

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната 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 инж. Севил Апула Ахмед-Шиева

Технически университет-София, филиал Пловдив



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.

Биоинформатиката има фундаментално значение за съвременните биомедицински изследвания, като осигурява методологична и технологична рамка за декодиране на сложни биологични процеси, подпомагане на диагностиката на заболявания и разработване на персонализирани терапевтични стратегии. Дисертационният труд на маг. Емилия Пардо е посветен на този актуален проблем, който е изключително мултидисциплинарен и изисква познания в много сфери на науката. В този контекст поставената в дисертацията цел е актуална не само за областта на Компютърните науки, но и глобално – световно, значима.

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

За да обоснове подходите за решаване на поставения в дисертационния труд проблем, маг. Емилия Пардо е използвала 91 литературни източници, всички на английски език. Литературната справка е целенасочена и обхваща двете водещи нишки в дисертацията: i) алгоритмичното представяне на глобалното подравняване на Needleman-Wunsch като задача от динамичното програмиране; ii) специфичната архитектура на CUDA и възможностите за едновременно изчисление на множество операции от различни нишки с цел паралелизация на алгоритъма на Needleman-Wunsch. Това показва, че дисертантът е направил съвременна оценка на проблема, и го е опознал в достатъчна степен, за да предложи свои решения.

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

При избор на методика за изпълнение на поставените в дисертацията задачи маг. Емилия Пардо се е ръководила от съвременните тенденции за разпаралеляване на изчислителни процедури с цел оптимизация на алгоритъм Needleman-Wunsch. Направеният литературен обзор е довел до добре обоснован избор на методика. Така дефинираната цел е постигната чрез изпълнение на 5 основни задачи. В резултат е разработен софтуерен инструмент за подготовка на данни за генетични изследвания с наименование BioPoolSelect. Постигната е и оптимизация чрез разпаралеляване на алгоритъм Needleman-Wunsch върху графични ускорители.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам наличието на приноси в дисертационния труд в аспекта на прилагане на знания и експертиза от областите на Биоинформатиката и на Компютърните науки при разработката на съвременни подходи за разпаралеляване на алгоритми за геномно сенквениране върху графични ускорители. Дисертантът е обособил две групи приноси – три (3) научноприложни и два (2) приложни, които биха могли да се представят в по-синтезиран начин, като например:

- **Научноприложни приноси:** i) Създадена е оптимизация на паралелна версия на алгоритъма на Needleman-Wunsch за графични процесори (GPU) с въвеждане и обосновка на използването на антидиагоналния подход (Wavefront) за ефективно паралелизиране на изчисленията върху

графични ускорители. ii) Предложени са мащабиране на алгоритъма за обработка на множество подравнявания чрез въвеждане на индекс на изравняване на последователности, както и корелационен анализ и прогнозиране на индекса на изравняване.

- **Приложни приноси**, изразяващи се в i) разработка на софтуерен инструмент за геномен анализ (BioPoolSelect) с въведена оптимизация при невродегенеративни заболявания като Алцхаймер, Паркинсон и епилепсия. ii) Сравнителен анализ на геноми за откриване на патогенни варианти, получен чрез разработения от дисертанта софтуер BioPoolSelect, автоматизиращ процеса на обработка на големи геномни файлове.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Публикациите по дисертационния труд са пет на брой, в това число едно учебно пособие – „*Маринова, М., Пардо, Е. 2023 България, София. Ръководство за лабораторни упражнения по програмиране на съвременни хетерогенни архитектури. Първо издание. ISBN 978-619-167-526-5*“. В три от тях дисертантът е първи автор, а в една е единствен автор. Всички публикации (извън учебното пособие) са на английски език, като три от тях са индексирани в Scopus. Представените публикации съдържат същността на дисертационния труд – предложените подходи и получените резултати. Това ми дава основание да считам, че представените основни резултати в дисертационния труд са постигнати с водещото участие на докторанта. Към дата на изготвяне на становището няма данни за цитирания на публикациите по дисертацията. Авторефератът представя в синтезиран вид предложените решения разпаралеляване на алгоритъм Needleman-Wunsch върху графични ускорители.

6. Мнения, препоръки и бележки

Разработеният дисертационен труд третира актуален проблем и предлага актуални решения. Поставената цел - оптимизация на алгоритъма Needleman-Wunsch чрез неговото изпълнение върху графични ускорители, е изпълнена. Прави впечатление, че при структурирането на дисертацията маг. Емилия Пардо не е разграничила по ясен начин представянето на информацията от библиографските източници и нейния (авторски) принос. Това затруднява проследяването на предложените в дисертационния труд новости и подобрения. Добре би било да бъде представено приложение към дисертацията с разработения софтуер, което да подкрепи претенциите за научноприложния принос – разработка на софтуерен инструмент за геномен анализ BioPoolSelect.

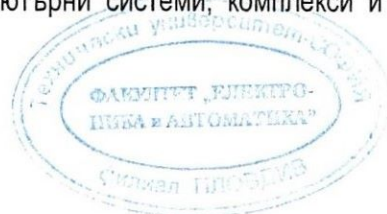
Направените бележки и препоръки не намаляват значимостта на предложените решения и постигнатите резултати, и не влияят на доброто общо впечатление за дисертационния труд.

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

Дисертационният труд на маг. Емилия Пардо е посветен на актуален проблем и представлява една завършена научноизследователска разработка с научноприложни и приложни приноси. В заключение, считам, че представеният дисертационен труд съдържа оригинални резултати и подходи.

Докторантът изпълнява националните минимални изисквания за придобиване на ОНС „Доктор“ съгласно Закона за развитие на академичния състав (ЗРАСРБ), Правилника за неговото прилагане (ППЗРАСРБ) и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София.

Въз основа на направения анализ давам **положителна оценка** на разработения дисертационен труд и считам за основателно да предлага **маг. Емилия Хаим Пардо** да придобие образователната и научна степен „**доктор**“ в научна област 5. Технически науки, професионално направление 5.3. Комуникационна и компютърна техника по докторска програма „Компютърни системи, комплекси и мрежи“.



Дата: 24.07.2025 г.

Член на журито:

/доц. д-р инж. Севил Ахмед-Шиева/

STATEMENT

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

Author: **MSc. Emilia Haim Pardo**

Title of PhD thesis: **Parallel implementation of Needleman–Wunsch algorithm on graphics processing units**

Member of the scientific jury: Assoc. Prof. Sevil Aptula Ahmed-Shieva, PhD, Technical University of Sofia, Plovdiv Branch



1. Relevance of the developed problem in the dissertation

Bioinformatics is fundamental to modern biomedical research, providing a methodological and technological framework for decoding complex biological processes, assisting in the diagnosis of diseases, and developing personalized therapeutic strategies. The dissertation of MSc. Emilia Pardo is dedicated to this topical problem, which is extremely multidisciplinary and requires knowledge in many fields of science. In this context, the goal set in the dissertation is relevant not only for the field of Computer Science, but also globally – globally, significant.

2. Literature survey and degree of knowledge of the state of the problem

In order to substantiate the approaches to solving the problem posed in the dissertation, MSc. Emilia Pardo has used 91 literary sources, all in English. The literature reference is purposeful and covers the two leading threads of the dissertation: i) the algorithmic representation of the Needleman-Wunsch global alignment as a task of dynamic programming; (ii) the specific architecture of CUDA and the possibilities for simultaneous calculation of multiple operations from different threads in order to parallelize the Needleman-Wunsch algorithm. This shows that Emilia Pardo has made a modern assessment of the problem, and has gotten to know it sufficiently to offer its own solutions.

3. Research methodology

When choosing a methodology for the implementation of the tasks set in the dissertation, MSc. Emilia Pardo has been guided by modern trends in igniting computational procedures in order to optimize the Needleman-Wunsch algorithm. The literature review has led to a well-grounded choice of methodology. The goal defined in this way has been achieved through the implementation of 5 main tasks. As a result, a software tool (called BioPoolSelect) was developed to prepare data for genetic studies. Optimization has also been achieved by parallelizing the Needleman-Wunsch algorithm on graphics accelerators.

4. Contributions of the dissertation

I accept the contributions in the dissertation in the aspect of applying knowledge and expertise from the fields of Bioinformatics and Computer Science in the development of modern approaches to parallelization of algorithms for genomic sequencing on graphics accelerators. MSc. Emilia Pardo has divided two groups of contributions – three (3) scientific-applied and two (2) applied, which could be presented in a more synthesized way, such as:

- **Scientific-applied contributions:** i) Optimized - parallel version of the Needleman-Wunsch algorithm for graphics processing units (GPUs) with the introduction and justification of the use of the anti-diagonal approach (Wavefront) for effective parallelization of computing on GPUs. (ii) Scaling of the algorithm for processing multiple alignments by introducing a sequence alignment index, and correlation analysis and prediction of the alignment index are proposed.

- **Applied contributions** consisting of (i) development of a genomic analysis software tool (BioPoolSelect) with optimized for neurodegenerative diseases such as Alzheimer's, Parkinson's and epilepsy. ii) Comparative

analysis of genomes for the detection of pathogenic variants, obtained using the BioPoolSelect software developed by the dissertation candidate, which automates the process of processing large genomic files.

5. Evaluation of the publications on the dissertation

The publications on the dissertation are 5 in number, including one textbook – "*Marinova, M., Pardo, E. 2023 Bulgaria, Sofia. A Guide for Laboratory Exercises in Programming Modern Heterogeneous Architectures. First edition. ISBN 978-619-167-526-5*" (in Bulgarian). In 3 of them, the dissertation candidate is the first author, and in one he is the only author. All publications (outside the textbook) are in English, and three of them are indexed in Scopus. The presented publications contain the essence of the dissertation – the proposed approaches and the results obtained. This gives me reason to believe that the main results presented in the dissertation have been achieved with the leading participation of the PhD student. As of the date of preparation of the opinion, there is no data on citations of the publications on the dissertation. The abstract presents in a synthesized form the proposed solutions for parallelization of the Needleman-Wunsch algorithm on graphics accelerators.

6. Opinions, recommendations and comments

The developed dissertation treats a topical problem and offers up-to-date solutions. The goal set - optimization of the Needleman-Wunsch algorithm through its execution on graphics accelerators, has been fulfilled. It is noteworthy that when structuring the dissertation, MSc. Emilia Pardo has not clearly distinguished the presentation of information from bibliographic sources and her (author's) contribution. This makes it difficult to follow the novelties and improvements proposed in the dissertation. It would be good to present an appendix with the developed software to support the claims for one of the scientific-applied contribution – the development of a software tool for genomic analysis BioPoolSelect.

The comments and recommendations made do not reduce the significance of the proposed solutions and the results achieved, and do not affect the good overall impression of the dissertation.

7. Conclusion

The dissertation of MSc. Emilia Pardo treats a topical problem and represents a completed research development with scientific-applied and applied contributions. In conclusion, the presented dissertation contains original results and approaches.

The PhD student fulfils the national minimum requirements for the acquisition of the degree of Doctor in accordance with the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, Rules for Application of Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and Rules for Acquiring Scientific Degrees at the Technical University of Sofia.



Date: 24.07.2025

Member of the scientific jury:

/Assoc. Prof. Sevil Ahmed-Shieva/