

СТАНОВИЩЕ

От проф. д-р Анета Караиванова
Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН
Член на Научно жури, назначено със Заповед на Ректора на СУ „Св. Климент
Охридски“ № РД-38-258/07.06.2021 г.

Относно: дисертационния труд на докторанта на самостоятелна подготовка **Николай Георгиев Шегунов** на тема *„Симулация на течения в порести реди чрез масивно паралелен Многонивов Монте Карло алгоритъм“* за присъждане на образователната и научна степен „ДОКТОР“ по направление 4.6 „Информатика и Компютърни Науки“, докторска програма „Информационни Системи“ с научен ръководител доц. д-р Петър Армянов (СУ) и научен консултант проф. Олег Илиев (Университет на Кайзерслаутерн, Германия).

1. Общо описание и кратка биографична справка за кандидата

Николай Шегунов е представил всички необходими документи съгласно ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Софийски университет „Св. Кл. Охридски“ и изискванията на ФМИ. Материалите за рецензиране включват дисертационен труд, автореферат и копия на 5 публикации по дисертацията. Дисертационен труд е изложен в 6 глави на 129 страници, написан е на английски език, съдържа 44 фигури, 20 таблици и библиография със 62 заглавия. Авторефератът е на български език и е изложен на 37 страници. Публикациите по дисертацията са направени в периода 2017-2020, като четири от тях са публикувани в издания с SJR ранг.

Николай Шегунов придобива степен бакалавър по специалност „Информатика“ през 2013 г. във Факултета по математика и информатика към Софийския Университет. През 2015 година придобива магистърска степен по програмата „Изчислителна математика и математическо моделиране“. По време на следването си, участва в европейската програма за обмен на студенти Еразъм като гост студент в университета в Карлсруе, Германия. Зачислен е като докторант на самостоятелна подготовка на 25.06.2020 г. и е отчислен предсрочно с право на защита на 21.05.2021 г. поради положително решение на първичното звено за готовността за защита. Дисертацията е обсъдена и насрочена за защита на заседание на катедра "Компютърна информатика" при ФМИ (СУ).

2. Актуалност, значимост и цели на дисертацията

Дисертацията е посветена на приложението на Многонивов Монте Карло (ММК) алгоритъм за изследване на течения в порести среди и разработване на ефективна паралелна реализация на този алгоритъм. ММК алгоритъмът първоначално е предложен от Шефан

Хайнрих в серия публикации в периода 1997-2000 г. за пресмятане на $E[f(x; \lambda)]$, където x е сл. величина и λ е параметър, след което успешно е приложен в различни области.

За изпълнение на поставената в дисертацията цел са дефинирани следните задачи:

- Изследване на съществуващи решения на проблема;
- Генериране на случайни полета на пропускливост за порести среди;
- Разработване на ефективен начин за комбинация на резултати от симулации при различни нива на гранулярност;
- Разработване на ефективна паралелна реализация на МММ алгоритъма.

Работата по дисертацията е извършена в периода 2016-2021 в Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics ITWM (2016-2017) и ФМИ на СУ (2018-2021).

3. Основни резултати в дисертацията и апробация

Резултатите от извършената работа по поставените задачи са изложени в 6 глави. **Глава 1** е въвеждаща и съдържа мотивация за изследванията, кратко представяне на стохастичните изчисления и на съвременните високопроизводителни системи, както и целите и задачите на дисертацията. **Глава 2** представя алгоритми за генериране на случайни експерименти, метод на крайните обеми, класическия ММК метод и модели на порестост и пропускливост. В **Глава 3** е представен Многониковия Монте Карло алгоритъм за решаване на стохастичното уравнение на Лаплас и на стохастичното уравнение на конвекция-реакция-дифузия. Направени са числени експерименти, показано е предимството на ММК пред класическия Монте Карло метод. Трябва да се отбележи, че за първи път успешно е приложен Многониковия Монте Карло метод за решаване на уравнението на конвекция-реакция-дифузия. В **Глава 4** са разгледани стратегии за паралелна реализация на МММ алгоритъма. Направен е анализ не само на различните нива на паралелизъм в алгоритъма, но са взети пред вид и отклоненията във времето за пресмятания на експерименти на едно и също ниво. Формулирани са трите основни нива, които могат да бъдат паралелизирани. Дефинирани са теоретичното минимално време за изпълнение, паралелната ефективност на дадено ниво на ММК алгоритъма и параметрите на изпълнението. Разработени са паралелни версии на алгоритъма с използване на динамична стратегия, динамична стратегия с прекъсвания и динамичен опашков паралелизъм. Проведени са множество експерименти с уравнението на Лаплас и уравнението конвекция-реакция-дифузия за тестване на паралелните стратегии. Резултатите потвърждават теоретичните оценки.

Четири от публикациите по дисертацията са представени на големи международни конференции. Кандидатът е направил и две семинарни представяния на резултати от дисертацията.

4. Научни приноси в дисертацията

Научните, научно-приложните и приложните приноси на дисертацията се съдържат основно в глави 3, 4 и 5. Приемам класификацията и формулировката на приносите, изложени от дисертанта:

- Научни приноси:
 - Направен е преглед, обзор и анализ на съществуващите решения на поставените задачи. Оценени са предимствата и недостатъците на съществуващите решения за генериране на стохастични полета и извадки;
 - Сравнени и анализирани са различни подходи за приближение на стохастичното ниво за уравнението на Лаплас;
 - Разработен е ефективен метод за ренормализация на стохастичното поле за целите на Многонивовия Монте Карло;
 - За пръв път успешно е приложен Многонивовия Монте Карло метод за уравнението на конвекция-реакция-дифузия;
 - Разработен е адаптивен алгоритъм за разпределение на ресурсите за различните нива на алгоритъма.
- Научно-приложни приноси:
 - Дефиниран е подход за определяне на нивата в ММК алгоритъма за двете разгледани задачи;
 - Направен е анализ и сравнение на два подхода за конструкция на ММК алгоритъм с класическия МК за задачата на конвекция-реакция-дифузия;
 - Направен е анализ и сравнение между скоростта на сходимост и времето за изпълнение на ММК с опростена ренормализация и класическия МК;
 - Анализирани и дискутирани са различни стратегии за паралелизация.
- Приложни приноси
 - Направена е програмна реализация на описаната стратегия за генериране на случайни полета с използване на графични ускорители;
 - Направена е програмна реализация на четири алгоритъма;
 - Приложимостта на разгледаните подходи е потвърдена с реални тестове.

5. Становище по автореферата

Авторефератът коректно отразява съдържанието и резултатите, изложени в дисертацията.

6. Критични бележки

Нямам критични бележки. Има незначителни технически грешки, както и малки неточности при превода от английски на български език.

7. Лични впечатления

Нямам лични впечатления от докторанта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Софийски университет „Св. Кл. Охридски“ и изискванията на ФМИ. *Получените резултати ми дават основание напълно убедено да дам положителна оценка и да препоръчам на научното жури да присъди образователната и научна степен „Доктор“ на Николай Георгиев Шегунов по професионално направление 4.6 „Информатика и Компютърни Науки“.*

15.08.2021

София

/Проф. д-р А. Караиванова/