



РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд
на **Венелин Любомиров Тодоров**

на тема
МЕТОДИ МОНТЕ КАРЛО ЗА МНОГОМЕРНИ ИНТЕГРАЛИ И ИНТЕГРАЛНИ УРАВНЕНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

за присъждане на научно образователната степен „доктор“
по научна специалност 4.5 Математика
от проф. д-р **Любен Георгиев Вълков**,
катедра Приложна математика и Статистика,
Русенски Университет „Ангел Кънчев“

Със заповед № 102/14.06.2017 г. на директора на ИИКТ-БАН съм утвърден за член на Научно жури във връзка с процедура за придобиване на образователната и научната степен „доктор“ по докторска програма „Математическо моделиране и приложение на математиката“ в професионално направление 4.5 „Математика“ от Венелин Любомиров Тодоров с дисертация на тема „Методи Монте Карло за многомерни интеграли и интегрални уравнения и приложения“, научен ръководител проф. дтн Иван Димов, ИИКТ-БАН.

На първото заседание на Научното жури, състояло се на 15.06.2017 г. в ИИКТ-БАН, съм избран за рецензент.

1. Сведения за докторанта Г-н Венелин Любомиров

Г-н Венелин Любомиров Тодоров е роден през 1986 г. в гр. Русе. Завърши факултет по Математика и Информатика на СУ като магистър през 2011 г. със специалност приложна математика. От 2011 е редовен докторант към сектор Паралелни алгоритми на ИИКТ-БАН.

2. Актуалност, цели и задачи

Представената дисертация е посветена на една актуална и развиваща се област от изчислителната математика и математическото моделиране: разработване и изследване на ефективни методи и алгоритми Монте Карло (в частност, квази-Монте Карло) за приближено пресмятане на многомерни интеграли и решаване на интегрални уравнения както и числено решаване на системи параболични уравнения.

В уводната глава са формулирани основните цели на дисертационния труд и задачите за тяхното постигане. Целта на дисертацията е разработването, реализирането и изследването на

ефективни алгоритми Монте Карло (квази-Монте Карло) за многомерни интеграли и интегрални уравнения, съответно линейни системи. Развитие на тази цел е прилагането и изследването на поведението на предложените алгоритми за решаване на конкретни задачи от финансова математика, квантова механика и екология. Следващата цел е конструирането на нови числени методи с висок ред на точност на базата на метода на диференчните схеми за модели, свързани с екологичната безопасност.

Тези цели са реализирани, решавайки следните задачи:

- Разработване на нов почти оптимален алгоритъм Монте Карло за интегрални уравнения, базиран на балансиране на систематичната и стохастичната грешка. Да се изследва ефективността на алгоритъма върху интегрални уравнения с приложен характер. Реализация на квази-Монте Карло метод от тип решетки с генериращ вектор обобщената редица на Фибоначи, Монте Карло метод базиран на извадката латински хиперкуб и адаптивен алгоритъм Монте Карло. Изследване на ефективността на алгоритмите в зависимост от размерността на интеграла и гладкостта на подинтегралната функция.
- Приложение на разработените алгоритми към многомерни интеграли за оценка на европейски опции и в Бейсовската статистика. Оценки за ядрото на Вигнер в квантовата механика и да се изследва кой от алгоритмите е най-ефективен за решаване на проблема на Ричард Файнман.
- Построяване на нов метод Монте Карло за линейни системи на базата на метода Монте Карло за линейни системи „случайно блуждаене по уравненията“ и да се направи сравнение между двата алгоритъма и рафинирания алгоритъм Монте Карло.
- Разработване на нова компактна схема с четвърти ред на точност за системи от слабо свързани частни диференциални параболични уравнения с нелинейни химични реакции с приложение при опазване на околната среда. Да се повиши точността с помощта на екстраполация по Ричардсон. Да се приложи компактната схема върху модел на далечен пренос на замърсители във въздуха, както и за други примери в едномерния и двумерния случай.

3. Познава ли дисертантът състоянието на проблема?

От цялостното изложение в дисертацията, както и списъка на цитираната литература от по-вече от 200 заглавия личи, че дисертантът е добре запознат с основните резултати и публикации по темата.

4. Приноси на дисертационния труд

Дисертацията на Венелин Тодоров съдържа 184 страници, като се състои от увод, 3 глави, заключение и литература, включваща 237 цитирани източници, включително и 5-те авторски публикации по дисертационния труд. Почти половината от цитираните източници са публикувани през последните 30 години. В дисертацията има 26 фигури и 45 таблици.

Научни и научно-приложни приноси на автора могат да се обобщят така:

Глава 1 разглежда различни подходи както за генериране на точкови множества (решетка от точки с генериращ вектор обобщена редица на Фибоначи, случаена извадка от тип “латински хиперкуб”), така и алгоритми за числено интегриране: алгоритми Монте Карло (обикновен, адаптивен) и алгоритъм квази-Монте Карло, използващ квазислучайни редици на Собол. Приноса на кандидата е в това, че алгоритмите са приложени към следните приложни задачи:

- пресмятане на ядрото на Вигнер, където се показва по-висока ефективност на изследваните стохастични алгоритми спрямо съществуващи детерминистични алгоритми по отношение на относителната грешка (особено за по-високите размерности – в случая над 6) и по отношение на изчислителното време;
- оценки на Европейски опции, където са сравнявани различни стохастични алгоритми;
- пресмятане на интеграли, които имат важно значение в Бейсовската статистика.

Резултатите на Глава 1 са публикувани в две статии, съответно публикация № 3 и публикация № 5.

- В Глава 2 е конструиран нов почти оптимален алгоритъм Монте Карло за интегрални уравнения, основан на балансиране на систематичната и стохастичната грешка. Това осигурява ефективност на алгоритъма при решаването на задачата с предварително зададена точност.

Резултатите са публикувани в две статии, съответно публикация № 1 и публикация № 2 от представения списък на публикациите по дисертацията, като публикация № 2 е цитирана в издание с импакт-фактор.

- Във втората част на Глава 2 е предложен алгоритъм Монте Карло за системи от линейни алгебрични уравнения (СЛАУ), който е подобрене на известен метод, наречен “случайно бружидаене по уравненията на СЛАУ”. Извършени са числени експерименти с матрици с различна размерност и плътност, включително от колекцията Harwell-Boeing. Числените експерименти показват по-малка относителна грешка и по-малко изчислително време за новия алгоритъм спрямо оригиналния.
- В Глава 3 са разработени нови компактни диференчни схеми с висок ред на точност по пространството (четвърти и шести ред) за нелинейни системи от параболични частни диференциални уравнения (ЧДУ). След това, прилагайки екстраполацията на Ричардсон е получена компактна схема с шести ред на точност. Схемите са приложени за решаване на система от 10 уравнения ЧДУ от Датския Ойлеров модел (UNI-DEM), описващ далечен пренос на замърсители във въздуха. Също така, подобреният алгоритъм на “случайното бружидаене по уравненията на СЛАУ” е приложен успешно за решаване на системи, получени след дискретизация на ЧДУ.

Резултатите в тази глава са публикувани в една статия, съответно публикация № 4 от представения списък на публикациите по дисертацията.

5. Преценка на публикациите по дисертацията

Дисертацията се основава на 5 научни публикации, от които 4 са публикувани в специализирани международни издания с SJR ранг (при изискване от поне три научни публикации, поне една от които да е в списание с импакт-фактор или в специализирано

международно издание). Следователно, изпълнени са изискванията на Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИИКТ-БАН. Представените работи са публикувани в периода 2015 г. – 2016 г. Една от представените публикации е *самостоятелна*. За една от публикациите е забелязано *едно цитиране* в издание с импакт-фактор.

Резултатите в публикациите са получени при работа в 4 научноизследователски проекта: проект за млади учени на БАН, 2 проекта, финансиирани от Фонд „Научни изследвания“, и един проект, финансиран по 7-ма Рамкова програма на Европейската комисия.

Получените резултати са докладвани на *международнни форуми* в периода 2013 г. – 2016 г., сред които и специализирани конференции в областта на методите Монте Карло.

Авторефератът е в обем от 56 страници и съдържа 56 цитирани източници като правилно отразява съдържанието и основните приноси на дисертацията.

6. Личния принос на дисертанта

Приемам, че Г-н Тодоров има съществен личен принос за резултатите, включени в дисертацията

7. Критични бележки и препоръки

Забелязах някои грешки от технически характер в дисертацията така и в автореферата.

Тези бележки не могат да променят добрата ми оценка за качеството на научните резултати.

8. Лични впечатления

Познавам Венелин още като ученик в основното училище и Математическата гимназия, тъй като живеехме в един квартал на град Русе. Когато работеше върху дипломната си работа и дисертация, често обсъждахме задачите му. През последната година имаме и една съвместна публикация. Венелин е мотивиран за извършване на научна дейност, необходимо е обаче да бъде настоящелен и по-вече самостоятелен в работата си.

9. Заключение

Представените в дисертационния труд научни и научно-приложни резултати в областта на изчислителната математика и математическото моделиране са публикувани в специализирани международни издания с SJR ранг. Както броят, така и качествата на публикациите удовлетворяват всички изисквания на Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), както и на Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени за заемане на академични длъжности в ИИКТ-БАН.

Въз основа на всичко казано по-горе препоръчвам на Научното жури да присъди образователната и научната степен „доктор“ на Венелин Любомиров Тодоров по докторската програма “Математическо моделиране и приложение на математиката” в професионално направление 4.5 „*Математика*“.

11.09.2017 г.