

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

Диссертация Д.Л. Лукьяненко посвящена исследованию обратных трехмерных задач магнитометрии, которое включает: постановку серии задач, различных как по восстанавливаемым характеристикам, так и по используемым экспериментальным данным, разработку устойчивых к погрешностям алгоритмов, построение численных процедур и их программную реализацию при решении задач безусловной квадратичной минимизации большой размерности. Рассматриваемые автором постановки задач магнитометрии описываются трехмерными интегральными уравнениями Фредгольма первого рода, которые относятся к числу некорректно поставленных по Адамару задач. Поэтому автор после дискретной аппроксимации интегрального уравнения использует вариационный метод Тихонова для сведения плохо обусловленной системы линейных уравнений к задаче безусловной квадратичной минимизации сильно выпуклой функции, для которой оправданно применяет эффективный метод сопряженных градиентов.

Отказ от решения больших, как правило, переопределенных систем линейных уравнений с плотно заполненной матрицей прямыми методами и переход к задаче минимизации сильно выпуклой квадратичной функции позволяет автору диссертации, во-первых, использовать все преимущества современных технологий параллельного программирования итерационного процесса, а во-вторых, программно реализовать оригинальный метод учета влияния ошибок машинного округления, тем самым минимизировать затраты машинного времени и контролировать накопление ошибок.

Безусловно удачным решением автора диссертации является использование в качестве входной (экспериментальной) информации градиентов компонент магнитной индукции вместо традиционной постановки, в которой используются измерения компонент вектора индукции магнитного поля, порождаемого искомым объектом. По его мнению подход, основанный на применении такого типа экспериментальной информации, обладает существенным преимуществом перед классическим подходом и до сих пор не использовался при решении обратных задач магнитометрии.

Анализ подходов автора работы к решению обратных трехмерных задач магнитометрии показывает, что диссертационная работа Д.В.Лукьяненко содержит **оригинальные идеи, новые технологии** практически любых обратных постановок задач магнитометрии. Сама по себе разработка надежных алгоритмов решения больших систем линейных уравнений с плотно заполненной матрицей – **актуальная задача** вычислительной математики, тем более, если речь идет о методах с контролем влияния ошибок округления для систем, полученных в результате решения важного класса обратных некорректно поставленной задач математической физики, имеющей очевидный выход в приложения. Причем, по-видимому, впервые для различных постановок обратных задач магнитометрии автором реализованы в форме пакета программ итерационные алгоритмы с использованием современного стандарта технологии параллельного программирования MPI.

Обратимся к более подробному изложению содержания диссертации по главам. В главе 1 рассматриваются два класса задач. В первом из них необходимо восстановить вектор намагниченности по каждому из трех наборов данных: компоненты вектора индукции, компоненты тензора градиентов компонент магнитной индукции и полные магнито-градиентные данные. Во втором наборе решается задача восстановления магнитной восприимчивости по тем же экспериментальным данным. Все эти постановки

обратных задач, кроме первой, обладают свойством физической переопределенностью.

Глава 2 посвящена важному этапу при решении обратных прикладных задач магнитометрии – предварительной обработке экспериментальных данных, т.е., например, для первой постановки это выделение из экспериментально измеренного поля V его составляющей $V(f)$, индуцируемой искомым магнитным объектом. Обсуждаются три случая: объект исследования является “движимым”, объект находится в недрах Земли и объект расположен в приповерхностном слое планет солнечной системы. Приводятся результаты решения задачи с натурными данными, измеренными на разных высотах для района Северного Китая, а также результаты восстановления намагниченности Марса, для которого не требуется предварительной обработки магнитных данных.

В главе 3 излагаются вопросы построения численных методов решения обратных задач магнитометрии и разработки комплекса программ для их компьютерной реализации. Численный алгоритм содержит следующие этапы: 1) выбор подходящего стабилизатора и применение тихоновской регуляризации к плохо обусловленной системе линейных алгебраических уравнений, полученной в результате дискретной аппроксимации трехмерного интегрального уравнения Фредгольма; 2) применение метода сопряженных градиентов к безусловной квадратичной минимизации с использованием современных технологий параллельного программирования и процедур повышения эффективности алгоритма, предложенных автором. В частности, им предложен алгоритм контроля накопления ошибок машинного округления, который позволяет оптимизировать выбор номера останова базового итерационного процесса по сравнению с теоретически обоснованным критерием прекращения итерационного процесса. Причем этапы вычислений, связанных с учетом ошибок округления совмещены с этапом вычислений в основном алгоритме, что экономит время вычислений.

Глава 4 содержит подробное описание особенностей параллельной реализации, представленного в диссертационной работе алгоритма решения широкого класса обратных задач магнитометрии.

Подведем итог. Для решения некорректно поставленных обратных задач магнитометрии исследованы основные математические постановки, выделены наиболее информативные типы экспериментальных данных и численно подтверждена их эффективность. Использование теоретически обоснованных методов решения некорректно поставленных задач и эффективных численных процедур с контролем ошибок машинного округления, а также анализ выполненных численных экспериментов дают основание для утверждения о **достоверности** полученных результатов и **обоснованности** основных положений, вынесенных на защиту. Содержание диссертации Д.В.Лукияненко соответствует специальности “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ” в части ее направлений: разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

Замечаний по содержанию диссертации нет. Работа написана добротным языком и ясным стилем. 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

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,
главный научный сотрудник наук Отдела некорректных задач анализа и приложений Института математики и механики им. Н.Н.Красовского Уральского отделения Российской академии наук
“ Федерального государственного бюджетного учреждения науки .”

Васин Владимир Васильевич

03. 06. 2024

Контактные данные:

тел.: +7(912)2842166, e-mail: vasin@imm.uran.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:
01.01.07 – вычислительная математика

Адрес места работы:

620108, г.Екатеринбург , ул. С. Ковалевской , д.16.
Институт математики и механики им. Н.Н.Красовского Уральского
отделения Российской академии наук (УрО РАН), Отдел некорректных задач
анализа и приложений
Тел.:+7(343)3742581; e-mail: secretary@imm.uran.ru

Подпись сотрудника Института математики и механики УрО РАН В.В.Васина
удостоверяю
Зав. отделом кадров

Е.Б.Власова

03. 06.2024