

2021-2023 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру жобасы

Жобаның атауы: AP09258836 Аномальды диффузияның дифференциалдық математикалық модельдері үшін сандық алгоритмдерді құру.

Жобаның жалпы қаржысы: 49 000 000 теңге.

Жоба жетекшісі: ф.-м.ғ.к., профессор м.а. Сұлтанов Мұрат Әбідқадырұлы.

Тақырыптың өзектілігі: Соңғы бірнеше онжылдықта бөлшекті дербес туындылы дифференциалдық теңдеулерді зерттеу қарқынды жүргізіліп келеді. Бөлшек туындылы дифференциалдық теңдеулер аномальды диффузияның көптеген құбылыстарын және жад эффектісі басым болатын процесстерді дәл сипаттайтындығына байланысты. Жүйенің уақыт бойынша босаңсу жылдамдығы анықтаушы теңдеудегі туындылардың ретімен байланыстырылады, бұл бөлшек туындылы дифференциалдық теңдеуге алып келеді. Бөлшекті теңдеулерді шешудің сандық әдістерінің есептеу шығындары бөлшекті туындылардың локальды емес қасиеттеріне байланысты жоғары болады. Сондықтан бөлшек туындылы дифференциалдық теңдеулерді шешудің тиімді сандық әдістері мен есептеу алгоритмдерін құрудың маңызы зор.

Тақырыптың мақсаты: Бөлшекті дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер үшін Parareal әдісін жалпылау, уақыт бойынша бөлшек туындылы диффузия теңдеуі үшін бастапқы-шеттік және коэффициенттік кері есептердің жаңа қойылымдары үшін сандық алгоритмдерді құру және зерттеу.

Қол жеткізілген нәтижелер:

Уақыт бойынша бөлшек туындылы бірөлшемді диффузия теңдеуі үшін бастапқы-шеттік есепті шешу үшін есептеу алгоритмдері құрылды. Алгоритм дәлдік реті уақыт бойынша бірінші және кеңістік бойынша екінші болған айқындалмаған ақырлы-айырымдық аппроксимациялау схемасына негізделген. Уақыт бойынша бөлшек туындылы көпөлшемді дифференциалдық теңдеу үшін бастапқы-шеттік есептің айқын шешімі құрылды.

Бірөлшемді бөлшекті диффузия теңдеуі үшін тура есептерді шешудің параллель алгоритмдері құрылды. Ең шығынды амалдар параллельденген: процесстің толық тарихы бойынша интегралдауды қажет ететін сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесінің оң жағын, және үдемелі жоғары релаксация әдісінде пайдаланылатын матрицалық-векторлық көбейтулерді есептеу.

Уақыт бойынша бөлшек туындылы диффузия теңдеуі үшін бастапқы-шеттік есепті шешудің параллельді алгоритмдері OpenMP параллельді бағдарламалау технологиясын қолдана отырып, көп ядролы процессорларға арналған C++ тілінде бағдарлама түрінде жүзеге асырылған. Есептеу эксперименттері жүргізіліп, 8 ядролық процессорды пайдалану кезінде 2.5 есе жеделдетуге қол жеткізілді.

Уақыт бойынша бөлшек туындылы бірөлшемді диффузия теңдеуі үшін бастапқы-шеттік есепті шешудің сандық алгоритмдерінің орнықтылық және жинақтылық шарттары алынды. Пайдаланылатын айқындалмаған ақырлы-айырымдық схема шартсыз орнықты болатындығы көрсетілген. Үдемелі жоғары релаксация әдісінің параметрлеріне әдіс жинақты болатын қажетті шарттар алынған.

Зерттеу тобының мүшелері:

№	Аты-жөні	Scopus Author ID	Researcher ID	ORCID	Ескерту
1	М.А.Сұлтанов	57189056487	Web of Science ABH-5832-2020	https://orcid.org/0000-0002-0068-0996	
2	Б.Т.Калимбетов	55335181600	Web of Science AAS-4372-2020	https://orcid.org/0000-0001-9294-2473	
3	Р.Ж.Туребеков	57212445274			
4	А.М.Егенова	57192406727			
5	Е.Нұрланұлы				
6	П.С.Әмзе				

2021 жылғы күнтізбелік жоспарға сәйкес жарияланған жұмыстардың тізімі

1. Sultanov, M.A., Durdiev, D.K., Rahmonov A.A. Construction of an explicit solution of a time-fractional multidimensional differential equation // Mathematics, 2021, 9(17), 2052. (Web of Science, квартиль – Q1, импакт фактор – 2.258, Scopus, CiteScore – 2.2, процентиль – 80 %). <https://doi.org/10.3390/math9172052>.

2. Султанов М.А., Мисилов В.Е., Нурланулы Е. Параллельный алгоритм решения уравнения диффузии с дробной производной по времени // Материалы международной научной конференции «Уфимская осенняя математическая школа-2021», г.Уфа, Россия, 6-9 октября 2021г., стр. 219-2020.

3. M.A. Sultanov, D.K. Durdiev. An explicit solution formula for a multidimensional time-fractional differential equation / /Материалы XIV Международной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики» приуроченной к 90-летию Дагестанского государственного университета, Махачкала, Россия, 16–19 сентября 2021 г, стр. 191-193.