

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: **Доц.д-р Анна Розева** съгласно заповеди **ОЖ-4.6-12/10.03.2025г., ОЖ-4.6-14/ 18.03.2025г. и ОЖ-4.6-17/ 26.03.2025г.**

1. **Актуалност** на разработвания в дисертационния труд проблем и задачи. Дисертационният труд е фокусиран върху научните области изкуствен интелект и софтуерни архитектури с приложение в биоинформатиката и медицината. Всяка от тях привлича изключително голям изследователски интерес в продължение на много години като са получени значими резултати. Те продължават и се задълбочават както и очакванията за резултати с повишено качество и практическа приложимост за диагностика на заболявания с висока социална значимост. Особено актуални са изследванията, които комбинират посочените научни области с резултат софтуерни архитектури с използване на подходи и методи на изкуствен интелект с приложение в биоинформатиката и медицината. Такава симбиоза е налице в представения дисертационен труд, което предпоставя неговата актуалност. Конкретните решавани задачи, свързани с дизайн на гъвкава, оптимизирана архитектура, която да интегрира алгоритми за машинно самообучение и да позволява подходящо кодиране за обработка на различни типове входни данни, както и създаване и оптимизация на алгоритми, са безспорно актуални и с потенциал за научно приложни приноси в информатиката и компютърните науки и бъдещи приложения в персонализираната медицина.

2. **Степен на познаване** състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал. От изложението в дисертационния труд личи отлична осведоменост на автора по отношение на жизнения цикъл на проектираната софтуерна архитектура – от специфичните биоинформатични и медицински данни – геномни и генетични, биомаркери, медицински изображения, през принципите на изграждане на софтуерна архитектура, основана на микроуслуги, до интеграцията на изкуствен интелект за създаване на класификационни машинни модели, тяхната верификация и оценка на производителност и точност. Литературните източници в библиографията са от последните десет години, изцяло в областта на решаваните в дисертационния труд задачи. Подходящият им подбор и цитиране в текста демонстрират както осведоменост за достиженията към момента, така и обосновават предлаганите иновативни решения, които са предмет на разработката.

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

гъвкава и устойчива софтуерна архитектура за анализ и класификация на големи данни от медицината и биоинформатиката и съответна персонализирана помощ. За целта е избрана многослойна архитектура с интеграция на модели с машинно обучение, основана на микро услуги. Реализацията и валидирането на предложената архитектура и постигнатите резултати съответстват напълно на поставената цел и задачи и обосновават формулираните приноси и научна новост.

4. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд: Дисертационният труд съдържа научноприложни и приложни приноси. Счита за **научноприложни** следните приноси: (1) Хибриден квантово-класически модел за класификация на медицински изображения, (2) Метод за кодиране на генни последователности, (3) Концептуален модел на многослойна архитектура с микроуслуги и машинни модели за анализ на биомедицински данни (нови конструкции, методи). **Приложни** (приноси за внедряване) (1) Софтуерна система за достъп до биологични бази данни, анализ на данни и връзка със специалисти, (2) Структура на конволюционната невронна мрежа за класификация на медицински изображения и на конволюционната невронна мрежа с квантов слой, (3) Симулации с проверка и анализ чрез различни метрики на точност на класификацията, наличие на преобучение, третиране на случаи на класове с изразен дисбаланс.

Получените приноси особено хибридният квантово-класически модел и методът за кодиране на генни последователности са с потенциал да станат значими за науката и практиката. Софтуерната система има практическа приложимост в обучението, както и като основа за използване в бъдеще от медицински специалисти.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Представени са 3 публикации в авторитетни международни издания, от които AIP Conference Proceedings с SJR, като всички са индексирани в Scopus. Те съдържат основните резултати в дисертационния труд като концептуални модели, софтуерна архитектура, дизайн на софтуер. Не са отчетени цитирания от други автори.

6. Мнения, препоръки и бележки. Дисертационният труд прави много добро впечатление като компетентност по разработваната многослойна архитектура, прилагане, анализ и оценка на машинни модели в медицината и биоинформатиката. Има разминаване на заглавията на Глава 1 и 2 в дисертацията и автореферата. Приноси 2 и 5 могат да се обобщят в метод и алгоритъм, принос 4 не е пряко свързан с научното направление. Публикациите по дисертацията не следва да се включват в списъка на използваната литература. Въпреки горните забележки постигнатите резултати са добра основа за по-нататъшно развитие и задълбочаване на изследванията.

7. Заключение. Постигнатите в дисертационния труд приноси са безспорни и са лично дело на кандидата. Това ми дава основание за **положителна** оценка и препоръка за присъждане на **Борис Атанасов Ненчовски** образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки.

Дата: 22.05.2025

Член на журито:

OPINION

on a thesis for acquiring a **PhD** degree

Thesis author: **Boris Atanasov Nenchovski**

Thesis theme: **Method and methodology for analyzing big biomedical data for precision medicine based on artificial intelligence**

Jury member: **Assoc.prof. Anna Rozeva, PhD**

1. **Actuality** of the investigated problem and tasks. The thesis is focused on several research topics, i.e. software architectures with artificial intelligence and applications in bioinformatics and medicine. Each one of them has been attracting continuously increasing research interest in many years with significant results achieved. The amount of research work is still growing and deepening as well as the expectations for higher quality results and practical applicability for the diagnostics and early prevention of socially significant diseases. Investigations with a special actuality have turned out to be the ones that combine the before mentioned research topics resulting in software architectures implementing methods and approaches of artificial intelligence for bioinformatical and medical tasks. Such a symbiosis is to be observed in the current thesis which provides for its significance and actuality. The specific tasks under investigation referring to the design of a flexible and optimized architecture which integrates machine learning algorithms for classification and provides for the encoding and manipulation of various types of medical input data; tasks referring to algorithm design and optimization are definitely actual for the software and computer science with a potential for acquiring results with application value for the personalized medicine.

2. **Acquaintance** with the problem's state of the art and creative interpretation of the surveyed literature. The thesis content shows the author's remarkable acquaintance of the life cycle of the designed software architecture, i.e. the specific biomedical data (gene sequences, biomarkers, medical images), the design principles of micro service oriented software architecture, integration of classification models developed by machine learning techniques and algorithms, their verification and performance evaluation. The bibliography is quite up to date - from the last ten years and it is entirely within the scope of the researched tasks. The articles from the literature have been properly selected and referred to in the text which demonstrates acquaintance of the current achievements in the subject area as well as they provide for the justification of the proposed further development and innovative decisions in the thesis.

3. **Compliance of the implemented research methodology and the research goal and tasks to the contributions claimed.** The research methodology follows the design principles of a flexible and sustainable software architecture enabling the analysis and classification of big biomedical data and the provision of personalized medical service. In accordance with the stated investigation goal, a multilayer architecture with integrated machine learnt models has been proposed, which is micro service oriented. The development and validation of this

architecture and the results that have been obtained match entirely the research goal and tasks and provide for the achievement of contributions of scientific and application significance.

4. Scientific and/or scientific and application contributions of the thesis: The thesis has achieved **scientific and application contributions**. The following are considered as such: (1) Hybrid quantum – classical model for medical images classification, (2) Method for encoding of gene sequences, (3) Conceptual model of a multilayer architecture micro service oriented, with machine learnt models for biomedical data analysis. **Contributions with application value:** (1) Software system developed on the multilayer architecture, (2) Structure of the convolutional neural network for image classification and of the convolutional neural network with a quantum layer, (3) The simulations and classification accuracy analysis by implementing different metrics, consideration of overfitting and treatment of imbalanced classes.

The contributions claimed, especially the hybrid quantum – classical model and the method for encoding gene sequences have the potential to become significant for further scientific research and applications development. The software system developed can be used for educational purposes and as a basis for future use by medical specialists.

5. Evaluation of the publications on the thesis. Three publications concerning the thesis have been published. They have appeared in authoritative international editions, two of them in AIP Conference Proceedings, an edition with SJR. All of them are indexed in Scopus. They present the main achievements of the thesis, i.e. conceptual models, software architecture, software design. No citations by other authors have been observed so far.

6. Overall impression, recommendations, remarks. The overall impression from the thesis is definitely positive as competence and research potential on architecture design, application, analysis and evaluation of machine learnt models in medicine and bioinformatics. The titles of chapters 1 and 2 in the thesis and the abstract do not match. Contributions 2 and 5 could be generalized as method and algorithm, contribution 4 is not closely related to the professional area. The author's publications on the thesis should not be included in the bibliography. Despite of these remarks the results obtained provide a sound basis for further development and deepening of the research.

7. Conclusion. The contributions that have been presented in the thesis are significant and with potential scientific and application value. They have been achieved by the candidate himself. This provides for my definitely positive evaluation of the thesis results and for my recommendation **Boris Atanasov Nenchovski** to be awarded a PhD degree in Professional area 4.6. Informatics and Computer Science.

Date: 22.05.2025

Jury member: