

ФКСТУУ-НЕС-048
26.01.2026г.



СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд: маг. Стефан Алипиев Цоков

Тема на дисертационния труд: **„ОПТИМИЗИРАНЕ НА АРХИТЕКТУРИ НА НЕВРОННИ МРЕЖИ ЧРЕЗ ЕВОЛЮЦИОННИ АЛГОРИТМИ“**

Член на научното жури: проф. д-р инж. Даниела Асенова Гоцева

Представеният дисертационен труд е в професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, докторска програма „Системи с изкуствен интелект“ и е разработен под научното ръководство на проф. д-р инж. Милена Кирилова Лазарова–Мицева и доц. д-р инж. Аделина Пламенова Алексиева–Петрова.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Представеният дисертационен труд е насочен към оптимизиране на проектиране на архитектури на невронни мрежи и приложението на еволюционни стратегии и генетични алгоритми за различни приложни задачи. Актуалността на изследването се обуславя от бързото развитие на дълбокото обучение и нуждата от автоматизирани системи за откриване на оптимални архитектури, особено при задачи с висока сложност и големи обеми данни. Използването на еволюционни алгоритми за автоматична оптимизация на невронни мрежи допринася за ускоряване на изследователските и инженерни процеси и позволява прилагането на дълбоки модели в нови домейни, където ръчната настройка е практически невъзможна.

Проблемната област на дисертационния труд обхваща изследването на методи за автоматизирано проектиране и оптимизация на архитектури на невронни мрежи чрез еволюционни стратегии и генетични алгоритми. Основният акцент е поставен върху разработването на методология за оптимизация на архитектури, които могат да се прилагат в различни приложни задачи – управление на автономни агенти, разпознаване на човешки дейности и прогнозиране на замърсяване на въздуха.

В рамките на дисертационния труд успешно са разгледани и адресирани, чрез научно изследване и експериментална част, една основна и четири частични хипотези за определяне на оптимални архитектури на невронни мрежи, което може да бъде осъществено с метаевристични алгоритми, в това число еволюционни стратегии и генетични алгоритми, които използват подходящо представяне и кодиране на решенията и модифицирани оператори за кръстосване и мутация.

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

Общият обем на дисертационния труд е 218 страници. Цитирани са 206 литературни източника от последните 10 години, посочени в библиографската справка. Представен е генетичен алгоритъм за дизайн на архитектури на НМ, който използва модифициран оператор за кръстосване за решения с варираща дължина и адаптивна мутация. На тази база са проектирани метод за еволюиране на изкуствена нервна система за автономни агенти с индиректно кодиране и генетичен алгоритъм и метод за дизайн на конволюционна невронна мрежа за разпознаване на човешка дейност. Като практическо приложение е разработен хибриден пространствено-темпорален дълбок модел базиран на конволюционна НМ и LSTM мрежа за прогнозиране на замърсяването на въздуха с автоматичен подбор на входни променливи и оптимизация на хиперпараметрите на модела и хибридна стратегия за попълване на липсващите стойности в използваните множества данни за обучение на модела. Всичко това доказва изключителната актуалност на темата на дисертационния труд и нейната реализация от докторанта.

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

Целта на дисертационния труд е разработване на еволюционна стратегия за оптимизиране на архитектури на НМ с генетични алгоритми, която да бъде приложена и допълнително модифицирана и валидирана за решаване на конкретни приложни проблеми: управление на автономни агенти; разпознаване на човешки дейности; прогнозиране на замърсяване на въздуха. Основните задачи и избраната методика на изследване съответстват напълно на поставената цел. Като допълнително доказателство може да се посочат множеството сравнителни таблици и възможността за проверка на работоспособността на методиката в практиката.

Предложените алгоритми за оптимизация на архитектурата на НМ представляват научна новост с приложение в практиката.

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

В рамките на дисертационни труд са формулирани четири приноса с научен характер, четири приноса с научно-приложен характер и три приноса с приложен характер.

Научни приноси:

1. Предложен е метод за оптимизация на архитектурата на НМ с използване на генетичен алгоритъм за еволюция и усложняване на решенията от по-прости към по-сложни, който използва модифициран оператор за кръстосване за решения с вариращи дължини и адаптивна мутация с три стратегии за промени в архитектурите на НМ;
2. Предложен е метод за еволюиране на НМ за управление на автономни агенти, който използва биологично вдъхновена индиректна схема на кодиране, осигуряваща възможност за развитие на НМ с отчитане на взаимодействията със средата с цел адаптиране на агента към специфична среда;

3. Предложен е метод за автоматична оптимизация на архитектурата на конволюционни НМ за разпознаване на човешки дейности чрез еволюционен процес, който усложнява прости архитектури с добавяне на нови слоеве с използване на модифицирано кръстосване за решения с различна дължина и адаптивна мутация с три равновероятни стратегии за модифициране на слой, добавяне на слой и премахване на слой от архитектурата на НМ;
4. Предложен е подход за включване на еволюирани архитектури за хибриден дълбок пространствено-темпорален модел за прогнозиране на замърсяването на въздуха в различни ансамбли, състоящи се от модели с еднакви архитектури и модели с различни архитектури.

Научно-приложни приноси:

1. Предложен е хибриден дълбок пространствено-темпорален модел базиран на конволюционна НМ и LSTM мрежа за прогнозиране на замърсяването на въздуха с автоматичен подбор на входни променливи и оптимизация на хиперпараметрите на модела;
2. Предложена е хибридна стратегия за запълване на липсващи стойности във времеви редове, която е приложена за обучение на хибридният дълбок пространствено-темпорален модел за прогнозиране на замърсяване на въздуха;
3. Предложена е стратегия за подбор на входни променливи при прогнозиране на замърсяването на въздух с хибриден дълбок пространствено-темпорален модел;
4. Предложена е стратегия за включване на пространствена информация при прогнозиране на замърсяването на въздух с хибриден дълбок пространствено-темпорален модел.

Приложни приноси:

1. Разработен е прототип за експериментално оценяване на предложената биологично вдъхновена индиректна схема на кодиране за еволюиране на НМ за управление на автономни агенти върху симулация на изкуствен свят, който показва, че с използване на проста имплицитна фитнес функция успешно се еволюират агенти способни да разграничават различни обекти и се генерират разнообразни и комплексни архитектури с малък брой параметри спрямо други възможни подходи за еволюиране на нервна система за управление на автономни агенти;
2. Разработен е прототип за експериментално оценяване на еволюционно базирания дизайн на конволюционни НМ за разпознаване на човешка дейност, който показва значително по-добри резултати в сравнение с други дълбоки архитектури;
3. Разработен е прототип за експериментално оценяване на предложения хибриден дълбок пространствено-темпорален модел за прогнозиране на замърсяването на въздуха, който показва, че дори и при ограничени

изчислителни ресурси еволюираните архитектури водят до получаване на добри и постоянни резултати.

Приемам без забележки формулираните от автора приноси. Те са безспорно доказателство за получените резултати, както и за научната и практическа новост.

5. Публикации по дисертационния труд

В периода 2019-2022 автора е публикувал 8 научни статии с анализи и резултати получени в рамките на дисертационното изследване. Пет от статиите са докладвани на международни научни конференции, останалите са в научни списания. Направените публикации покриват тематиката на дисертационни труд и отразяват основни анализи и резултати от същия. Една от статиите е самостоятелна, останалите са в съавторство с научните ръководители. Четири от научните публикации са индексирани в Scopus, а две от тях са индексирани в WoS. Четири от публикациите имат 79 цитирания, всички от които от чуждестранни автори като една от тях има 60 цитирания. Не на последно място докторантът има Хирш индекс 6 по Scopus.

Заявените приноси са доказани по блестящ начин в представените публикации, което е и атестат за личното участие на докторанта в дисертационния труд. Броят, обемът и качеството на научните публикации напълно удовлетворяват изискванията на ЗРАСПБ за присъждане на ОНС „доктор“.

Във връзка с проведените научни изследвания по дисертационния труд, докторанта участва в три научно-изследователски проекта, от които един по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ и друг финансиран по Национален план за възстановяване и устойчивост.

6. Мнения, препоръки и бележки .

Дисертационния труд е оформен на високо професионално ниво, извършени са задълбочени анализи и свидетелства за отлично познаване на материята и предметната област. Анализиран е актуален проблем пред ИТ индустрията. С високо ниво на задълбоченост са извършени научните изследвания и експерименти, като са предоставени данни за практическото им приложение.

Нямам забележки към дисертационния труд.

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

Дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав на Република България, Правилника за прилагане на закона и съответния правилник на Технически Университет – София. Проведените научни изследвания са в актуална област и третират проблематика, която е обект на засилен

изследователски интерес. Получените резултати съдържат научни, научно-приложни и приложни приноси, които са разпространени и направени достояние на заинтересованата научна общност чрез публикуването им в научни статии в списания и представянето им на специализирани научни конференции.

Давам положително мнение за представения дисертационен труд и препоръчвам на Катедрения съвет на катедра „Компютърни системи“ при Технически Университет – София да стартира процедура за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ на маг. Стефан Алипиев Цоков.

23.01.2026

ЧЛЕН НА ЖУРИТО:

Гр. София

(проф. д-р инж. Даниела Гоцева)

STATEMENT

on a dissertation thesis for awarding the educational and scientific degree

“Doctor (PhD)”

Author of the dissertation: **MSc Stefan Alipiev Tsokov**

Dissertation topic: **“OPTIMIZATION OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES THROUGH EVOLUTIONARY ALGORITHMS”**

Member of the Scientific Jury: **Prof. PhD. Eng. Daniela Asenova Gotseva**

The presented dissertation thesis belongs to the professional field 5.3 Communication and Computer Engineering, doctoral program “Artificial Intelligence Systems”, and has been developed under the scientific supervision of Prof. Dr. Eng. Milena Kirilova Lazarova–Mitseva and Assoc. Prof. Dr. Eng. Adelina Plamenova Alexieva–Petrova.

1. Relevance of the problem in scientific and scientific-applied terms

The presented dissertation focuses on optimizing the design of neural network architectures and on the application of evolutionary strategies and genetic algorithms to various applied tasks. The relevance of the research is determined by the rapid development of deep learning and the need for automated systems for discovering optimal architectures, particularly for problems characterized by high complexity and large data volumes.

The use of evolutionary algorithms for the automatic optimization of neural networks contributes to accelerating research and engineering processes and enables the application of deep learning models in new domains where manual tuning is practically infeasible.

The problem domain of the dissertation encompasses the study of methods for automated design and optimization of neural network architectures using evolutionary strategies and genetic algorithms. The main emphasis is placed on the development of a methodology for architecture optimization applicable to various practical tasks, such as control of autonomous agents, human activity recognition, and air pollution forecasting.

Within the framework of the dissertation, through scientific research and experimental work, one main and four partial hypotheses for determining optimal neural network architectures have been successfully examined and addressed. This is achieved through the use of

metaheuristic algorithms, including evolutionary strategies and genetic algorithms, which employ appropriate representation and encoding of solutions and modified crossover and mutation operators.

2. Degree of familiarity with the state of the problem and creative interpretation of the literature

The total volume of the dissertation is 218 pages. A total of 206 literature sources from the last ten years are cited in the bibliography.

A genetic algorithm for neural network architecture design is presented, employing a modified crossover operator for variable-length solutions and adaptive mutation. On this basis, a method for evolving an artificial nervous system for autonomous agents using indirect encoding and a genetic algorithm has been designed, as well as a method for the design of a convolutional neural network for human activity recognition.

As a practical application, a hybrid spatio-temporal deep model based on a convolutional neural network and an LSTM network has been developed for air pollution forecasting, including automatic selection of input variables, optimization of model hyperparameters, and a hybrid strategy for imputing missing values in the datasets used for model training.

All of the above demonstrates the exceptional relevance of the dissertation topic and its successful implementation by the doctoral candidate.

3. Correspondence between the chosen research methodology and the objectives and tasks of the dissertation

The objective of the dissertation is the development of an evolutionary strategy for optimizing neural network architectures using genetic algorithms, which is further applied, modified, and validated for solving specific applied problems: control of autonomous agents, human activity recognition, and air pollution forecasting.

The main tasks and the chosen research methodology fully correspond to the stated objective. Additional evidence of this correspondence is provided by the numerous comparative tables and the possibility of verifying the practical applicability of the methodology.

The proposed algorithms for neural network architecture optimization represent scientific novelty with practical applicability.

4. Scientific and scientific-applied contributions of the dissertation

Within the dissertation, four scientific contributions, four scientific-applied contributions, and three applied contributions are formulated.

Scientific contributions:

1. A method for neural network architecture optimization using a genetic algorithm for evolutionary development from simpler to more complex solutions is proposed. It employs a modified crossover operator for variable-length solutions and adaptive mutation with three strategies for modifying neural network architectures.

2. A method for evolving neural networks for autonomous agent control is proposed, using a biologically inspired indirect encoding scheme that enables the development of neural networks while accounting for interactions with the environment in order to adapt the agent to a specific environment.

3. A method for automatic optimization of convolutional neural network architectures for human activity recognition through an evolutionary process is proposed. This process increases architectural complexity by adding new layers and employs modified crossover for variable-length solutions and adaptive mutation with three equiprobable strategies: layer modification, layer addition, and layer removal.

4. An approach is proposed for incorporating evolved architectures into a hybrid deep spatio-temporal model for air pollution forecasting using different ensembles composed of models with identical architectures and models with heterogeneous architectures.

Scientific-applied contributions:

1. A hybrid deep spatio-temporal model based on a convolutional neural network and an LSTM network is proposed for air pollution forecasting, with automatic selection of input variables and optimization of model hyperparameters.

2. A hybrid strategy for filling missing values in time series data is proposed and applied for training the hybrid deep spatio-temporal model for air pollution forecasting.

3. A strategy for selecting input variables in air pollution forecasting using the hybrid deep spatio-temporal model is proposed.

4. A strategy for incorporating spatial information in air pollution forecasting using the hybrid deep spatio-temporal model is proposed.

Applied contributions:

1. A prototype for experimental evaluation of the proposed biologically inspired indirect encoding scheme for evolving neural networks for autonomous agent control has been

developed in a simulated artificial environment. The results demonstrate that, using a simple implicit fitness function, agents capable of distinguishing different objects are successfully evolved, and diverse and complex architectures with a small number of parameters are generated compared to other approaches.

2. A prototype for experimental evaluation of the evolutionary-based design of convolutional neural networks for human activity recognition has been developed, demonstrating significantly better results compared to other deep architectures.

3. A prototype for experimental evaluation of the proposed hybrid deep spatio-temporal model for air pollution forecasting has been developed, showing that even under limited computational resources, evolved architectures achieve good and stable results.

I accept without remarks the contributions formulated by the author. They constitute indisputable evidence of the achieved results as well as of the scientific and practical novelty of the dissertation.

5. Publications related to the dissertation

During the period 2019–2022, the author published eight scientific articles presenting analyses and results obtained within the framework of the dissertation research. Five of these articles were presented at international scientific conferences, while the remaining were published in scientific journals.

The publications fully correspond to the topic of the dissertation and reflect its main analyses and results. One of the articles is single-authored, while the others are co-authored with the scientific supervisors. Four publications are indexed in Scopus and two in Web of Science (WoS).

Four of the publications have received a total of 79 citations, all from foreign authors, with one of them receiving 60 citations. Furthermore, the doctoral candidate has an h-index of 6 according to Scopus.

The stated contributions are convincingly demonstrated in the presented publications, which attests to the doctoral candidate's personal involvement in the dissertation research. The number, scope, and quality of the scientific publications fully meet the requirements of the Act for the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria for awarding the educational and scientific degree "Doctor (PhD)".

In connection with the conducted scientific research for the dissertation, the doctoral candidate participated in three research projects, including one funded under the Operational Programme "Science and Education for Smart Growth" and another financed under the National Recovery and Resilience Plan.

6. Opinions, recommendations, and remarks

The dissertation is prepared at a high professional level. In-depth analyses have been conducted, demonstrating excellent knowledge of the subject matter and research field. A current and relevant problem for the IT industry has been analyzed. The scientific research and experiments were carried out with a high degree of thoroughness, and data for their practical application are provided.

I have no remarks regarding the dissertation.

7. Conclusion with a clear positive evaluation

The dissertation complies with the requirements of the Act for the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Regulations for its implementation, and the relevant regulations of the Technical University of Sofia. The conducted scientific research is in a topical field and addresses issues of strong research interest.

The obtained results contain scientific, scientific-applied, and applied contributions that have been disseminated and made available to the interested scientific community through publications in scientific journals and presentations at specialized scientific conferences.

I give a positive opinion on the presented dissertation and recommend that the Department Council of the "Computer Systems" Department at the Technical University of Sofia initiate a procedure for awarding the educational and scientific degree "Doctor (PhD)" to MSc Stefan Alipiev Tsokov.

23.01.2026

MEMBER OF THE SCIENTIFIC JURY:

Sofia

(Prof. PhD Eng. Daniela Gotseva)