

## Рецензия

от доц. д-р Радослав Стефанов Мавревски, катедра „Информатика“, Югозападен университет „Неофит Рилски“, гр. Благоевград,

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен “доктор”, в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки, докторска програма: „Информатика”.

**Автор:** Костас Зотос, докторант в самостоятелна форма на обучение към катедра „Информатика“ при Природо-математическия факултет на Югозападния университет „Неофит Рилски“, отчислен с право на защита.

**Тема:** „*Системи за компютърна алгебра (СКА) – Нови стратегии и техники*“

**Научен ръководител:** доц. д-р Ирена Атанасова

**Рецензия:** доц. д-р Радослав Мавревски, съгласно Заповед № 2944/17.12.2024 г. на Ректора на ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград, както и на решение на научното жури по процедурата.

### Кратки биографични данни

Костас Зотос притежава бакалавърска степен по „**Приложна информатика**“ от Университета на Македония в Гърция, получена през 2002 година. През 2015 година завършва магистърска степен по „**Управление и информационни технологии**“, а през 2016 година придобива педагогическо образование. Костас Зотос има над **15** години опит в преподаването на **информатика** и **информационни технологии** в различни образователни институции в Гърция, включително в училища за деца със специални нужди и в бежански училища. Освен преподавателската си дейност, той е автор на редица научни публикации в международни конференции и списания, като основните му научни интереси включват енергийна ефективност на софтуер, системи за компютърна алгебра (**СКА**) и математическо моделиране.

### Актуалност на тематиката

Темата за СКА, както и изследванията върху нови стратегии и техники за подобряване на тяхната ефективност, са **актуални** и значими както в академичната, така и в практическата област. Днес СКА се използват интензивно от учени и изследователи в множество дисциплини – математика, физика, инженерство, икономика и други приложни науки. Те осигуряват мощен инструментариум за символни изчисления,

визуализация и решаване на комплексни математически задачи, което значително улеснява както преподаването, така и научните разработки.

Непрекъснатото развитие на компютърните технологии и изискванията за по-бързи и прецизни изчисления в различни приложения повишават необходимостта от оптимизиране на СКА и от разработка на нови подходи, които да подобряват производителността и удобството им за крайния потребител. Високата популярност на СКА в научните среди и разширяващата се им употреба в образованието правят всяка нова стъпка в посока ефективност и подобрене на тези системи **актуална** и полезна.

Имайки предвид гореуказаното, докторантът си поставя за **цел** да изследва как определени техники и стратегии, както и нови технологии, могат да подобрят ефективността и удобството на СКА. Такива изследвания, които анализират производителността и предлагат нови подходи, са от голямо значение за бъдещото развитие на тези системи и за тяхното адаптиране към новите изисквания в научната и образователната практика.

## **Структура на дисертацията**

Представеният за рецензиране дисертационен труд е в общ обем от 81 страници. Той съдържа: кратко резюме, списък на таблиците, списък на фигурите, основен текст в **6 глави** и списък с използваните литературни източници. Включени са 18 фигури и 18 таблици.

**Резюмето** накратко обосновава актуалността на темата и необходимостта от изследването, като представя **основната цел** и общите параметри на изследването.

В **Глава 1** се представя историята и развитието на математическите изчислителни технологии, със специален акцент върху СКА. Формулирана е **целта на дисертацията**, а именно да проучи и предложи техники за оптимизиране на ефективността на СКА, както и да анализира възможностите, които предлагат новите технологии като изкуствен интелект (**ИИ**) и паралелна обработка. Главата също разглежда историческото развитие на алгебрата, числения анализ и изчислителната наука, предоставяйки необходимия контекст за изследването.

**Глава 2** се фокусира върху предоставянето на задълбочен преглед на съществуващата литература, свързана с СКА. В тази глава се разглеждат основните предимства и недостатъци на различни СКА, както и тяхното развитие през годините. Авторът прави важни наблюдения върху различията между десктоп и онлайн СКА и представя примери за приложенията им в различни научни и образователни контексти. Тази глава предлага обширен и добре структуриран обзор на СКА, включително техните приложения, предимства и ограничения. Тя показва как тези системи еволюират и как новите технологии като ИИ и паралелна обработка могат да допринесат за тяхното бъдещо развитие.

**Глава 3** разглежда новите технологии в СКА, като се фокусира върху ИИ и паралелните изчисления. Първата част анализира възможностите на ИИ за автоматизация и оптимизация на математически задачи, а втората част разглежда паралелните изчисления за ускоряване на процесите в СКА. Главата предлага добре структуриран преглед на новите технологии, с ясен акцент върху ИИ и паралелните изчисления. Включени са примери за успешни приложения на ИИ в математиката, които демонстрират неговото значение за научния напредък, както и подробен преглед на принципите на паралелните изчисления и тяхното значение за оптимизацията на сложни изчисления.

**Глава 4** разглежда и анализира техники за подобряване на производителността на СКА, като оптимизация чрез предварително разпределяне на памет, векторни операции и паралелни изчисления, както и подходи за оценка на ефективността, като бенчмаркинг. Обсъждат се предимствата на различни СКА като Mathematica, MATLAB и Maple, както и методи за постигане на по-добра ефективност и ускоряване на изчисленията. Разгледаните техники за подобряване на производителността на СКА и предимствата на различните системи като Mathematica, MATLAB и Maple предоставят ценни стратегии за ускоряване на изчисленията и постигане на по-добра ефективност в зависимост от конкретните нужди. Дадените примери илюстрират практическите приложения на тези техники в различни сценарии и подчертават ролята на всяка система в конкретни случаи.

**Глава 5** обобщава постигнатите резултати, които показват, че оптимизацията на СКА чрез техники като профилиране на код, предварително разпределяне на паметта и паралелни изчисления значително подобрява производителността. Освен това, в главата се разглежда приложението на тези системи в различни професионални и образователни контексти, акцентирайки върху способността им да улесняват сложни изчисления и да предлагат интуитивни визуализации. Специално внимание е отделено на разликите в използваемостта и ефективността на настолните и онлайн версиите на СКА. Изследването установява, че онлайн платформите предлагат удобство и достъпност, но често срещат ограничения, свързани със зависимостта от интернет връзка и по-ниска изчислителна мощност в сравнение с техните настолни версии. От друга страна, настолните версии предоставят по-голяма функционалност и оптимална производителност, което ги прави предпочитан избор за задачи, изискващи значителни изчислителни ресурси.

В **Глава 6** авторът представя своите научни и научно-приложни приноси, като подчертава значението на паралелната обработка и интеграцията на ИИ в СКА. Той предлага повече от **четиридесет конкретни съвета** за оптимизация на работата на СКА, които биха могли да бъдат интегрирани в бъдещите версии на тези системи, като подсказки за потребителите. Направеното сравнение между различни СКА разглежда техните технически характеристики, възможности, цена и други важни фактори, които биха помогнали на потребителите да изберат най-подходящата система за конкретни задачи. Освен това, в тази глава, авторът представя кратки резюмета на публикуваните от него статии, свързани с темата на дисертацията, като акцентира върху основните резултати и техния принос към развитието на съответната област.

## Обобщение:

Дисертацията е написана на ясен и стегнат научен език. Организацията на текста е логически издържана и онагледяването е отлично. Използваната методология е адекватно подбрана и дава възможност за пълна реализация на **целта** и задачите на изследването.

Докторантът е проучил голямо количество литература по темата и е успял да представи добре съвременното състояние на изследвания проблем. Списъкът на използваните литературни източници включва 67 заглавия на английски език, включващи голям брой Интернет адреси. Внимателното преглеждане на списъка показва, че са включени и актуални източници от последните 10 години.

Докторантът демонстрира задълбочено разбиране на текущото състояние на проблема, обхващайки както по-широкия технологичен контекст на СКА, така и специфични стратегии и техники за подобряване на тяхната ефективност.

**Основните приноси** в дисертационното изследване са научни и научно-приложни и могат да се обобщят така:

- Идентифицирани са над 40 специфични препоръки за използване на СКА, които подобряват производителността и алгоритмичната сложност. Това откритие е значимо за бъдещите потребители на СКА, както и за разработчиците на такива системи, тъй като предлага ценни насоки за оптимизация на кода и ефективност на работата.
- На база на анализа на съществуващите системи, докторантът предлага развитие на СКА с по-интелигентни, лесни за употреба функции и адаптация към потребителските изисквания, като поставя акцент върху приложението на ИИ и паралелна обработка за решаването на комплексни математически задачи.
- Извършен е цялостен сравнителен анализ на различни СКА, обхващаш технически характеристики, функционалности и потребителска насоченост. Анализът предоставя практически насоки за избор на подходяща система спрямо специфичните изисквания на математическите задачи и посочва ограниченията на съществуващите СКА.
- Предложена е концепция за енергийна сложност като метод за оценка на ефективността на алгоритмите, приложим за оптимизация на енергийната ефективност в мобилни приложения и вградени системи.

По темата на изследването са представени **единадесет** статии на английски език, **три** от които са индексирани в **Scopus**.

**Авторефератът** е в съответствие с текста на дисертацията. Той е в обем от 44 стр. и отговаря по структура и съдържание на изискванията за представително отразяване на дисертацията.

### Критични бележки и препоръки

- Дисертацията представя редица предложения за подобряване на производителността на СКА, но някои от тях не са разгледани в достатъчна степен. Например, препоръката за използване на **динамично програмиране** и **алчни алгоритми** не е подкрепена с конкретни примери или тестове, които да демонстрират тяхната ефективност. В бъдещи изследвания би било полезно да се включат **конкретни примери** или **тестови демонстрации**, които да илюстрират как тези техники могат да бъдат приложени в реални ситуации.
- Текстът, представящ **приносите** на дисертацията, е сравнително **дълъг** и **описателен**. По-ясното им **разграничаване** би подчертаело оригиналния принос на автора.

### Заклучение:

Дисертационният труд показва, че докторантът Костас Зотос притежава необходимите теоретични знания и професионални умения по научната специалност „Информатика“, като демонстрира способност за самостоятелно планиране и провеждане на научно изследване в областта на информатиката.

Въз основа на гореизложеното давам своята **положителна оценка** за проведеното научно изследване, представено в дисертационния труд, автореферата и публикациите, и предлагам на членовете на уважаемото научното жури да дадат своя положителен вот за присъждане на образователната и научната степен “Доктор” на **Костас Зотос в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки, докторска програма „Информатика“**.

11.02.2025

Благоевград

Председател на научното жури:

**/Доц. д-р Радослав Мавревски/**

## Review

by: Assoc. Prof. Radoslav Stefanov Mavrevski, PhD, Department of Informatics, South-West University "Neofit Rilski",

on a PhD thesis for acquiring an educational and scientific degree, "Doctor",

in the field of higher education: 4. Natural sciences, mathematics, and informatics, professional field: 4.6. Informatics and computer sciences, doctoral program „Informatics”.

**Author: Kostas Zotos**, PhD student on self-directed study at the Department of Informatics of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences of South-West University "Neofit Rilski", dismissed with the right to defense.

**Topic: „CAS - New Strategies and Techniques“**

**Scientific Supervisor: Assoc. Prof. Irena Atanasova, PhD**

**Review:** Assoc. Prof. Radoslav Stefanov Mavrevski, PhD, according to Order No. 2944/17.12.2024 of the Rector of the SWU "Neofit Rilski" – Blagoevgrad, as well as the decision of the scientific jury on the procedure.

### Brief biographical data

Kostas Zotos holds a bachelor's degree in „**Applied Informatics**“ from the University of Macedonia in Greece, obtained in 2002. In 2015, he completed a master's degree in „**Management and Information Technology**“, and in 2016, he obtained a pedagogical education. Kostas Zotos has over 15 years of experience in teaching **informatics** and **information technology** in various educational institutions in Greece, including schools for children with special needs and refugee schools. In addition to his teaching activities, he is the author of a number of scientific publications in international conferences and journals, and his main scientific interests include software energy efficiency, computer algebra systems (**CAS**), and mathematical modeling.

### Relevance of the topic

The topic of **CAS**, as well as research on new strategies and techniques to improve their efficiency, is **relevant** and significant in both academic and practical fields. Today, CAS are extensively used by scientists and researchers in a variety of disciplines - mathematics, physics, engineering, economics, and other applied sciences. They provide powerful tools for symbolic computations, visualization, and solving complex mathematical problems, which significantly facilitates both teaching and scientific developments.

The continuous development of computer technologies and the increasing demand for faster and more accurate calculations in various applications raise the need for optimizing CAS and developing new approaches to improve their performance and usability for the end user. The high popularity of CAS in scientific communities and their expanding use in education make any new step toward improving the efficiency of these systems both **relevant** and valuable.

Given the above, the PhD student **aims** to explore how certain techniques and strategies, as well as new technologies, can improve the efficiency and convenience of CAS. Such research, which analyzes performance and proposes new approaches, is of great importance for the future development of these systems and their adaptation to the new demands in scientific and educational practice.

### **Structure of the PhD thesis**

The PhD thesis submitted for review has a total volume of 81 pages. It contains: abstract, list of tables, list of figures, the main text in **6 chapters**, and a list of references. Also included are 18 figures and 18 tables.

**The abstract** briefly substantiates the relevance of the topic and the need for the research, presenting the **main aim** and general parameters of the study.

**Chapter 1** presents the history and development of mathematical computing technologies, focusing on CAS. **The purpose of the PhD thesis** is formulated, namely, to explore and propose techniques for optimizing CAS performance and to analyze the potential of new technologies like artificial intelligence (**AI**) and parallel processing. The chapter also examines the historical development of algebra, numerical analysis, and computational science, providing the necessary context for the study.

**Chapter 2** focuses on providing an in-depth review of the existing literature related to CAS. This chapter discusses the main advantages and disadvantages of different CAS, as well as their development over the years. The author makes important observations on the differences between desktop and online CAS, and presents examples of their applications in various scientific and educational contexts. This chapter provides a comprehensive and well-structured overview of CAS, including their applications, advantages, and limitations. It shows how these systems are evolving and how new technologies such as AI and parallel processing can contribute to their future development.

**Chapter 3** explores new technologies in CAS, focusing on AI and parallel computing. The first part analyzes the potential of AI for automating and optimizing mathematical tasks, while the second part examines parallel computing for accelerating processes in CAS. The chapter provides a well-structured overview of emerging technologies, with a clear focus on AI and parallel computing. It includes examples of successful AI applications in mathematics, demonstrating their significance for scientific progress, as well as a detailed examination of the principles of parallel computing and their role in optimizing complex calculations.

**Chapter 4** discusses and analyzes techniques to improve the performance of CAS, such as optimization through memory pre-allocation, vector operations, and parallel computing, as well as methods for evaluating efficiency, such as benchmarking. It highlights the advantages of different CAS, such as Mathematica, MATLAB, and Maple, and presents methods to achieve better efficiency and accelerate computations. The reviewed techniques for improving CAS performance and the advantages of different systems such as Mathematica, MATLAB, and Maple provide valuable strategies for accelerating calculations and achieving better efficiency depending on specific needs. The provided examples illustrate the practical applications of these techniques in various scenarios and highlight the role of each system in specific cases.

**Chapter 5** summarizes the results, demonstrating that optimizing CAS through techniques like code profiling, memory pre-allocation, and parallel computing significantly improves performance. Furthermore, the chapter examines the application of these systems in various professional and educational contexts, emphasizing their ability to facilitate complex calculations and provide intuitive visualizations. Special attention is given to the differences in usability and efficiency of desktop and online versions of CAS. The study finds that while online platforms offer convenience and accessibility, but often face limitations related to dependence on an Internet connection and lower computing power compared to their desktop versions. On the other hand, desktop versions provide greater functionality and optimal performance, making them the preferred choice for tasks requiring significant computing resources.

In **Chapter 6**, the author presents his scientific and scientific-applied contributions, emphasizing the importance of parallel processing and the integration of AI in CAS. He offers more than **forty specific tips** for optimizing CAS work, which could be integrated into future versions of these systems as user tips. The comparison between different CAS considers their technical characteristics, capabilities, price, and other important factors that would help users choose the most suitable system for specific tasks. In addition, in this chapter, the author presents short summaries of his published papers related to the topic of the dissertation, emphasizing the main results and their contribution to the development of the relevant field.

### **Summary:**

The PhD thesis is written in clear and concise scientific language. The organization of the text is logical, and the illustrations are excellent. The methodology used is adequately selected and allows the full realization of the **aim** and objectives of the research.

The PhD student has studied a large amount of literature on the research topic and has been able to well present the current state of the research problem. The list of used references includes 67 titles in English, including a large number of Internet addresses. A careful review of the list shows that it includes relevant sources from the past 10 years.

The PhD student demonstrates a deep understanding of the current state of the problem, encompassing both the broader technological context of CAS and specific strategies and techniques for improving their efficiency.



**The main contributions** in this PhD thesis research are scientific and scientific-applied and can be summarized as follows:

- Over 40 specific recommendations for using CAS have been identified, which improve performance and algorithmic complexity. This finding is valuable for future CAS users as well as developers, as it provides essential guidelines for code optimization and operational efficiency.
- Based on an analysis of existing systems, the PhD student proposes advancements in CAS with more intelligent, user-friendly functions that adapt to user requirements, emphasizing the application of AI and parallel processing for solving complex mathematical problems.
- A comprehensive comparative analysis of various CAS systems has been conducted, covering technical characteristics, functionalities, and user orientation. The analysis provides practical guidance for selecting the appropriate system based on the specific requirements of mathematical tasks and highlights the limitations of existing CAS.
- A concept of energy complexity is proposed as a method for evaluating the effectiveness of algorithms, applicable to energy efficiency optimization in mobile applications and embedded systems.

On the topic of the study, **eleven** published papers in English are presented, **three** of which are indexed in **Scopus**.

The **auto-abstract (PhD Abstract)** is consistent with the text of the PhD thesis. It is in a volume of 44 pages and corresponds in structure and content to the requirements for a representative reflection of the PhD thesis.

### **Critical remarks and recommendations**

- The dissertation presents a number of proposals to improve CAS performance, but some of them have not been sufficiently addressed. For example, the recommendation to use **dynamic programming** and **greedy algorithms** is not supported by **specific examples** or **tests to demonstrate** their effectiveness. In future research, it would be useful to include specific examples or test demonstrations to illustrate how these techniques can be applied in real-world situations.
- The text presenting the **contributions** of the dissertation is relatively **long** and **descriptive**. A clearer **distinction** would highlight the author's original contribution.

## **Conclusion:**

The PhD thesis shows that the PhD student Kostas Zotos has the necessary theoretical knowledge and professional skills in the scientific specialty "Informatics", demonstrating the ability to independently plan and conduct scientific research in the field of informatics.

Based on the above, I give my ***positive assessment*** of the scientific research presented in the PhD thesis, the auto-abstract, and the publications, and I propose that the respected scientific jury give their positive vote for awarding the educational and scientific degree "Doctor" to **Kostas Zotos in the field of higher education: 4. Natural sciences, mathematics, and informatics, professional field: 4.6. Informatics and computer sciences, doctoral program: „Informatics”**.

11.02.2025  
Blagoevgrad

Chair of the scientific jury:  
**Assoc. Prof. Radoslav Mavrevski, PhD**