



Информация за изпълнение на етап на проект

Наименование на конкурса:
Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2017 г.
Основна научна област:
Математически науки и информатика
№ на договор:
ДН 12/1
Начална и крайна дата на проекта:
11.12.2017 – 11.08.2019 (първи етап)
Заглавие на проекта:
Числени методи и алгоритми за задачи с дробна дифузия
Базова организация:
Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН
Партньорски организации:
не
Ръководител на научния колектив (академична длъжност, научна степен, име):
чл.-кор. проф. дмн Светозар Маргенов
Общ размер на отпуснатото финансиране за първи етап:
60 000 лв.
Интернет страница на проекта (ако има такава):
не
Научни публикации по проекта:
[1] R. Čiegis, V. Starikovičius, S. Margenov, R. Kriauzienė, Parallel Solvers for Fractional Power Diffusion Problems, Concurrency and Computation: Practice and Experience, Vol. 29 (4) (2018), https://doi.org/10.1002/cpe.4216 (IF 1.114)
[2] R. Čiegis, V. Starikovičius, S. Margenov, R. Kriauzienė, A Comparison of Accuracy and Efficiency of Parallel Solvers for Fractional Power Diffusion Problems, Springer LNCS, Vol. 10777 (2018), 79-89 (SJR 0.28)
[3] R. Čiegis, V. Starikovičius, S. Margenov, R. Kriauzienė, Scalability Analysis of Different Parallel



Solvers for 3D Fractional Power Diffusion Problems, Concurrency and Computation: Practice and Experience (2019), e5163, https://doi.org/10.1002/cpe.5163 (IF 1.114)
[4] S. Harizanov, N. Kosturski, R. Lazarov, S. Margenov, P. Marinov, Y. Vutov, Numerical Methods for Fractional-in-Space Diffusion Problems, Numerical Methods for Scientific Computations and Advanced Applications, NMSCAA'18, Hisarya, (2018), 50-53
[5] S. Harizanov, R. Lazarov, S. Margenov, P. Marinov, J. Pasciak, Comparison Analysis of Two Numerical Methods for Fractional Diffusion Problems Based on the Best Rational Approximations of τ_γ on $[0, 1]$, in Advanced Finite Element Methods with Applications, Springer LNCSE, Vol. 128 (2019) (to appear) (SJR 0.4)
[6] S. Harizanov, R. Lazarov, P. Marinov, S. Margenov, Y. Vutov, Optimal solvers for linear systems with fractional powers of sparse SPD matrices, Numerical Linear Algebra With Applications, (2018), https://doi.org/10.1002/nla.2167 (IF 1.281)
[7] S. Harizanov, S. Margenov, Positive Approximations of the Inverse of Fractional Powers of SPD M-Matrices, in Control Systems and Mathematical Methods in Economics, Springer LNEMS, Vol. 687 (2018), 147-163 (SJR 0.11)
[8] S. Harizanov, S. Margenov, Comparison Analysis on Two Numerical Solvers for Fractional Laplace Problems, in Advanced Computing in Industrial Mathematics, Springer LNCI, Vol. 793 (2019), 163-176 (SJR 0.18)
[9] D. Slavchev, S. Margenov, Scalability analysis of solvers based on hierarchical compression of dense matrices and Gaussian elimination, Proceedings of International Conference on Numerical Methods for Scientific Computations and Advanced Applications, NMSCAA'18, Hisarya (2018), 68-71
[10] D. Slavchev, S. Margenov, Performance Analysis of Intel Xeon Phi MICs and Intel Xeon CPUs for Solving Dense Systems of Linear Algebraic Equations: Case Study of Boundary Element Method for Flow Around Airfoils, in Advanced Computing in Industrial Mathematics, Springer LNCI, Vol. 793 (2019), 369-381 (SJR 0.18)
[11] D. Slavchev, S. Margenov, Analysis of hierarchical compression parallel solver for BEM problems on Intel Xeon CPUs, Springer LNCS, Vol. 11189 (2019), 466-473 (SJR 0.28)
[12] D. Slavchev, S. Margenov, Performance analysis of hierarchical semi-separable compression solver for fractional diffusion problems, Extended Abstracts, BGSIAM'18 (2018), 97-98



Описание на очакваните резултати по проекта (до 1 стр. в рамките на полето по-долу):

Изпълнението на проекта ще доведе до получаване на нови знания и/или съществено подобряване на съществуващите фундаментални резултати в областта на числените методи и алгоритми за дробно дифузионни задачи. Ще бъде използвана съвременна методология за разработването на ефективни методи за числено решаване на нелокални елиптични и параболични частни диференциални уравнения. Разработването на скалируеми алгоритми е важна и неделима част от очакваните резултати. Ще бъдат използвани подходящо персонално оборудване и специализирана високопроизводителна компютърна научна инфраструктура за валидиране и настройка на програмни реализации на новите алгоритми.

Базовата организация Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН, ще осигурява целеви достъп до суперкомпютър Авитохол за провеждане на паралелни експерименти и изследване на паралелната скалируемост на разработените алгоритми и програмни реализации.

В резултат от изпълнението на проекта се очакват следните по-конкретни резултати:

Разработване на нови методи: Към тази група от резултати спадат анализ на устойчивостта, оценки на грешката, анализ на сходимостта, най-добри равномерни приближения и запазване на масата. Ще бъдат получени нови оценки за най-добри рационални приближения на матрични функции, както и оценки на грешката и анализа на сходимостта при екстремално слаба регулярност на решението.

Разработване на нови алгоритми: Ще бъдат разработени нови алгоритми с асимптотично оптимална изчислителна сложност, както за стационарни, така и за нестационарни задачи. Специално внимание представлява робастността на оптималните алгоритмите. Оценка на паралелното ускорение и паралелната ефективност за хетерогенни паралелни архитектури са отвъд рамките на класическата класификация на Флин.

Изчислителни експерименти: Съвременните научни пресмятания по подразбиране включват представителни числени тестове за моделни задачи с голяма размерност. Едномерни тестове с висока резолюция ще бъдат използвани за изучаване на асимптотичното поведение на теоретичните оценки. Резултатите, свързани с паралелна ефективност и скалируемост на алгоритмите ще бъдат подкрепени с числени експерименти за задачи с много голяма дискретна размерност (брой на неизвестните).

Получените резултати ще бъдат представени на семинари, уъркшопи и авторитетни конференции. Най-добрите от тях ще бъдат публикувани в специализирани списания и поредици. Колективът ще работи за изграждане на научна мрежа с потенциал за създаване на международно призната научна школа.

Целеви индикатор в рамките на проекта: 12 публикации с импакт фактор или импакт ранг, 2 от които в списания в топ 10% в съответната научна област.



Членове на научния колектив

<i>Организации/участници¹</i>	<i>Бележка²</i>
Базова организация:	
Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН	
Ръководител на научния колектив	
чл.-кор. проф. дмн Светозар Маргенов	
Участници:	
проф. дмн Райчо Димитров Лазаров	УЧ
проф. дмн Пьотр Николаевич Вабишчевич	УЧ
проф. хабилитиран д-р Раймондас Чегис	УЧ
доц. Пенчо Генов Маринов	
гл. асист. д-р Станислав Николаев Харизанов	
д-р Явор Иванов Вутов	ПД
маг. Никола Иванов Костурски	
маг. Димитър Георгиев Славчев	МУ

¹ Отбележете академичната длъжност, научната степен, име и фамилия на всеки участник като включите и участниците, които са работили по проекта не през целия период за изпълнение на проекта

² Отбележете дали участникът в колектива е млад учен (МУ), постдокторант (ПД), докторанти (ДО) или студенти (СТ), или учен от чужбина (УЧ).



Постигнати резултати от изпълнението на проекта и кратък анализ на тяхната приложимост (до 1 стр. в рамките на полето по-долу)

В резултат от изпълнението на работната програма са постигнати следните резултати:

Разработване на нови методи:

Предложен е нов клас методи за числено решаване на уравнения с дробна степен на елиптическия оператор (дробна дифузия) при спектрална формулировка на задачата. Те се основават на най-добро приближение с рационални функции: Best Uniform Rational Approximation (BURA). Доказана е експоненциална оценка на грешката на BURA методите относно степента на рационалната функция. Изследвана е устойчивостта на метода на Ремез за намиране на BURA приближения. Доказана е монотонност на BURA приближението (дискретен принцип за максимума) при апроксимация на елиптическия оператор с метод на крайните разлики. Анализирани са сходимостта на метода при слаба регулярност на решението. За класове десни части и гранични условия (данни), задачата няма решение при малки степени на дробната степен на оператора на дифузия. Получените резултати са публикувани в работи [4-6, 8].

Разработване на нови алгоритми: Разработени са алгоритми за реализация на BURA методите с оптимална изчислителна сложност. Показани са преимуществата на BURA методите в сравнение с известни до момента други методи за този тип задачи. В случая на интегрална формулировка на задачата с потенциал на Риц са изследвани алгоритми (вкл. с почти оптимална сложност) за решаване на линейните системи с плътна матрица. Анализирани са паралелното ускорение и ефективност при прилагане на различни техники за паралелна реализация, както и за различни архитектури на паралелните изчислителни системи. Получените резултати са публикувани в работи [1-3, 9-12].

Изчислителни експерименти: Всички теоретични резултати са подкрепени с числителни експерименти. Едномерните тестове с висока резолюция са използвани за изучаване на асимптотичното поведение на теоретичните оценки. Специално внимание заслужават експериментите с локално съгъстяване на мрежата на дискретизация. Резултатите, свързани с паралелна ефективност и скалируемост на алгоритмите са подкрепени с двумерни и тримерни експерименти за задачи с много голям брой неизвестни (степени на свобода). Числителни експерименти са публикувани в работи [1-4, 6-8, 10-11].

Разработените нови числени методи за първи път създават възможност за решаване на широк кръг реални задачи с приложения в науката и техниката, включващи дробна дифузия (супер-дифузия) в тримерни области със сложна геометрия.

Резултатите са представени в 10 доклада на авторитетни научни форуми. Членове на колектива са съорганизатори на две специални сесии по темата на проекта в рамките на авторитетни международни конференции с участие на учени от Австрия, Алжир, България, Великобритания, Испания, Италия, Китай, Русия, Финландия, Хонконг, Швеция.

Научни публикации: 12, в това число 3 с импакт фактор (IF) и 6 с импакт ранг (SJR).