

**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 трехмерных обратных задач магнитометрии»
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»**

Диссертация Д.В. Лукьяненко посвящена разработке методов математического моделирования, численных методов и комплексу программ, который реализует эти методы, для решения прикладных трёхмерных обратных задач магнитометрии. Основное внимание в работе уделено разработке численных методов решения обратных задач для трёхмерных интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода и их программной реализации, адаптированной под использование на современных суперкомпьютерных вычислительных системах. Актуальность избранной темы заключается в том, что теория решения некорректно поставленных обратных задач для интегральных уравнений до сих пор не учитывает многие технические особенности практического счёта, которые возникают при решении прикладных трёхмерных задач, сводящихся к необходимости решения больших переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей. Такие особенности связаны с чрезвычайно большим временем счёта, влиянием на результат вычислений ошибок машинного округления (влияние которых может быть особенно заметно при решении трёхмерных задач) и нюансам организации вычислений на суперкомпьютерных системах.

Тема диссертации и её содержание соответствуют отрасли физико-математических наук, специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

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

Первая глава является вводной. Она содержит предварительные сведения и обзор литературы по теме исследования. В частности, в этой главе рассматриваются различные постановки обратных задач магнитометрии, которые 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.

Во второй главе рассматриваются основные подходы к математическому моделированию решений трёхмерных обратных задач магнитометрии, учитывающие особенности самых распространённых на практике прикладных задач такого типа. Основным результатом этой главы является то, что рассмотренные методы могут быть использованы для решения практически любых обратных задач магнитометрии – начиная от задач по определению параметров намагниченности небольших локализованных объектов и заканчивая задачами по определению параметров намагниченности коры планет и других тел Солнечной системы.

В третьей главе обратные задачи магнитометрии сводятся к решению больших переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей. Обсуждается способ учёта ошибок машинного округления при построении критерия прекращения итерационного процесса в градиентных методах решения таких систем. Такой подход позволяет:

- 1) улучшить качество решения прикладных задач минимизации, решение которых требует значительных объёмов вычислений и, как следствие, может быть чувствительно к накапливающимся ошибкам машинного округления,

- 2) экономить вычислительные ресурсы.

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 переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей с учётом ошибок округления. Описываются различные подходы к построению параллельной реализации алгоритма и его программной реализации. Созданный программный комплекс имеет открытый код и подробное описание, в связи с чем он может быть применён или модифицирован для решения широкого класса прикладных обратных задач.

Список литературы достаточно полон и содержит основные источники, использованные в процессе исследования.

Все сформулированные в диссертации утверждения, их обоснование и заключительные выводы корректны. Они согласуются с известными результатами в области решения некорректно поставленных обратных задач. Цитирование работ других авторов полное. Диссертация содержит все необходимые библиографические ссылки, имеющие отношение к её теме.

Результаты диссертации носят практический характер и относятся к области решения прикладных обратных задач науки и техники.

Научная значимость результатов диссертации Д.В. Лукьяненко заключается в разработке методов, которые позволяют решать как обширный класс обратных задач магнитометрии, так и многие другие трёхмерные обратные задачи, решение которых сводится к необходимости решения больших систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей. При этом эти методы учитывают возможности суперкомпьютерных вычислительных систем с распределённой памятью.

Практическая значимость результатов диссертации Д.В. Лукьяненко заключается в том, что предложенные методы могут быть использованы для решения практически любых обратных задач магнитометрии – начиная от задач по определению параметров намагниченности небольших локализованных объектов и заканчивая задачами космического масштаба по определению параметров намагниченности коры планет и других тел

Солнечной системы. В случае исследования небольших объектов предложенные методы позволяют локализовывать их месторасположение в пространстве (если в них есть некоторая доля магнитных масс), что, фактически, является задачей магнитной локации. Знание параметров намагниченности в задачах магниторазведки позволяет, при определённых условиях, получать информацию о типах залегающих в недрах планет пород, в том числе полезных ископаемых. Разработанные для решения такого типа задач численные методы и их программные реализации могут быть применены также и при решении задач из совершенно других областей науки и техники, если решение соответствующих задач сводится к решению больших переопределённых систем линейных алгебраических уравнений с плотно заполненной матрицей.

В диссертации Д.В. Лукьяненко решён ряд трудных задач по адаптиванию численных методов решения некорректно поставленных задач на современных суперкомпьютерных системах, что особенно важно при решении трёхмерных обратных задач (в частности, обратных задач магнитометрии) – уже одно это даёт достаточное основание квалифицировать представленную диссертацию как докторскую. В ней систематически развито новое научное направление, позволяющее изучать построение эффективных численных методов решения некорректно поставленных обратных задач, адаптированных под использование суперкомпьютерных систем. Считаю, что совокупность результатов, полученных в диссертации, вносит существенный вклад в практические методы решения некорректно поставленных обратных задач.

Таким образом, представленная диссертация Д.В. Лукьяненко даёт убедительные основания считать, что научная квалификация соискателя соответствует учёной степени степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Основные положения и результаты диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах. Диссертацию отличают хороший стиль, чёткое изложение результатов и образцовое оформление. Автореферат диссертации правильно и полно отражает её содержание и основные положения, выносимые на защиту.

Замечания по диссертации. В тексте диссертации имеется некоторое количество описок, но все они легко восстанавливаются по контексту. Также недостаточно подробно изложены некоторые результаты. Например, в разделе 3.2.6 лишь вскользь упоминается про влияние ошибок машинного округления на выбор параметра регуляризации. Было бы хорошо снабдить соответствующие выводы иллюстрирующими примерами.

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, профессор, член-корреспондент РАН

Директор Международного Математического Центра
Института Математики им. С.Л. Соболева СО РАН
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской
академии наук (ИМ СО РАН)

Кабанихин Сергей Игоревич

04.06.2024

— —

Контактные данные:

тел.: 7(913)910-34-78, e-mail: kabanikh@math.nsc.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
Защищена диссертация:
01.01.07 – Вычислительная математика

Адрес места работы:

630090, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, д. 4,
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН
Международный Математический Центр
Тел.: 8 (383) 333-25-93; e-mail: im@math.nsc.ru

Подпись сотрудника ИМ СО РАН С.И. Кабанихина
удостоверяю:

4