристичен подход за заместване на производна на активационна функция по време на обучението на ИНМ.
5. Разработен е модел за реализация на обучение на ИНМ в разпределена изчислителна среда с генетични алгоритми.
6. Разработена е софтуерна архитектура за реализация на предложените в дисертацията хибридни алгоритми, която е реализирана програмно в мобилно приложение.

5. Автореферат

Представените два варианта на автореферата на български и английски език отразяват достоверно съдържанието на дисертационния труд и съответстват на изискванията на ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ.

6. Оценка за съответствие с минималните национални изисквания

Докторантът Петър Томов е апробирал части от дисертационния си труд в единадесет научни публикации, девет от тях са на английски език и две са на български. Две от публикациите са индексирани в Scopus, една от тях е в издание със SJR=0.249. Останалите публикации са в списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове.

Съгласно минималните национални изисквания за получаване на ОНС „Доктор” по професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, определени в ППЗРАСРБ се изискват наличие на поне 30 точки по Група показатели Г. Същият брой точки се изисква и от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и на Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИИКТ-БАН. Представените публикации по дисертационния труд формират обща сума от точките за показателите от Група Г равна на 109 точки, което значително превишава изискуемия минимум от 30 точки.

Приложен е и списък с цитирания, от който се вижда, че четири от работите на кандидата са цитирани в 12 научни публикации. Това доказва необходимата публичност на постигнатите резултати в научната общност.

Доброто владение на широк спектър от софтуерни средства се е отразило и в получаването на престижната Награда в състезание за глобална скалируема оптимизация по време на Международната конференция за високопроизводителни изчисления през 2019 година.

7. Бележки и препоръки

Дисертационният труд прави много добро впечатление с обхвата, задълбочеността и аргументираността на изложението. Областта на прогнозирането на времеви редове е сложна и постигането на съществени резултати в нея изисква прилагане на интердисциплинарен подход. Постигнатите резултати са оригинални и съответстват на поставената тема.

Като критични бележки бих посочила няколко от редакционен и технически характер, като например:

Фигурите 2.1-2.9 са трудно четими и биха могли да бъдат представени в по-удобен вид за сравнителната оценка на извършените изчисления.

Списъкът с библиографските източници съдържа основно класически работи и би могъл да бъде обновен с по-новите изследвания в областта.

Би било добре частта от четвъртата глава, която има по-концептуален характер, да бъде преместена по подходящ начин в обзорната глава и да бъде показана ясно връзката между разработените във втората глава методи, алгоритми и подходи.

Тези бележки не са по съществуващото на работата и не намаляват стойността на приносите в дисертационния труд.

8. Заключителна комплексна оценка

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание напълно убедено да дам **положителна** оценка и препоръчвам на почитаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор” на **Петър Росенов Томов** в професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, докторска програма „Комуникационни мрежи и системи”

15.06.2022 г.
гр. София

На основание

ЗЗЛД