



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в област на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, докторска програма “Системи с изкуствен интелект”

Автор на дисертационния труд: маг. Стефан Алипиев Цоков, Технически Университет – София, Факултет по „Компютърни системи и технологии“, Катедра „Компютърни системи“

Тема на дисертационния труд: „Оптимизираме на архитектури на невронни мрежи чрез еволюционни алгоритми“

Рецензент: проф. дтн инж. Тодор Стоилов, Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията

При моделиране на реални практически процеси не винаги може да се използват и прилагат точни количествени зависимости, представяни чрез конкретен формализиран вид. Реалните процеси в обществото в повечето случаи съдържат нелинейни връзки, процедурно задавани зависимости, неявни взаимодействия. Допълнително усложняване на моделирането на системи и процеси идва и от размерност на процесите, техен стохастичен и недерминиран характер. Затова се търсят и разработват методи за моделиране, които по възможност обективно отразяват такива реални свойства на системите и обектите. Един начин за формално представяне и отчитане на сложния характер на обектите е инспериран от биологичното устройство на човешкия мозък. Това е моделиране и използване на функционални зависимости, които може се формализират с решението „невронни мрежи“. Областта на прилагане на невронните мрежи за решаване на полезни практически задачи е широка. Като пример невронни мрежи се прилагат при моделиране в сектори на живота като здравеопазване, финанси, автомобилна индустрия. Решаваните задачи са в областите на разпознаване на образи, обработка на естествен език, прогнозиране.

Това позволява да се автоматизират дейности по вземане на решения, което води до постигане на значими практически резултати.

Представеният дисертационен труд има обект на изследване начини за структуриране и модифициране на невронни мрежи. Чрез прилагането на автоматично изменение на структура и параметри на невронните мрежи се постига адаптивност на функционирането на системи, които прилагат решения на невронни мрежи при своето функциониране.

Считам, че полезността и актуалността на дисертационните изследвания е лесно видима и разбираема. Оценявам положително тематичната насоченост и актуалната проблематика на дисертационното изследване.

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

Оценявам положително степента на познаване на проблема за разработване, модифициране и прилагане на евристични/метаевристични алгоритми за проектирането на невронните мрежи. За случая на дисертационния труд проектирането на невронната мрежа се изразява в удачно изчисление на теглови коефициенти и отместването на всеки неврон, изменение на броя на неврони или междинни слоеве в невронната мрежа както и определяне на съответните връзки между неврони. Дисертационният труд показва висока квалификация на докторанта по проблемите на проектиране и настройване на невронни мрежи.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Избраната методика на изследване е логична и последователно изпълнявана. Тя съдържа анализ на характеристиките и начинът на функциониране на невронните мрежи, начините за определяне на техни параметри и структура, симулационни експерименти за определяне на характеристики и структура на невронни мрежи за три типа приложения: движение на автономен агент, идентифициране състояние на човешко поведение, прогнозиране на атмосферно замърсяване.

Прилагане е авторовата модификация с определяне на относителни разстояния на параметри в компоненти на невроните. Резултатите от прилагане

на авторовите модификации са оценявани чрез точност на идентифициране, точност на прогнозиране.

Методиката на изследването е следствие на поставената задача на дисертационния труд за разработване на алгоритми за определяне на параметри и структура на невронни мрежи при различни практически приложения.

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

Дисертационният труд е разработван логично съгласно изискванията на академична изследователска работа.

В гл.1 е правен анализ и обзор на характеристики и свойства на евристичните/метаевристичните алгоритми, които се прилагат за целите проектиране и структури за изкуствени неврони и съответните невронни мрежи. Коментирани са и са анализирани възможни характеристики, прилагани за функционирането на неврони и съответни мрежи. Анализирани са методи за определяне на съответни характеристики, принадлежащи на областта на еволюционни изчисления.

В глава 2 дисертационната работа се конкретизира методът за анализ и определяне на характеристиките на невроните в мрежата. Изборът е направен за генетични алгоритми, които прилагат недетерминирано изменение на параметри на неврони чрез съответна комбинация между части на потенциални решения (компоненти). В тази глава дисертационният труд въвежда собствена модификация на оператор за кръстосване. Вследствие на резултата от кръстосването в дисертационния труд се прилагат три типа мутации: модифициране, добавяне и премахване на компонент. Тези модификации, приети от дисертационното изследване се оценяват и сравняват с известни методи за промяна на архитектура на невронни мрежи. В следващите глави се илюстрира приложението на разработената модификация за конкретни практически случаи.

В глава 3 се анализира поведението на самостоятелен агент, който трябва да заобикаля препятствия (граница, отрова) и да потребява заложена храна на произволни места в рамките на определено пространство. За този практически случай невронната мрежа поддържа постоянна структура но се променят характеристики на отделните компоненти.

В глава 4 практическият пример се отнася за познаване на човешка дейност. За този случай модификациите, прилагани в дисертационната мрежа водят до изменение на отделните междинни слоева в невронната мрежа. Анализират се три вида изходни данни, определяна е архитектурата на невронната мрежа, изчислявана е точността на определяне на вида на човешката дейност (изкачване на стълби, тичане, седене, разхождане, стоене, слизване по стълби).

В глава 5 е представена задача за прогнозиране на замърсяването на въздуха (прахови частици, азотен двуокис, серен двуокис и др.). използвани са метеоданни на 12 станции, измерващи замърсявания в Китай. Тези данни са използвани за проектиране на невронна мрежа, съответната и архитектура и параметри. Съответно са прогнозирани средни стойности на замърсяванията. Задачата е усложнявана с отчитане близко или далечно отстояние на измервателните станции една от друга. Оценявана е грешката между прогноза и реални данни.

Съдържателната част на дисертационната работа представя добре тематичната област на изследване за алгоритмично определяне на параметрите и структурата на невронни мрежи и специфичната разработка на дисертационната изследване чрез модификация на оператора за кръстосване и прилаганите типове мутации.

5. Научни и/или научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд

Считам, че дисертационният труд има научен принос. Той се състои в разработване на модифициран алгоритъм за елемент на генетичен алгоритъм. Този елемент е модифициране на оператора за кръстосване и прилагане на определен тип мутации. Научно-приложен принос оценявам в симулираните експерименти за намиране на зависимости при движението на автономен агент в среда с ограничения, при идентифициране на състояние на човешка дейност, при прогнозиране на атмосферно замърсяване с отчетане на исторически записи на замърсяванията.

Считам, че получените резултати са оригинални и полезни. Те изпълняват изискванията за разработване на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

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

Представените изследвания в дисертационния труд и придружаващите научни публикации с авторското участие ми дават основание да считам, че дисертационните резултати са направени лично от докторанта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

Дисертационният труд представя осем публикации, свързани с разработваната тематика. Те са правени на научни конференции у нас, в списания у нас (Computer and Communication Engineering, Proceedings of Technical University of Sofia). Две от публикациите са публикувани в чуждестранни издания: IOP Conference Series: Materials, Science and Engineering и Sustainability. Второто списание има Scopus ранг 0.69 и квантил Q1. Това е много висок атестат за дисертационното изследване. В дисертационната работа са отбелязани и 59 получени цитирания от чуждестранни автори (подробна справка не е представена в документите на дисертационната процедура).

Като отчитам броя на публикациите и изискванията на ТУ-София това удовлетворява искания праг от точки за защита на образователно-научната степен „доктор“ чрез категориите А, В7 и Г7.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

Дисертационният труд разработва практически решения за формализиране на процеси чрез удачно проектиране на структура и параметри на невронни мрежи. Показани са примери на автономно движение на обекту, на разпознаване на състояние на човек, на прогнозиране на атмосферно замърсяване.

Това са полезни решения и имат приложения за практиката и обществото. Оценявам положително потенциала на дисертационния труд за използване на получените резултати в конкретни приложни задачи.

9. Мнения, препоръки и бележки

Рецензентът счита, че в дисертационното изследване е подходящо да се включат примерни изчисления от определени стъпки на разработвания алгоритъм за определяне на параметри на невронните мрежи. Това дава яснота какво се използва като изходни данни, какво се изчислява и помага да се възпроизвеждат резултатите на дисертационното изследване. Представянето на псевдокод не показва съдържателно количествените оценки на параметри и структура на невронната мрежа.

Рецензентът намира трудности при четенето на дисертационния труд поради множеството използвани термини, които понякога имат еднакво съдържание. Ползвани са термини като „компоненти“, подпопулации, поколения, геном“. Препоръчвам да се използва и спазва строга йерархия на термините, което е необходимо за да се разбира вътрешните процеси в невронната мрежа.

Като забележка ще отбележа, че авторовите претенции се дефинират с термина „предложен е метод....“. Отсъства оценъчна част, която позволява да се види и оцени този метод какви положителни ефекти постига. С термина „предложен е...“ се прави декларация, но няма доказателство, че това е полезно и дава ефект.

Тези препоръки може да се отчетат от дисертанта в негови бъдещи публикационни изяви.

Положителен атестат за дисертационната работа е големият брой литературни източници, които са използвани, за да се представи състоянието на проблематиката по проектиране на параметри и структура на невронни мрежи. Оценявам положително и публикационната дейност, която е постигнала и цитируемост от специалисти в чужбина.

10. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд

Оценявам положително направените научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд на маг. Стефан Алипиев Цоков. Считаю, че изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане и Правилата и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ на ТУ-София са изпълнени в представения дисертационен труд.

Гореизложеното ми дава основание да дам положителна оценка за представения дисертационен труд и да препоръчам на Научното жури да **присъди на маг. Стефан Алипиев Цоков** научната степен „доктор“ по професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, научна специалност “Системи с изкуствен интелект”.

Дата : 5.1.2026 г.

гр. София

РЕЦЕНЗЕНТ :

(проф. д-р инж. Тодор Стоилов)

REVIEW

about the PhD thesis for the acquisition of the scientific degree “**doctor**”

Domain: 5 Engineering Sciences,

Professional field 5.3 “Communication and computer equipment”

Scientific specialty: “Artificial intelligence systems “

Title of the PhD thesis: “Optimization of neural network architectures through evolutionary algorithms “

Author of the PhD thesis: Stefan Alipiev Tsokov, Technical University of Sofia, Faculty of “Computer Systems and Technologies”, Department of “Computer Systems”

Ph.D. supervisors: Prof. Ph.D. Milena Lazatova-Technical University of Sofia, Assoc. Prof. Ph.D. Adelina Alexieva – Technical University of Sofia

Reviewer: Prof. D.Sc. Ph.D. Eng. Todor Atanasov Stoilov, Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences (IICT-BAS), Sofia, Acad. G. Bontchev str., BL.2

1. Actuality of the problem developed in the dissertation work in scientific and applied scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks created in the dissertation

For modeling real, practical processes, it is not always possible to use and apply precise quantitative dependencies, represented by a specific formalized form. Real processes in society, in most cases, contain nonlinear relationships, procedurally assigned dependencies, and implicit interactions. Additional complication for modeling systems and processes comes from the dimensionality of the processes, their stochastic and non-deterministic nature. Therefore, modeling methods are sought and developed that, if possible, objectively reflect such real properties of systems and objects. One way to formally represent and account for the complex nature of objects is inspired by the biological structure of the human brain. This is modeling and using functional dependencies, which can be formalized with the solution "neural networks". The area of application of neural networks for solving useful practical tasks is wide.

As an example, neural networks are applied in modeling in sectors of life such as healthcare, finance, and the automotive industry. The tasks solved are in the areas of image recognition, natural language processing, and forecasting. This allows decision-making activities to be automated, which leads to the achievement of significant practical results.

The presented dissertation work has as its object the study of ways of structuring and modifying neural networks. By applying automatic changes in the structure and parameters of neural networks, the adaptability of the functioning of systems that apply neural network solutions in their functioning is achieved.

I assess that the usefulness and relevance of the dissertation research is easily visible and understandable. I positively assess the thematic focus and current issues of the dissertation research.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

I positively assess the level of knowledge regarding the development, modification, and application of heuristic/metaheuristic algorithms for neural network design. In the case of the dissertation work, the design of the neural network is expressed through the appropriate calculation of weight coefficients and the offset of each neuron, as well as adjusting the number of neurons or intermediate layers in the neural network, and determining the corresponding connections between neurons. The dissertation work shows the high qualification of the doctoral student in the problems of designing and tuning neural networks.

3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work

The chosen research methodology is logical and consistently implemented. It contains an analysis of the characteristics and mode of functioning of neural networks, methods for determining their parameters and structure, simulation experiments for determining the characteristics and structure of neural networks for three types of applications: autonomous agent movement, identification of human behavior state, and forecasting of atmospheric pollution.

The application is the author's modification with the determination of relative distances of parameters in the components of neurons. The results of applying the

author's modifications are evaluated by the accuracy of the identification and the accuracy of predictions.

The research methodology is a consequence of the task set in the dissertation work to develop algorithms for determining parameters and the structure of neural networks in various practical applications.

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based

The dissertation is logically developed according to the requirements of academic research.

In Chapter 1, an analysis and overview of the characteristics and properties of heuristic/metaheuristic algorithms, which are applied for the purposes of designing structures for artificial neurons and the corresponding neural networks, is made. Possible characteristics applied to the functioning of neurons and corresponding networks are commented on and analyzed. Methods for determining relevant characteristics belonging to the field of evolutionary calculations are analyzed.

In Chapter 2, the dissertation specifies the method for analyzing and determining the characteristics of neurons in the network. The choice is made for genetic algorithms, which apply a non-deterministic change in neuron parameters through a corresponding combination of potential solutions (components). In this chapter, the dissertation introduces its own modification of the crossover operator. Based on the result of the crossover, three types of mutations are applied in the dissertation: modification, addition, and removal of a component. These modifications adopted by the dissertation research are evaluated and compared with known methods for changing the architecture of neural networks. The following chapters illustrate the application of the developed modification for specific practical cases.

In chapter 3, the behavior of an independent agent is analyzed, which must bypass obstacles (boundaries, poison) and consume food placed in random places within a certain space. For this practical case, the neural network maintains a constant structure, but the characteristics of the individual components change.

In chapter 4, the practical example concerns the recognition of human activity. For this case, the modifications applied in the dissertation network led to a change in the individual intermediate layers in the neural network. Three types of output data are analyzed, the architecture of the neural network is determined, and the accuracy of

determining the type of human activity (climbing stairs, running, sitting, walking, standing, descending stairs) is calculated.

Chapter 5 presents a task for predicting air pollution (dust particles, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, etc.). Meteorological data from 12 stations measuring pollution in China were used. These data were used to design a neural network, its corresponding architecture, and parameters. Accordingly, average pollution values were predicted. The task was complicated by taking into account the close or far distances of the measuring stations from each other. The error between the forecast and real data was estimated.

The content of the dissertation work presents the thematic area of research for algorithmic determination of the parameters and structure of neural networks, and the specific development of the dissertation research by modifying the crossover operator and the applied types of mutations.

5. Scientific and/or scientific and applied contributions of the dissertation work

I found that the dissertation work has a scientific contribution. It consists of developing a modified algorithm for an element of a genetic algorithm. This element is a modification of the crossover operator and the application of a certain type of mutation. I assess the scientific and applied contribution in simulated experiments to find dependencies in the movement of an autonomous agent in an environment with restrictions, in identifying the state of human activity, and in predicting atmospheric pollution, taking into account historical pollution records.

I assess that the results obtained are original and useful. They meet the requirements for developing a dissertation work for acquiring the educational and scientific degree "Doctor".

6. Assessment of the degree of personal involvement of the Ph.D. student in the contributions

The research presented in the dissertation and the accompanying scientific publications, with the author's participation, gives me reason to believe that the dissertation results were made personally by the doctoral student.

7. Assessment of the publications on the Ph.D. work: number, nature of the editions in which they were printed. Reflection in science - use and citation by other authors, in other laboratories, countries, etc.

The dissertation presents eight publications related to the topic under development. They were made at scientific conferences in our country, in journals in our country (Computer and Communication Engineering, Proceedings of the Technical University of Sofia). Two of the publications were published in foreign publications editions: IOP Conference Series: Materials, Science and Engineering, and the journal Sustainability. The journal has a Scopus rank of 0.69 and a quantile of Q1. This is a very high certificate for the dissertation research. The dissertation also noted 59 citations received from foreign authors (a detailed list of citations is not presented in the documents of the dissertation procedure).

Considering the number of publications and the requirements of TU-Sofia, this satisfies the required threshold of points for the defense of the educational and scientific degree "doctor" through categories A, B7, and D7.

8. Using the results of the Ph.D. work in scientific and social practice

The dissertation develops practical solutions for formalizing processes through the appropriate design of the structure and parameters of neural networks. Examples of autonomous object movement, recognition of a person's state, and prediction of atmospheric pollution are shown.

These are useful solutions and have applications for practice and society. I positively assess the potential of the dissertation for using the obtained results in specific applied tasks.

9. Opinions, recommendations, and notes

The reviewer assesses that it is appropriate to include sample calculations from certain steps of the developed algorithm for determining parameters of neural networks in the dissertation research. This provides clarity on what is used as input data, what is calculated, and helps to reproduce the results of the dissertation research. The presentation of pseudocode does not meaningfully show the quantitative estimates of parameters and the structure of the neural network.

The reviewer finds it difficult to read the dissertation work due to the many terms used, which sometimes have the same content. Terms such as "components", subpopulations, generations, and " genome" are used. I recommend using and observing a strict hierarchy of terms, which is necessary to understand the internal processes in the neural network.

As a note, I will note that the author's claims are defined by the term "a method is proposed...". There is no evaluation part that allows one to see and evaluate what positive effects this method achieves. The term "it is proposed..." makes a declaration, but there is no evidence that this is useful and effective.

These recommendations can be taken into account by the dissertation candidate in his future publications.

A positive certificate for the dissertation work is the large number of literary sources that have been used to present the state of the art in the design of parameters and structure of neural networks. I also positively evaluate the publication activity, which has also achieved citations by specialists abroad.

10. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the dissertation work

I positively assess the scientific and applied scientific contributions of the dissertation work of Mag. Stefan Alipiev Tsokov. I found that the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for its implementation, and the Rules and Procedures for the Admission and Training of Doctoral Students and the Acquisition of the Educational and Scientific Degree "Doctor" of TU-Sofia are met in the presented dissertation work. The above gives me reason to give a positive assessment of the presented dissertation work and to recommend to the Scientific Jury **to award Mag. Stefan Alipiev Tsokov**, the scientific degree "**Doctor**" in the professional field 5.3 "Communication and computer equipment", scientific specialty "Artificial Intelligence Systems"

Date : 5.01.2026 r.

Sofia

REVIEWER

(prof. D.Sc. Ph.D. Todor Stoilov)