ФКСТ44-НОЛ-078
16.01.2026г.

СТАНОВИЩЕ

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

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Стефан Алипиев Цоков
Тема на дисертационния труд: Оптимизиране на архитектури на невронни мрежи чрез еволюционни алгоритми
Член на научното жури: проф.. д-р инж. Милена Карова

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

Предоставеният за становище дисертационен труд разработва изключително актуален проблем в научноприложно отношение, а именно проблема с архитектурите на невронните мрежи. Темата е актуална и в посока на научно и научно - практическо отношение – изследване и разработване на еволюционни подходи за автоматизирано проектиране и оптимизация на архитектури на невронни мрежи. Еволюционната стратегия включва разработката на Генетичен алгоритъм със специфично представяне на решенията, модифицирани генетични оператори за кръстосване и мутация. Разработената стратегия е приложена в три основни области: управление на автономни агенти, разпознаване на човешки дейности и прогнозиране на замърсяването на въздуха. Утвърждава се потенциала на еволюционните стратегии като ефективен инструмент за оптимизация на архитектури на НМ, но и създава стабилна основа за бъдещи изследвания и практически реализации в различни сфери на изкуствения интелект и машинното обучение. Всичко това предполага нужната квалификация и практически знания от страна на докторанта, които той несъмнено притежава.

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

Докторантът е направил широк литературен обзор по тематиката на дисертацията. В своята литературна справка той е цитирала значителната цифра от 206 литературни източника, като по-голямата част основно обхващащи периода от 2015 до 2024г. Начинът на изложение, терминологията и нивото на представената записка говорят за много добро познаване на проблематиката. В дисертационния труд е направен много добър анализ на на невронно-мрежови модели за машинно обучение и метаевристични алгоритми за решаване на оптимизационни задачи, представен е метод за еволюиране на изкуствена нервна система за автономни агенти с индиректно кодиране и генетичен алгоритъм. Тези алгоритми формират еволюционно базиран метод за дизайн на конволюционна невронна мрежа за разпознаване на човешки дейности и конволюционна НМ и LSTM мрежа за прогнозиране на замърсяването на въздуха. Всичко това доказва изключителната актуалност на темата на дисертационния труд и значителните резултати при практическото прилагане на разработката.

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

Целта на дисертационния труд е да се извършат научните изследвания, с цел да се разработи еволюционна стратегия за оптимизиране на архитектури на НМ с генетични алгоритми, използващ модифициран оператор за кръстосване за решения с вариращa дължина и адаптивна мутация, която да бъде приложена и допълнително модифицирана и валидирана за решаване на конкретни приложни проблеми. Голяма част от дисертационната разработка е посветена на 3 вида разработени методологии за приложение на еволюционната стратегия за автоматична оптимизация на архитектури на

НМ за: 1)управление на автономни агенти; 2) разпознаване на човешки дейности; 3) прогнозиране на замърсяване на въздуха. Проведени са експериментални изследвания за всяка представена методология с необходимите данни и оценка на крайните резултати. Предложени са множество таблици със сравнителни данни с други методи за решаването на практическите задачи.

Изключително внимание трябва да се обърне на предложения генетичен алгоритъм, който постепенно увеличава сложността на решенията при нужда, като използва индивиди (хромозоми) с вариращи дължини, модифициран оператор за кръстосване и адаптивна мутация с три стратегии за промени в архитектурите на НМ.

Избраните методики на изследване и разработка напълно съответстват на поставената цел, формулираните задачи за постигането ѝ и постигнатите приноси.

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

Приемам приносите така, както се представени в дисертационния труд:

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 равно вероятни 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 хибридния 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.

Признавам изложените по-горе научни, научно-приложни и приложни приноси като заслуги на докторанта, създадени в хода на дисертационното изследване. Получените резултати имат много голяма степен на приложимост и показват значимост на декларираните приноси. Направен е много добър анализ на експерименталните резултати с експериментална оценка.

4. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Смятам, че личното участие в приносите на дисертацията е напълно достатъчно. Заявените приноси са представени в 8 публикации. Те обхващат период от време – от 2019 до 2022г. 4 от тях са в международни научни конференции, 4 са в международни научни издания. 7 от публикациите са реферирани в международна база данни „Scopus“, 1 от публикациите е самостоятелна, а от останалите 7 във всички докторантът е на първо място.. От направената справка в международната база от данни Scopus се вожда, че докторантът е с Хирш фактор 6, с 9 документа и значителния брой цитати 119. Броят, обемът и качеството на представените публикации по тематиката на дисертационния труд удовлетворява напълно изискванията на ЗРАСРБ за присъждане на ОНС „Доктор“ (докторантът покрива минималните изисквания за придобиване на ОНС „доктор“ според Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ–София).

5. Мнения, препоръки и бележки.

1. Дисертацията прави изключително добро впечатление. Написана е стегнато и ясно, изложението е логически последователно. Направените експерименти са много добре структурирани и са ярко доказателство за всички постигнати научни, научно-приложни и приложни приноси. Литературната осведоменост на докторантката се основава на нови и най-нови източници.
2. Много детайлно и аргументирано е изведена основната хипотеза на дисертационния труд, че оптималните архитектури на НМ могат да бъдат определяни чрез метаевристични алгоритми (по специално Генетичен алгоритъм), като се използват хромозоми с различна дължина, адаптивни генетични оператори и подходящи схеми на кодиране на решенията. Разгледаните приложения на оптималните архитектури на НМ показват възможността за тяхното прилагане в бъдещи изследвания и практически реализации в различни сфери на изкуствения интелект и машинното обучение.

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

Предлагам на научното жури да признае актуалността, приносите и резултатите на представения дисертационен труд и да присъди на маг. инж. Стефан Алипиев Цоков образователната и научна степен „Доктор” в област на висше образование – 5.Технически науки, професионално направление – 5.3. Комуникационна и компютърна техника.

Дата: 13.01.2026г.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО: .....

(проф.д-р инж. Милена Карова)

OPINION

on a dissertation work for the acquisition of an educational and scientific degree "Doctor"
Author of the dissertation: M.Sc. Engineer Stefan Alipiev Tsokov

Dissertation topic: Optimization of Neural Network Architectures Using Evolutionary Algorithms

Member of the scientific jury: Prof. Eng. Milena Nikolova Mileva-Karova, PhD

1. **Relevance of the problem addressed in the dissertation in scientific and applied-scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and the specific tasks developed in the dissertation.**

The dissertation submitted for evaluation addresses an exceptionally relevant problem from an applied-scientific perspective, namely the problem of neural network architectures. The topic is also highly relevant from both scientific and scientific–practical viewpoints, focusing on the investigation and development of evolutionary approaches for the automated design and optimization of neural network architectures. The proposed evolutionary strategy includes the development of a genetic algorithm with a specific solution representation, modified genetic operators for crossover and mutation, and adaptive mechanisms.

The developed strategy is applied in three main domains: control of autonomous agents, human activity recognition, and air pollution forecasting. The work confirms the potential of evolutionary strategies as an effective tool for optimizing neural network architectures and establishes a solid foundation for future research and practical implementations in various areas of artificial intelligence and machine learning. All of this presupposes the necessary qualifications and practical knowledge on the part of the doctoral candidate, which he/she undoubtedly possesses.

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

The doctoral candidate has conducted an extensive literature review related to the dissertation topic. A total of 206 literature sources are cited, the majority of which cover the period from 2015 to 2024. The manner of presentation, terminology, and level of exposition demonstrate a very good understanding of the subject matter.

The dissertation provides a thorough analysis of neural network models for machine learning and metaheuristic algorithms for solving optimization problems. A method for evolving an artificial nervous system for autonomous agents using indirect encoding and a genetic algorithm is presented. These algorithms form an evolution-based method for the design of convolutional neural networks for human activity recognition, as well as convolutional neural networks combined with LSTM networks for air pollution forecasting. All of this confirms the high relevance of the dissertation topic and the significant results achieved in the practical application of the proposed approaches.

3. **Correspondence between the selected research methodology, the stated goals and objectives of the dissertation, and the achieved contributions.**

The aim of the dissertation is to conduct scientific research leading to the development of an evolutionary strategy for optimizing neural network architectures using genetic algorithms, employing a modified crossover operator for solutions of varying length and adaptive mutation. This strategy is applied, further modified, and validated for solving specific applied problems.

A substantial part of the dissertation is devoted to three types of methodologies developed for applying the evolutionary strategy for the automatic optimization of neural network architectures in: 1) control of autonomous agents; 2) human activity recognition; 3) air pollution forecasting.

Experimental studies have been conducted for each presented methodology using the necessary datasets, along with an evaluation of the final results. Numerous tables with comparative data against other methods for solving the respective practical problems are provided.
Particular attention should be given to the proposed genetic algorithm, which gradually increases the complexity of solutions when necessary by using individuals (chromosomes) of variable length, a modified crossover operator, and adaptive mutation with three strategies for modifying neural network architectures.
The selected research and development methodologies fully correspond to the stated goal, the formulated tasks for achieving it, and the obtained contributions.

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

I accept the contributions as presented in the thesis:

Scientific contributions:

1. A method for optimizing neural network architectures is proposed using a genetic algorithm that evolves and increases the complexity of solutions from simpler to more complex ones, employing 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 the control of autonomous agents is proposed, using a biologically inspired indirect encoding scheme that enables the development of neural networks while accounting for interactions with the environment, with the aim of adapting 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, which increases the complexity of simple architectures by adding new layers, using modified crossover for solutions of different lengths 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 in various ensembles consisting of models with identical architectures and models with different architectures.

Applied-scientific contributions:

1. A hybrid deep spatio-temporal model based on a convolutional neural network and an LSTM network is proposed for air pollution forecasting, featuring automatic selection of input variables and optimization of model hyperparameters;
2. A hybrid strategy for imputing missing values in time series is proposed and applied to train the hybrid deep spatio-temporal model for air pollution forecasting;
3. A strategy for selecting input variables in air pollution forecasting using a hybrid deep spatio-temporal model is proposed;
4. A strategy for incorporating spatial information in air pollution forecasting using a hybrid deep spatio-temporal model is proposed.

Practical contributions:

1. A prototype has been developed for experimental evaluation of the proposed biologically inspired indirect encoding scheme for evolving neural networks for the control of autonomous agents in a simulated artificial world. 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 possible approaches for evolving a nervous system for autonomous agent control;
2. A prototype has been developed for experimental evaluation of the evolution-based design of convolutional neural networks for human activity recognition, demonstrating significantly better results compared to other deep architectures;

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

I recognize the above-mentioned scientific, applied-scientific, and practical contributions as achievements of the doctoral candidate, developed during the course of the dissertation research. The obtained results demonstrate a high degree of applicability and confirm the significance of the declared contributions. A very good analysis and experimental evaluation of the results has been carried out

5. Evaluation of the publications related to the dissertation

I consider the personal contribution of the doctoral candidate to the dissertation's achievements to be fully sufficient. The declared contributions are presented in eight publications covering the period from 2019 to 2022. Four of them are published in international scientific conferences, and four in international scientific journals. Seven of the publications are indexed in the international database Scopus; one publication is single-authored, and in the remaining seven the doctoral candidate is listed as the first author.

According to the reference check in the Scopus database, the doctoral candidate has an h-index of 6, with 9 documents and a significant number of citations (119). The number, volume, and quality of the publications related to the dissertation topic fully satisfy the requirements of the Academic Staff Development Act of the Republic of Bulgaria for awarding the educational and scientific degree "Doctor" (the doctoral candidate meets the minimum requirements for acquiring the degree "Doctor" according to the Regulations of the Technical University of Sofia).

6. Opinions, recommendations and remarks

1. The dissertation makes an exceptionally good impression. It is written concisely and clearly, with logically consistent exposition. The conducted experiments are very well structured and provide strong evidence for all achieved scientific, applied-scientific, and practical contributions. The doctoral candidate's familiarity with the literature is based on recent and up-to-date sources.
2. The main hypothesis of the dissertation is derived in a very detailed and well-argued manner, namely that optimal neural network architectures can be determined using metaheuristic algorithms (in particular, genetic algorithms) by employing chromosomes of variable length, adaptive genetic operators, and appropriate encoding schemes for solutions. The examined applications of optimal neural network architectures demonstrate their potential for use in future research and practical implementations in various fields of artificial intelligence and machine learning.

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

I suggest that the scientific jury recognize the relevance, the contributions and the results of the presented dissertation work and award the M.Sc. Eng. Stefan Alipiev Tsokov, the educational and scientific degree "Doctor" in the field of higher education - 5.Technical sciences, professional direction - 5.3. Communication and computer technology.

15.01.2026

Signature:
/Prof. M.Karova, PhD/