

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Третьякова Андрея Игоревича на тему «Алгоритмы и программы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Актуальность темы исследований

Целью диссертационного исследования А.И. Третьякова является разработка эффективных итерационных алгоритмов нахождения поверхностей раздела сред для графических процессоров на основе градиентных методов решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии и создание системы удаленного выполнения программ, реализующих разработанные алгоритмы, на многопроцессорных вычислительных системах. Тема исследований является актуальной, поскольку в настоящее время в широком спектре научных и практических приложений востребованы высокопроизводительные алгоритмы анализа гравитационных и магнитных полей для получения информации о структурных неоднородностях земной коры и верхней мантии Земли.

2. Научная новизна полученных результатов

Научная новизна результатов, полученных А.И. Третьяковым, заключается в следующем:

1. Разработан новый покомпонентный градиентный метод для решения обратной задачи магнитометрии для случая произвольно направленной намагниченности.
2. Впервые выполнена модификация метода сопряженных градиентов для задач гравиметрии и магнитометрии для случаев двухслойной и многослойной сред на основе использования блочно-теплицевой структуры матриц.

3. Разработаны новые высокопроизводительные и экономичные по памяти параллельные алгоритмы решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации

Эффективность разработанных диссертантом алгоритмов подтверждена результатами вычислительных экспериментов над модельными данными, проведенными в соответствии с общепринятыми стандартами. Надежность разработанного диссертантом веб-портала подтверждена результатами нагрузочного тестирования. Обоснованность научных результатов подтверждается материалами публикаций в рецензируемых научных изданиях, выполненных диссертантом, и зарегистрированными программами. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на 5 всероссийских и международных конференциях и опубликованы в 11 работах, из которых 3 статьи опубликованы в журналах, входящих в Ядро РИНЦ и категории К-1 и К-2 Перечня ВАК, и 5 статей в научных изданиях, индексируемых в библиографических базах Web of Science и Scopus. Получено три свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Практическая значимость результатов диссертации

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что созданы параллельные алгоритмы и программы, которые повышают эффективность численного решения на графических процессорах актуальных в настоящее время задач гравиметрии и магнитометрии, связанных с нахождением поверхностей раздела сред, и разработан веб-портал для прозрачного и массового выполнения пользователями разработанных программ на удаленных многопроцессорных вычислительных системах.

5. Оценка содержания диссертации и ее оформления

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. *В первой главе* диссертант приводит постановки обратных структурных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении поверхностей раздела сред по гравитационным или магнитным данным. Для

повышения точности решения прямой задачи (нахождение магнитного поля для поверхности раздела сред) предлагается новая схема аппроксимации для случая произвольно направленных векторов намагниченности слоев, которая обеспечивает увеличение точности по сравнению с традиционными квадратурными формулами.

Во второй главе основное внимание уделяется разработке эффективных алгоритмов для решения задач, сформулированных в первой главе. Разработанные алгоритмы имеют линейную пространственную сложность за счет использования блочно-теплицевой структуры матрицы производных интегрального оператора. В данном разделе также представлен новый покомпонентный метод решения обратной задачи магнитометрии в случае произвольно направленного вектора намагниченности для одной границы раздела сред.

В третьей главе описывается разработанный комплекс параллельных программ для решения структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах. Представлены результаты вычислительных экспериментов на модельных примерах с использованием реальных гравитационных полей, подтвердившие эффективность разработки. Описан веб-портал, в который интегрированы программы разработанного комплекса, обеспечивающий широкому кругу пользователей прозрачное удаленное выполнение вычислений на многопроцессорных системах посредством веб-интерфейса.

В заключении кратко излагаются итоги выполненного исследования и формулируются основные результаты диссертации, выносимые на защиту, а также рассматриваются направления дальнейших исследований.

В приложение вынесены исходные тексты разработанного комплекса программ.

6. Замечания по диссертации

По содержанию диссертационной работы А.И. Третьякова имеются следующие замечания, не снижающие, однако, общего положительного впечатления от диссертации:

1. Из описания программного комплекса (глава 3) не вполне ясно, задействуются ли в реализации программ комплекса обмены данными на основе стандарта MPI (Message Passing Interface). В частности, если реализация предполагает указанные обмены, необходимо прояснить, сохраняется ли высокая масштабируемость разработанных решений, показанная в экспериментах, при увеличении количества вычислительных узлов кластерной системы. Если же указанные обмены данными не предусмотрены, необходимо прояснить, почему это не доставляет существенных ограничений для пользователей программного комплекса.
2. Не вполне ясно, почему в нагрузочных тестах веб-портала использовался сценарий выполнения задач, при котором нагрузка пользователей портала унифицирована. Более реалистичным кажется вариант сценария, при котором нагрузка пользователей формируется согласно правилу Парето: 80% расчетных задач поступают от 20% пользователей.
3. В описании разработанных комплекса программ и веб-портала диссертант использует устаревшие графические средства (см., например, рис. 3.1 и 3.2). Вместо этого лучше применить де-факто стандартную нотацию языка UML (Unified Modeling Language).
4. В приложении к тексту работы диссертант приводит листинги разработанного программного кода, что видится избыточным. Стандартным подходом в подобных случаях является размещение репозитория с исходными текстами системы в открытом доступе в сети Интернет (например, на порталах GitFlic, GitVerse или GitHub) и добавление соответствующей библиографической ссылки в тексты диссертации и автореферата. Кроме того, вместо полного исходного кода разработанных алгоритмов в приложении основной текст работы украсили бы описания разработанных алгоритмов в виде псевдокода, который без излишних деталей реализации помог бы раскрыть суть алгоритмов.
5. В описании результатов вычислительных экспериментов (раздел 3.5.1) диссертант указывает лишь названия используемых метрик качества

разработанного решения (ускорение и эффективность), но необходимо также дать определяющие их формулы.

6. Одним из выносимых на защиту результатов является разработка веб-портала для выполнения удаленных вычислений. В связи с этим в текстах диссертации и автореферата было бы желательно указать интернет-адрес портала.
7. Текст диссертационной работы не свободен от погрешностей оформления, опечаток и пунктуационных ошибок. Некоторые примеры:
 - 1) в рис. 3.9–3.11, сопровождающих описание тестирования разработанного диссертантом комплекса программ, названия компонентов даны на английском языке без сопровождающего текста на русском языке, поясняющего их семантику;
 - 2) при написании методов и алгоритмов, принадлежащих нескольким авторам, ошибочно используется дефис вместо тире (например, в названиях «Гаусс–Ньютон», «Левенберг–Марквардт» на стр. 7);
 - 3) опечатка в слове «система» (стр. 86), пропущены запятая и завершающая элемент маркированного списка точка с запятой (отмечены далее полужирным шрифтом) в фразе «на суперкомпьютере УРАН, на котором проводились эксперименты, установлены графические ускорители Nvidia Tesla;» (стр. 44).

7. Общая оценка диссертационной работы


Диссертационная работа А.И. Третьякова «Алгоритмы и программы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах» является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая проблема разработки эффективных алгоритмов решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах для нахождения поверхностей раздела сред. Считаю, что диссертационное исследование и полученные в нем результаты по своим актуальности, научной новизне, практической значимости, личному вкладу автора, публикациям в рецензируемых научных изданиях и апробациям на научных конференциях в


полной мере отвечают требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и соответствуют специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а автор диссертации, Третьяков Андрей Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, доцент
Заместитель директора научно-образовательного центра «Искусственный интеллект и квантовые технологии»,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»,
Тел.: +7 (351) 267-90-06, доб. 112
e-mail: mzym@susu.ru
Адрес: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

Цымблер Михаил Леонидович



(подпись)
 01.10.2024

(дата)

