

РЕЦЕНЗИЯ

институт по информационни и
комуникационни технологии-БАН
Вх. № 426 / 17.06 2022

относно дисертация за присъждане на образователната и научна степен „доктор“
по докторска програма „Комуникационни мрежи и системи“
в професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“

Автор на дисертационния труд: **маг инж. Петър Росенов Томов**

Тема на дисертационния труд: **Прогнозиране на времеви редове с изкуствени невронни мрежи**

Рецензент: **проф. д-р Милена Кирилова Лазарова–Мицева**
катедра „Компютърни системи“, Технически университет–София

Настоящата рецензия е изготвена в качеството ми на член на научно жури и рецензент по процедура за придобиване на образователната и научна степен „доктор“, определени със Заповед №114/04.05.2022 г. и на основание на решение на Научния съвет на ИИКТ–БАН (Протокол №4/27.05.2022.г.) и решение от първо заседание на научното жури, проведено на 10.05.2022 г.

Рецензията се основава на получени:

- Дисертация за придобиване на образователната и научна степен „доктор“;
- Автореферат на дисертацията (на български и на английски език);
- Декларация за оригиналност на резултатите;
- Заповед №254/27.12.2018 на Директора на ИИКТ–БАН за отчисляване от редовна докторантура;
- Справка за изпълнението на минималните изисквания на ИИКТ–БАН за присъждане на образователната и научна степен „доктор“;
- Пълен текст на 11 броя научни публикации по темата на дисертацията;
- Забелязани цитирания на научните публикации по темата на дисертацията.

1. Структура и съдържание на дисертационния труд

Представеният за рецензия дисертационен труд е с общ обем 168 страници, структуриран в увод, четири глави, заключение, съдържащо обобщение на получените резултати, приносите по дисертационния труд и насоки за бъдещи изследвания, списък с публикации на докторанта по дисертационния труд, списък на забелязани цитирания на публикациите и библиографска справка на използваните литературни източници. В дисертационния труд са включени също списък на използвани съкращения, списък на фигури, списък на таблици, списък на листинги, както и приложение с програмен код. В текста са използвани 68 фигури и 4 таблици. Посочени са общо 134 литературни източници на латиница.

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Информационни процеси и системи за вземане на решения“ на ИИКТ–БАН, състояло се на 12.04.2022 г.

2. Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем

Дисертационният труд е насочен към актуална област на научни изследвания, свързана с възможностите за прогнозиране на времеви редове с използване на изкуствени невронни мрежи. От една страна проблемът за прогнозиране на времеви редове е особено актуален в последните години с нарастването на обема на генерирани данни в голямо разнообразие от приложни области.

Прогнозирането на времеви редове изисква анализ на голямо количество регистрирани данни с използване на интелигентни методи, както и избор и обучение на подходящи модели. Значителни усилия и научни изследвания са насочени към предлагане на ефективни подходи и методи за прогнозиране на времеви редове с използване на различни средства за определяне не само на точни и надеждни прогнозни стойности, но и за осигуряване на изискваните производителност и бързодействие според приложната област. От друга страна използването на невронни мрежи е утвърден подход за решаване на разнообразни задачи, в това число и прогнозиране на времеви редове, но основен недостатък при използването им е дългото време за обучение и предмет на активни научни изследвания е осигуряването на ефективност и производителност при използването им съобразно решаваната приложна задача. Целта на дисертационното изследване е да се предложат хибридни алгоритми за ускоряване на обучението при изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон за целите на прогнозирането на времеви редове. Активната научно-изследователска дейност както в областта на прогнозиране на времеви редове, така и в областта на използването и обучението на невронни мрежи определя тематиката на дисертационното изследване като безспорно актуална и в този смисъл получените резултати и приноси като важни и значими.

3. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Авторът на дисертационния труд показва висока степен на познаване на актуалното състояние на поставения за решаване проблем, за което свидетелства обстойна литературна справка и творческа интерпретация на съвременното състояние на методите за прогнозиране на времеви редове и за обучение на невронни мрежи. Направеният литературен обзор е базиран на голям брой използвани литературни източници на английски език. Литературното проучване е в основата на формулираната цел и свързаните с нея задачи за постигането ѝ. Библиографската справка и цитираните литературни източници, на които е базиран сравнителният литературен анализ, обхващат научни изследвания и статии в научни издания и международни конференции, като повече от половината от тях са публикувани в последните 10 години, а около 20% от цитираните от автора научни публикации са от последните 5 години.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси

Избраната методика за изследване, поставената цел, както и формулираните задачи за постигането на целта, съответстват на темата на дисертационния труд и на постигнатите резултати и приноси. Избраната методика за провеждане на научните изследвания се базира на системен сравнителен анализ на особеностите и различните аспекти на разглежданата тематична област, на основата на който са предложени конкретни подходи и хибридни алгоритми за ускоряване на обучението на невронни мрежи при прогнозиране на времеви редове и са проведени изследвания за експериментална оценка и верификация на приложението им. Предложените алгоритми се основават на аргументиран избор, теоретична обосновка, експериментална оценка и валидиране на възможностите за използването им. Методически дисертационният труд е логически последователен и адекватен по отношение на избраната и приложена методика на провеждане на научните изследвания, което обуславя успешно изпълнение на поставените цел и задачи на дисертационния труд.

5. Кратка аналитична характеристика и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Обект на изследването в дисертационния труд е прогнозиране на времеви редове. Предмет на изследването в дисертационния труд е използването на невронни мрежи за прогнозиране на времеви редове с постигане на производителност и ефективност при обучението им. Целта на дисертационното изследване е да се предложат хибридни алгоритми за ускоряване на обучението при изкуствени невронни мрежи от тип многослоен перцептрон за целите на прогнозирането на времеви редове. Във връзка с формулираната цел и на базата на анализ на текущото състояние на проблемната област са формулирани конкретни задачи, свързани с целта на дисертационния труд: „(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 невронни мрежи от тип многослоен перцептрон; (3) Да се предложат алгоритми за обучение на 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 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 невронни мрежи от тип многослоен перцептрон“. Определянето на целта и конкретните задачи, свързани с постигането ѝ, са обосновани от автора коректно и изчерпателно.

В първа глава на дисертацията е направен обзорен анализ и класификация на алгоритми за обучение на невронни мрежи като са определени предимствата и недостатъците на точните числени алгоритми и на евристичните алгоритми и са представени възможностите за обучение на невронни мрежи при последователни пресмятания, паралелни пресмятания и пресмятания в разпределена среда. Във втора глава е изложена теорията за алгоритмите при обучение на невронни мрежи от тип многослоен перцептрон и са предложени модификации на някои от алгоритмите, приложими при прогнозирането на времеви редове, свързани с: определяне на тегла на връзките в невронната мрежа с използване на генетичен алгоритъм с модифицирана операция за селекция; инкрементална апроксимация на времеви редове с пресмятане на коефициенти на синус функция с оптимизация с еволюция на разликите и оптимизация с рояк частици; обучение на невронна мрежа от тип трислоен перцептрон с определяне на оптимални тегла с използване на алтернативна активационна функция за постигане на бързодействие и точност при прогнозирането на времеви редове. В трета глава е представена софтуерна архитектура, позволяваща реализация на избрани алгоритми и предложените модификации с използване на проектирани от докторанта обектно-ориентиран модел, релационен модел, комуникационни протоколи и графичен потребителски интерфейс. В четвърта глава е направен сравнителен анализ на базата на експериментални изследвания за прогнозиране на два набора данни – базова форма на времеви ред следваща синус функция и цена на дигиталната валута биткойн в щатски долари, с използване на точни числени и евристични алгоритми за обучение на невронна мрежа.

Предложените в дисертацията подходи, методи и алгоритми се базират на обосновани теоретични, аналитични и експериментални изследвания. Това ми дава основание да определя получените резултати при решаването на дефинираните задачи и претендираните научни, научно-приложни и приложни приноси като достоверни и практически полезни.

6. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

Приемам и оценявам положително формулираните от автора приноси в дисертацията и автореферата, които са постигнати в резултат на извършените научни изследвания. Приносите могат да бъдат систематизирани като научни, научно-приложни и приложни както следва:

▪ научни приноси:

- Предложен е подход за обучение на невронни мрежи с използване на генетичен алгоритъм с нов оператор за селекция основан на създаване на поколения при процедура за рекурсивно спускане, с което се осигурява бързодействие на използваните евристични алгоритми за обучение на невронни мрежи;

- Предложен е подход за пресмятане на коефициенти на синус функции при инкрементална апроксимация на времеви редове с оптимизатор, базиран на еволюция на разликите и рояк от частици, с който се постига по-добро апроксимиране на времевите редове;

▪ научно-приложни приноси:

- Предложена е нова активационна функция за елементите в невронни мрежи, алтернативна на използването на първа производна на периодична затихваща активационна функция, с което се постига по-добро бързодействие и точност при поргнозирането на времеви редове с невронни мрежи;

- Предложен е генетичен алгоритъм за обучение на невронни мрежи от тип многослоен перцептрон в разпределена среда, подходящ за използване при паралелна обработка;

▪ приложни приноси:

- Предложена е софтуерна архитектура, позволяваща реализиране на мобилни разпределени изчисления, базираща се на предложените хибридни алгоритми;

- Предложена е програмна реализация за хибридно използване на градиентни числени и евристични алгоритми за оптимизация на теглата при обучение на невронни мрежи като мобилно приложение за Android.

7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Представеното съдържание и структура на дисертационния труд показват отличното познаване на третираната проблематика от страна на докторанта. От публикуваните 11 научни статии във връзка с дисертацията две са самостоятелни, а останалите са в съавторство като докторанта е водещ автор в 6 от тях. Познавам лично маг. инж. Петър Томов от 2009 г. в качеството ми на преподавател във Факултет по Компютърни системи и технологии към Технически университет–София и имам отлични впечатления от обучението му във факултета, включително и като ръководител на дипломните му работи за получаване на бакалавърска и магистърска степен.

Представените материали по дисертационния му труд и публикациите към него правят добро впечатление за научната му работа, която се характеризира с аналитичност, задълбоченост и прецизност. Считаю, че личния му принос при постигане на резултатите по дисертационния труд е безспорен.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Получените от автора резултати от дисертационното изследване са публикувани в 11 научни статии. Седем от статиите са докладвани на международни научни конференции, проведени в България и са публикувани в съответните сборници с научни трудове на конференциите. Четири статии са публикувани в научни списания, издавани в България. Всички статии са на английски език. Две от статиите са публикувани в издания, реферирани и индексирани в Scopus, останалите девет са реферирани в Google Scholar. Две от статиите са самостоятелни, останалите девет са в съавторство като в шест от тях докторанта е водещ автор. Четири от публикациите имат общо 14 забелязани цитирания. Публикациите са направени в периода от 2016 до 2021 г. и покриват тематиката на представената дисертационна работа като отразяват основните постигнати резултати и приноси. Наред с това, докторантът има присъдена награда в състезание за глобална скалируема оптимизация, проведено в Боровец в периода 2–6 септември 2019 г. в рамките на международната научна конференция „High Performance Computing‘2019“.

9. Значимост на резултатите от дисертационния труд в науката и практиката

Приносителите, получени в резултат на научните изследвания в дисертационния труд могат да се отнесат към категориите обогатяване на съществуващо научно знание и научни постижения в практиката, както и създаване на нови и модифициране на съществуващи модели за решаване на поставените в дисертационния труд задачи. Към материалите по процедурата за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ не са представени данни за пряко практическо използване на получените резултати от научните изследвания в дисертационния труд. Въпреки това постигнатите резултати имат значение освен от гледна точка на получените научни, научно-приложни и приложни приноси, но и поради възможността за използването им за бъдещи научни изследвания. Практическата ценност на изследването е възможността за реалното използване в бъдеще на предложената софтуерна архитектура и разработената програмна реализация на мобилно приложение за Android.

10. Оценка на съответствието на автореферата с дисертационния труд

Авторефератът към дисертацията е в обем от 25 страници и съответства на дисертационния труд – вярно и точно отразява целите, задачите, съдържанието по глави, постигнатите приноси. Авторефератът е подготвен и оформен съгласно изискванията за изготвянето му и считаю, че безспорно носи същностните черти на дисертационния труд, като отразява в адекватен обем и по коректен начин неговото съдържание.

11. Оценка за изпълнение на минималните национални изисквания и на допълнителните изисквания по чл. 1а, ал. 2 от ППЗРАСРБ

Съгласно ППЗРАСРБ за получаване на образователната и научна степен „доктор“ по професионалното направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“ се изискват минимум 50 точки по показател А и минимум 30 точки по показател Г. Същите са изискванията и в Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ИИКТ–БАН.

Представената Справка за изпълнение на минималните изисквания на ИИКТ–БАН за образователната и научна степен „доктор“, подкрепена с представените от докторанта материали за участие в процедурата, показват, че изискването по показател А е изпълнено, а по показател Г сумарната стойност на точките за показатели Г7–Г9 е 109, което е повече от трикратно превишение на минимално изискваните точки.

12. Мнение, препоръки и забележки по дисертационния труд

Дисертационният труд показва голям обем на извършените научни изследвания, оформен е внимателно и старателно с високо ниво на представяне на научните изследвания и свидетелства за добро запознаване на автора с предметната област. Нямам критични бележки към дисертацията.

Към докторанта имам следните въпроси:

- Какво е множеството данни, което е използвано за експерименталните изследвания в четвърта глава за прогнозиране на цена на дигитална валута биткойн в щатски долари?
- Доколко предлаганите подходи и хибридни алгоритми за обучение на невронни мрежи са приложими за различни времеви редове? Има ли ограничения и изисквания, и ако да какви, за прилагането им за прогнозиране за различни множества данни?

Препоръките ми към автора са да продължи научните си изследвания по темата на дисертационния труд като ги насочи към внедряване на разработените модели в практиката с цел постигане на преки приложни резултати.

Заклучение

На основание на изложеното считам, че дисертационният труд напълно отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, на Правилника за прилагане на закона и съответния правилник на ИИКТ–БАН и на минималните изисквания за придобиване на образователната и научна степен „доктор“, който са изпълнени със значително превишение за групата индикатори Г. Проведените научни изследвания са в актуална област и третират проблематика, която е обект на засилен изследователски интерес. Авторът е постигнал поставените цели и задачи в дисертационния труд. Получените резултати съдържат научни, научно-приложни и приложни приноси, които са значими за науката и практиката. Съществените приноси на дисертационния труд са отразени в научни публикации, които са адекватно разпространени и направени достояние на заинтересованата научна общност чрез публикуването им в научни статии в списания и сборници с трудове на научни конференции.

Ето защо убедено давам своята положителна оценка на представения дисертационен труд и предлагам на уважаемите членове на Научното жури да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор“ на маг инж. Петър Росенов Томов по научна специалност „Комуникационни мрежи и системи“ в професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“.

Дата: 17.06.2022

Рецензент:

/ пр

На основание

ЗЗЛД

а /