

Процедура № ФЕА56-НС1-028

Становището е получено
в Деканат ФЕА
на 31.04.2025 год

СТАНОВИЩЕ

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



Автор на дисертационния труд: маг. Емилия Хаим Пардо

Тема на дисертационния труд: Разпаралеляване на алгоритъм Needleman-Wunsch
върху графични ускорители

Член на научното жури: доц. д-р Диана Велкова Стоянова – Пловдивски университет
„Паисий Хилендарски“

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.

Изследването е актуално, тъй като отговаря на нарастващите изисквания за бърза и ефективна обработка на биологични данни, което обуславя необходимостта от разпаралеляване на изчислителния процес чрез използване на графични ускорители.

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

Дисертацията на Емилия Хаим Пардо е представена в четири глави, приноси, списък на публикациите и библиография. Цитирани са общо 90 литературни източници, като два от тях са интернет адреси, което предполага задълбочен анализ на актуалното състояние на проблема.

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

Първа глава на дисертацията има обзореен характер и включва описание на структурата на ДНК и РНК, както и на процеса на ДНК секвениране, които служат като теоретична основа за представянето на алгоритмите за подравняване на секвенции в биоинформатиката. Направен е обзор и класификация на най-често използваните алгоритми за подравняване, както и на техники за тяхната оптимизация, с акцент върху алгоритмите за подравняване по двойки.

Във втора глава се разглежда архитектурата на CUDA и принципите на паралелното програмиране с графични ускорители. Представени са основни концепции, архитектурни особености, компоненти и характеристики на GPU, като се акцентира върху тяхното значение за ефективното и оптимално използване на CUDA технологията.

В трета глава е представен BioPoolSelect – софтуерен инструмент, разработен от докторантката, предназначен за филтриране и анализ на геномни варианти. Инструментът



може да се използва като помощно средство при прилагане на алгоритъма Needleman-Wunsch за подравняване на последователности, особено при работа с големи файлове, чрез тяхното разделяне на по-малки сегменти.

Четвърта глава представя реализацията на разпаралеляването на алгоритъма Needleman-Wunsch върху графичен ускорител NVidia с използване на CUDA C. Представени са резултати от тестове и сравнителен анализ на производителността спрямо имплементация на алгоритъма на езика C. Изследва се потенциалът за интегриране на LLM като Llama2, с цел разширяване на аналитичните възможности на платформата.

Всичко това показва, че Емилия Хаим Пардо познава състоянието на проблема и поставените цели и задачи в дисертацията, съответстват на избраната методика на изследване.

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

Дисертационният труд съдържа научно-приложни и приложни приноси. Счита за основен научно-приложен принос създаването на оптимизация на паралелна версия на алгоритъма на Needleman-Wunsch за графични процесори (GPU). Друг принос е дефинирането на нова метрика (индекс на изравняване на последователности), която измерва разликата между коефициентите на сходство преди и след подравняването. Приложни приноси: Разработен е софтуерен инструмент за геномен анализ (BioPoolSelect). Инструментът може да се използва като помощно средство при прилагане на алгоритъма Needleman-Wunsch за подравняване на последователности, особено при работа с големи файлове, чрез тяхното разделяне на по-малки сегменти.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Приложен е списък с 4 научни публикации и едно университетско пособие, свързани с дисертационния труд. Една от публикациите е подадена за печат, останалите три са публикувани в AIP Conference Proceedings. Цитирания на трудове на докторантката не са известни. Публикациите за популяризиране на резултатите от дисертационния труд са достатъчни на брой и представят добре основните резултати от дисертационния труд.

6. Мнения, препоръки и бележки.

Нямам съществени забележки към дисертационния труд. Като препоръка бих предложила да се разшири изследването, свързано с предложения индекс на изравняване на последователности, с цел по-задълбочено анализиране на неговите предимства и ограничения. Би било полезно да се извърши сравнителен анализ с утвърдени подобни метрики, за да се оцени надеждността и приложимостта на индекса.

7. Заключение.

Предоставеният дисертационен труд отговаря на всички критерии и показатели за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“, съгласно Закона за развитие на

академичния състав на Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на закона и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически университет – София.

Като имам предвид получените резултати и приносите в дисертационния труд, предлагам на почитаемото научно жури да присъди на маг. Емилия Хаим Пардо образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.3 “Комуникационна и компютърна техника”.

Дата: 31.07.2025 г.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО

/доц. д-р Диана В. Стоянова/





OPINION

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

Author of dissertation: **Emilia Haim Pardo**

Dissertation topic: **Parallelization of the Needleman-Wunsch Algorithm on Graphics Processing Units (GPUs)**

Member of the scientific jury: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Diana Velkova Stoyanova – Plovdiv University "Paisii Hilendarski"**

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

The research is relevant as it addresses the growing demand for fast and efficient processing of biological data, which necessitates the parallelization of the computational process through the use of graphics processing units (GPUs).

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literature

The dissertation of Emilia Haim Pardo is presented in four chapters, followed by contributions, a list of publications, and a bibliography. A total of 90 literary sources are cited, including two internet references, indicating an in-depth analysis of the current state of the problem.

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

The first chapter of the dissertation is a review that provides an overview of the structures of DNA and RNA. It also explains the process of DNA sequencing, which serves as the theoretical foundation for the discussion of sequence alignment algorithms in bioinformatics. An overview and classification of the most commonly used alignment algorithms is provided, along with techniques for their optimization, with a focus on pairwise alignment algorithms.

The second chapter discusses the CUDA architecture and the principles of parallel programming with graphics processing units. It presents key concepts, architectural features, components, and characteristics of GPUs, emphasizing their significance for the effective and optimal use of CUDA technology.

The third chapter introduces BioPoolSelect – a software tool developed by the PhD candidate, designed for filtering and analyzing genomic variants. The tool can be used as an aid in applying the Needleman-Wunsch algorithm for sequence alignment, particularly when working with large files, by dividing them into smaller segments.



The fourth chapter presents the implementation of parallelizing the Needleman-Wunsch algorithm on an NVIDIA GPU using CUDA C. Test results and a comparative performance analysis with a C-language implementation of the algorithm are provided. The potential for integrating large language models (LLMs), such as Llama2, is explored to enhance the platform's analytical capabilities.

All of this demonstrates that Emilia Haim Pardo has a solid understanding of the state of the problem, and that the aims and objectives set in the dissertation are consistent with the chosen research methodology.

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

The dissertation contains scientific-applied and applied contributions. The primary scientific-applied contribution is the development of an optimized parallel version of the Needleman-Wunsch algorithm for Graphics Processing Units (GPUs). Another contribution is the definition of a new metric (sequence alignment index), which measures the difference between similarity scores before and after alignment.

Practical contributions include the development of a software tool for genomic analysis (BioPoolSelect). The tool can be used as a supporting instrument in applying the Needleman-Wunsch algorithm for sequence alignment, particularly when working with large files, by dividing them into smaller segments.

5. Evaluation of the publications on the dissertation

A list of four scientific publications and one university textbook related to the dissertation has been provided. One of the publications has been submitted for publication, while the remaining three have been published in the AIP Conference Proceedings. No citations of the PhD candidate's works are currently known. The number of publications disseminating the dissertation's results is sufficient and adequately presents the main findings of the research.

6. Opinions, recommendations and notes

I have no significant remarks regarding the dissertation. As a recommendation, I suggest expanding the research related to the proposed sequence alignment index to provide a more in-depth analysis of its advantages and limitations. It would be beneficial to conduct a comparative analysis with established similar metrics to assess the reliability and applicability of the index.

7. Conclusion

The submitted dissertation meets all the criteria and indicators for the award of the educational and scientific degree "Doctor" in accordance with the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for its implementation and the Regulations for the Conditions and Procedures for Acquiring Scientific Degrees at the Technical University of Sofia.

Considering the results achieved and the contributions made in the dissertation, I propose to the honourable scientific jury to award the educational and scientific degree "Doctor" to Emilia Haim Pardo in the professional field 5.3 "Communication and Computer Engineering."

Date: 31.07.2025

Compiled by:

/ Assoc. Prof. Dr. Eng. Diana Stoyanova /

