

СТАНОВИЩЕ

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

Автор на дисертационния труд: **Борис Атанасов Ненчовски**

Тема на дисертационния труд: **Метод и методология за анализ на големи биомедицински данни за прецизна медицина базирани на изкуствен интелект**

Член на научното жури: **проф. д-р Татяна Атанасова**

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

Изследванията в дисертационния труд са посветени на методите за обработка на данни за целите на прецизната медицина. Този иновативен подход в здравеопазването, възникнал благодарение на технологиите за големи данни и намаляващата цена на ДНК секвенирането, представлява несъмнено актуална тема. От друга страна, интегрирането на квантовите алгоритми в машинно обучение е съвременен метод за преодоляване на изчислителните ограничения на класическото машинно обучение при обработка на обширни обеми от данни в прецизната медицина.

Конкретните задачи, разработени в дисертацията, позволяват ограничаване на необходимите входни данни за пациента, намалявайки разходите за диагностика, но подобрявайки нейната точност. Предложената дисертационна работа показва начин за преодоляване на предизвикателствата и трудностите в прецизната медицина при предоставянето на персонализирани стратегии за диагностика, лечение и мониторинг.

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

Дисертационния труд е разработен в обем от 127 страници, структуриран в 4 глави с посочени 100 информационни източника. Отбелязани са особеностите, свързани с разглежданите данни, а именно тяхната разнородност, големият обем, трудностите с набавяне им, както и предизвикателства, свързани с тяхната обработка. Изследвано е наличието на различни източници на данни при предлагането на персонализирани диагностични стратегии в прецизната медицина, което изисква разработването на архитектура, способна да кодира и класифицира голям набор от постоянно нарастващи масиви от данни, обхващащи най-важните биоинформатични показатели.

Аргументирано е обяснена причината за стесняване на обхвата за изследвания. Предоставен е преглед на основните алгоритми на машинното обучение, както и на квантовите алгоритми. Показани са значителни предимства, но и предизвикателства на квантовото машинно обучение. Проучено е използване на квантовите изчисления в биоинформатиката.

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

Въз основа на литературния обзор в съответствие с дефинираните научноизследователски задачи са разработени методи за класификацията на медицински

изображения и анализа на генни последователности. Предложеният подход комбинира традиционните техники за машинно обучение с развиващата се област на квантовите изчисления с цел да се използват уникалните възможности на двете области.

Проектирана е многослойна модулна архитектура, която да обработва хетерогенни биомедицински данни - генни последователности, медицински изображения, пациентски данни. Приложени и разработени са съвременните алгоритми за кодиране и класификация за биоинформатични данни на базата на изкуствен интелект. Дефинирана е микросървисна архитектурата за реализация на изчислителния процес. Разработената архитектура предоставя универсално и широко достъпно решение за диагностика в прецизната медицина, като повишава точността при вземане на решение и оптимизира изчислителните ресурси.

4. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.

Приемам и оценявам положително научно-приложните приноси, формулирани в дисертацията. Основните приноси в дисертационния труд могат да се отнесат към обогатяване на съществуващите знания, създаване на нови методи на изследване и приложение на научни постижения в практиката. Считаю, че постигнатите резултати са лично дело на докторанта под вещото ръководство на научния ръководител.

Предложен е хибридният подход, включващ използването на невронни мрежи като предварителна стъпка за намаляване на размерността, последвано от квантови алгоритми за по-нататъшен анализ на данните. Изследвани са подходи за оптимизиране на квантови схеми (коригиране на дълбочина на схемата, параметри на гейта и стратегии за заплитане), за да се подобри точността на моделите.

Многослойната архитектура за обработка на биомедицинска информация може да се определи като значима за науката и практиката при приложение на принципите за прецизна медицина и квантови изчисления. Разработената архитектура е валидирана върху реални пациентски данни.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

По дисертационния труд са представени 3 публикации в платформите на IEEE Xplore Digital Library и AIP Conference Proceedings, индексирани в Scopus. Всички публикации са в съавторство с научния ръководител, в две от тях докторантът е на първо място. Общият брой точки по показател Г7 е 78 т., което надхвърля изискването от 30 точки.

Публикациите отразяват резултатите от изследванията в дисертацията, с което е демонстрирана необходимата публичност на постигнатите резултати пред научната общност.

6. Мнения, препоръки и бележки.

Дисертационният труд прави добро впечатление с обхвата, задълбочеността и аргументираността на изложението. Областта на прецизната медицина и биоинформатичните данни е сложна и постигането на съществени резултати в нея изисква прилагане на интердисциплинарен подход. Постигнатите резултати са оригинални и съответстват на поставената тема. Като забележки могат да се споменат

само няколко от редакционен и технически характер, като например несъответствията в заглавията на главите в автореферата и дисертацията. Но това не намалява значимостта на приносите в дисертацията. Препоръчвам на автора да продължи работата в избраната от него област.

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

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане, а също така и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически университет - София за получаването на образователна и научна степен ДОКТОР. Постигнатите резултати ми дават основание да дам положителна оценка и препоръчвам на почитаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен „Доктор“ на маг. инж. Борис Атанасов Ненчовски в професионално направление 4.6. „Информатика и компютърни науки“ по научна специалност „Информатика“.

Дата: 27.05.2025

ЧЛЕН НА ЖУРИТО:

/проф. д-р Татяна Атанасова/

O P I N I O N

on a dissertation for the acquisition of an educational and scientific degree "Doctor"

Author of the dissertation: **Boris Atanasov Nenchovski**

Dissertation topic: **Method and methodology for analysis of big biomedical data for precision medicine based on artificial intelligence**

Member of the Scientific Jury: **Prof. Dr. Tatiana Atanasova**

1. Actuality of the problem developed in the dissertation in scientific and applied terms.

The research in the dissertation is devoted to the methods of data processing for the purposes of precision medicine. This innovative approach in healthcare, which has arisen thanks to big data technologies and the decreasing cost of DNA sequencing, is undoubtedly a hot topic. On the other hand, integrating quantum algorithms into machine learning is a modern method for overcoming the computational limitations of classical machine learning when processing vast volumes of data in precision medicine.

The specific tasks developed in the dissertation allow limiting the necessary input data for the patient, reducing the cost of diagnosis, but improving its accuracy. The proposed dissertation shows a way to overcome the challenges and difficulties in precision medicine in providing personalized strategies for diagnosis, treatment and monitoring.

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

The dissertation is developed in a volume of 127 pages, structured in 4 chapters with 100 information sources indicated. The specifics related to the data under consideration are noted, namely their heterogeneity, large volume, difficulties in obtaining them, as well as challenges related to their processing. The availability of different data sources in the proposal of personalized diagnostic strategies in precision medicine has been investigated, which requires the development of an architecture capable of encoding and classifying a large set of constantly growing data sets covering the most important bioinformatics indicators.

The reason for the narrowing of the scope for examinations is explained with arguments. An overview of the basic algorithms of machine learning as well as quantum algorithms is provided. Significant advantages but also challenges of quantum machine learning are shown. The use of quantum computing in bioinformatics has been studied.

3. Compliance of the chosen research methodology and the set goals and objectives of the dissertation with the achieved contributions.

Based on the literature review, in accordance with the defined research tasks, methods have been developed for the classification of medical images and the analysis of gene sequences. The proposed approach combines traditional machine learning techniques with the emerging field of quantum computing in order to exploit the unique capabilities of both fields.

A multi-layer modular architecture has been designed to process heterogeneous biomedical data - gene sequences, medical images, patient data. Modern algorithms for coding and classification for bioinformatics data based on artificial intelligence have been applied and developed. A microservice architecture for the implementation of the computing process is defined. The developed architecture provides a universal and widely available solution for diagnostics in precision medicine, increasing decision-making accuracy and optimizing computing resources.

4. Scientific and/or scientifically applied contributions of the dissertation.

I accept and evaluate positively the scientific and applied contributions formulated in the dissertation. The main contributions to the dissertation can be attributed to the enrichment of existing knowledge, the creation of new research methods and the application of scientific achievements in practice. I believe that the results achieved are a personal work of the PhD student under the expert guidance of the supervisor.

The hybrid approach is proposed, involving the use of neural networks as a preliminary step to reduce dimensionality, followed by quantum algorithms for further analysis of the data. Approaches to optimize quantum circuits (circuit depth correction, gate parameters, and entanglement strategies) have been investigated to improve the accuracy of the models.

The multi-layer architecture for processing biomedical information can be defined as significant for science and practice in applying the principles of precision medicine and quantum computing. The developed architecture has been validated on real patient data.

5. Evaluation of the publications on the dissertation.

The dissertation presented 3 publications in the IEEE Xplore Digital Library and AIP Conference Proceedings platforms, indexed in Scopus. All publications are co-authored with the supervisor, in two of them the PhD student is in first place. The total number of points under indicator G7 is 78 points, which exceeds the requirement of 30 points.

The publications reflect the results of the research in the dissertation, which demonstrates the necessary publicity of the achieved outcomes to the scientific community.

6. Notes, recommendations and remarks.

The dissertation makes a good impression with the scope, thoroughness and argumentation of the presentation. The field of precision medicine and bioinformatics data is complex and achieving significant results in it requires an interdisciplinary approach. The results achieved are original and correspond to the topic posed. Only a few of editorial and technical remarks can be mentioned, such as the discrepancies in the titles of the chapters in the abstract and the dissertation. But this does not diminish the significance of the contributions to the dissertation. I recommend the author to continue working in the field of his choice.

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

I believe that the submitted dissertation meets the requirements of the Act on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Regulations for its implementation, as well as the Regulations on the terms and conditions for acquiring scientific degrees at the

Technical University of Sofia for obtaining the educational and scientific degree of DOCTOR. The achieved results give me grounds to give a positive assessment and I recommend to the honorable Scientific Jury to award the educational and scientific degree "Doctor" to MSc. Eng. Boris Atanasov Nenchevski in the professional field 4.6. "Informatics and Computer Science" in the scientific specialty "Informatics".

Date: 27.05.2025

JURY MEMBER:

/Prof. Dr. Tatiana Atanasova/