

**ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
Лукьяненко Дмитрия Витальевича
на тему: «Математическое моделирование, численные методы и
комплекс программ для решения трёхмерных обратных задач
магнитометрии» по специальности 1.2.2. – «Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Диссертация Д.В. Лукьяненко посвящена разработке методов решения трёхмерных обратных задач магнитометрии. Основное внимание в работе уделено особенностям практического счёта, которые возникают при решении прикладных трёхмерных обратных задач, сводящихся к необходимости решения больших переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей. Такие особенности связаны с зачастую чрезвычайно большим временем счёта, влиянием на результат вычислений ошибок машинного округления и нюансам организации вычислений на суперкомпьютерных системах. Таким образом, высокая актуальность направления выполненных исследований сомнений не вызывает.

Диссертация Д.В. Лукьяненко состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы.

В первой главе рассматриваются различные постановки обратных задач магнитометрии. Эти постановки связывают между собой данные экспериментальных измерений компонент вектора индукции и/или компонент тензора градиентов компонент индукции магнитного поля с намагниченностью или магнитной восприимчивостью исследуемого объекта. Рассматриваемые постановки отличаются степенью физической переопределённости решаемых обратных задач. Также в этой главе содержится обзор литературы по теме исследования.

Во второй главе рассматриваются основные подходы к математическому моделированию решений в прикладных трёхмерных

обратных задачах магнитометрии, учитывающие особенности самых распространённых на практике прикладных задач такого типа. Так, сначала рассматривается тип задач, в которых объект является «движимым», в результате чего вспомогательная задача предобработки экспериментальных данных является достаточно простой. Далее рассматриваются обратные задачи геологоразведки в недрах Земли. Для таких задач применимы отработанные в геофизике методы выделения из экспериментальных данных необходимых для расчётов параметров магнитного поля. Затем рассматриваются проблемы геологоразведки в недра. Ряд таких задач для выделения необходимых для расчётов параметров магнитного поля требует решения вспомогательной обратной задачи, численная размерность которой больше, чем численная размерность «основной» задачи.

В третьей главе показывается, как решаемые прикладные обратные задачи магнитометрии сводятся к решению больших переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей. Затем обсуждается способ учёта ошибок машинного округления при построении критерия прекращения итерационного процесса в градиентных методах решения таких систем, что существенно улучшить качество решения прикладных задач минимизации, чувствительных к накапливающимся ошибкам машинного округления.

В четвёртой главе описывается программный комплекс решения обратных задач магнитометрии с использованием технологии параллельного программирования MPI. Основная часть главы посвящена вычислительному ядру программного комплекса, а именно параллельной реализации с помощью технологии MPI алгоритма решения систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей с учётом ошибок округления. Описываются различные подходы к построению параллельной реализации алгоритма и его программной реализации с учётом возможностей динамично развивающихся стандартов MPI. Следует отметить глубокую методическую проработанность соответствующего материала, что позволяет

рассматривать его как готовую часть, крайне востребованого в настоящее время, учебника высокого уровня по разработке параллельных алгоритмов и приложений. Рассмотренные в главе примеры программ написаны с использованием языка программирования Python, что, наряду с аргументированно представленными возможностями портирования на высокопроизводительные языки программирования C/C++/Fortran, дополнительно усиливает практическую и методическую ценность выполненных исследований. Демонстрируется то, как возможности языка программирования Python позволяют достаточно просто использовать соответствующие технические решения в рамках рассматриваемого класса прикладных задач, в том числе для решения на гибридных вычислительных системах оснащённых графическими ускорителями. Созданный программный комплекс имеет открытый код и подробное описание, что позволяет модифицировать и применить его для решения широкого класса прикладных задач.

Вынесенные на защиту положения в должной мере обоснованы теоретическими оценками и результатами многочисленных выполненных соискателем вычислительных экспериментов. Полученные результаты обладают высокой научной достоверностью и новизной. Представленный анализ и рекомендации по применения различных технологий создания параллельных программ представляют высокий интерес. Они обладают значительной практической ценностью, как в научном плане, так и с точки зрения формирования методической базы для подготовки кадров высшей квалификации в области разработки параллельных алгоритмов и программ для решения задач линейной алгебры и математической физики.

Текст диссертации не лишён ряда недостатков.

1. Текст главы 4 можно было бы сократить, в частности, за счёт исключения ряда избыточных повторов. Например, параграф на странице 148 содержательно повторяет текст, начинающийся на странице 145. При этом не отмечено обстоятельство, отличающее

соответствующие алгоритмы, а именно - меньший ресурс использования кеш памяти процессора у одного из них.

2. Целесообразно было полнее описать принципы анализа производительности в случае слабой масштабируемости, обсуждаемой на странице 175, пояснив происхождение степени $1/3$ в выражениях для M , N и s .
3. На страницах 198 и 199 приведены графики эффективности и времени выполнения программ, число вычислительных узлов n на которых линейно меняется от 1 до 15. Однако ранее многократно подчёркивалось, что число MPI процессов должно быть квадратом натурального числа. Более того, на той же странице 199 присутствуют выражения содержащие корень из n . Данное обстоятельство требует дополнительных пояснений.
4. На странице 187 присутствует утверждение «... накладных расходов [при использовании MPI] будет больше по сравнению с технологией OpenMP». В общем случае ситуация может оказаться обратной, в силу большей подверженности многонитевых приложений эффекту замедления обработки за счёт обработки несколькими нитями данных, расположенных в смежных адресах оперативной памяти.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Лукьяненко Дмитрий Витальевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор,
заместитель директора по научной работе
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Якобовский Михаил Владимирович

11.06.2024

Контактные данные:

тел.: 7(499)220-7867, e-mail: lira@imamod.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес места работы:

125047, Москва, Миусская пл., д.4, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский
центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской
академии наук"

Тел.: +7 499 978-13-14; e-mail: office@keldysh.ru

Подпись сотрудника М.В. Якобовского
удостоверяю:
Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
к.ф.-м.н.

Давыдов Александр Александрович

