

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИВМиМГ СО РАН,

член-корреспондент РАН

С. И. Кабанихин

2017 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Владимира Евгеньевича Мисилова

«Итерационные методы и параллельные алгоритмы решения  
нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ

В диссертационной работе В. Е. Мисилова предлагаются и исследуются экономичные итерационные методы решений нелинейных уравнений, описывающих структурные обратные задачи гравиметрии и магнитометрии о восстановлении поверхностей раздела слоев в горизонтально-слоистой среде,

разрабатываются параллельные алгоритмы с реализацией для многоядерных процессоров.

**Актуальность работы** обусловлена тем, что структурные обратные задачи гравиметрии и магнитометрии используются при исследовании строения земной коры, при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых. Задачи описываются нелинейными интегральными уравнениями первого рода и являются некорректными задачами. Важной задачей является разработка программных средств для быстрой обработки данных на сетках большой размерности. Одним из направлений уменьшения времени расчетов и повышения эффективности решения задач является разработка, исследование и реализация быстрых, экономичных и устойчивых численных методов и алгоритмов.

Кратко охарактеризуем **содержание** диссертации. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении дается общая характеристика работы.

В первой главе приводятся постановки обратных задач о восстановлении поверхностей раздела слоев по гравитационным либо магнитным данным. Формулируются обратные задачи гравиметрии и магнитометрии о восстановлении одной поверхности по гравитационному либо магнитному полю, значению разности плотности либо намагниченности на поверхности и глубине залегания поверхности. Приводится подробный способ получения уравнения обратной задачи магнитометрии о восстановлении одной поверхности для случая произвольно направленного вектора суммарной намагниченности. Приведены уравнения задач о восстановлении нескольких поверхностей раздела слоев. Показано, что задачи описываются нелинейными интегральными уравнениями первого рода и после

дискретизации области и аппроксимации интегрального оператора сводятся к решению нелинейных алгебраических уравнений большой размерности.

Вторая глава посвящена разработке оригинальных методов и алгоритмов решения уравнений, приведенных в первой главе. Построены экономичные по числу арифметических операций и затратам процессорного времени алгоритмы решения задач о восстановлении одной поверхности раздела слоев: линейризованный метод сопряженных градиентов, покомпонентный градиентный метод и их регуляризованные варианты. Для решения задач о восстановлении нескольких поверхностей раздела слоев предлагается алгоритм, основанный на применении построенных в работе градиентных методов с переменными весовыми множителями: метод наискорейшего спуска, метод минимальной ошибки, модифицированный метод наискорейшего спуска, модифицированный метод сопряженных градиентов.

Третья глава диссертации посвящена описанию структуры программного комплекса, реализующего алгоритмы и методы, разработанные во второй главе. Описывается построение параллельных алгоритмов и разработка программ для многоядерных процессоров. Даются рекомендации по использованию различных методов для разных классов задач. Описываются проведенные численные эксперименты, проведенные как для проверки работоспособности предлагаемых в работе алгоритмов, так и для сравнения предлагаемых алгоритмов с традиционными.

### **Основные результаты диссертации:**

1) Для решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении одной поверхности раздела слоев предложены и исследованы новые менее затратные по количеству арифметических операций и затратам



оперативной памяти регуляризованные алгоритмы и методы. Предложен алгоритм решения задачи о восстановлении одной поверхности для случая произвольно направленного вектора суммарной намагниченности на основе построенного линеаризованного метода сопряженных градиентов.

2) Для решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении нескольких поверхностей предложен новый алгоритм, основанный на построенных градиентных методах с переменными весовыми множителями. Предложены различные способы выбора весовых множителей.

3) Создан программный комплекс, реализующий разработанные в диссертации алгоритмы и методы на многоядерных процессорах. С использованием данного комплекса проведен ряд вычислительных экспериментов для задач с модельными и реальными данными.

Можно утверждать, что перечисленные выше основные результаты диссертационной работы являются новыми, оригинальными и имеют теоретическую и практическую значимость.

### **Замечания и рекомендации по диссертационной работе**

1. Численные расчеты представлены с различными параметрами  $\psi$  (управляющий параметр) и  $\alpha$  (параметр регуляризации). В тексте указано, что параметры подбираются экспериментально, но не понятно, как одновременный выбор двух параметров влияет на невязку.
2. Предлагается два способа выбора весовых множителей  $\gamma_i$ . В численных расчетах не указано, какой из способов выбирается и какие преимущества и недостатки есть у каждого из них.
3. В тексте присутствуют стилистические ошибки и опечатки.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают высокого научного уровня и значимости представленной работы.

### **Заключение**

Диссертация в целом представляет собой законченный этап научного исследования, посвященного решению актуальных задач в применении к практически важным геофизическим моделям. Достоверность результатов подтверждается хорошо согласующимися между собой многочисленными вычислительными экспериментами, проведенными различными методами.

Комплекс параллельных программ был применен для решения обратных задач гравиметрии совместно с сотрудниками Института геофизики УрО РАН.

Важно отметить, что разработанные в диссертационной работе и апробированные в расчетах параллельные алгоритмы могут быть эффективно использованы при численном решении ряда прикладных задач, описываемых интегральными уравнениями с другими ядрами.

При решении модельных задач на многоядерном процессоре достигнута эффективность параллельных программ, близкая к единице.

Отметим, что результаты диссертации с достаточной полнотой опубликованы в 19 печатных работах, из них 7 — в изданиях, проиндексированных базами Scopus и Web of Science, что говорит о значительном объеме проделанной автором работы и признании результатов на международном уровне.

Материалы диссертации успешно прошли апробацию на российских и международных конференциях.

Автореферат правильно и полно отражает содержание работы.

Учитывая научную и практическую значимость полученных автором результатов, считаем, что диссертационная работа В. Е. Мисилова «Итерационные методы и параллельные алгоритмы решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии» удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

И.о. зав. лабораторией математических

задач геофизики, д.ф.-м.н.

Х.Х. Имомназаров

Специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

*Имомназаров Холматжон Худайназарович*

*ИВМиМГ СО РАН, пр-т Лаврентьева, 6,*

*Новосибирск, 630090, тел. (383) 330-83-52*

*Согласен на включение своих персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета Д 212.285.25*

Диссертация, автореферат и отзыв рассмотрены и обсуждены на межлабораторном семинаре «Математические проблемы геофизики» Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, исследования, которые проводятся в лабораториях института (лаборатория математических задач геофизики, лаборатория численного моделирования сейсмических полей)



геофизики, лаборатория численного моделирования сейсмических полей) соответствуют тематике диссертации. Отзыв одобрен в качестве отзыва ведущей организации 14 марта 2016 года, протокол № 7

Секретарь семинара



В.Н. Мартынов

*Мартынов Валерий Николаевич*

*ИВМиМГ СО РАН, пр-т Лаврентьева, 6,*

*Новосибирск, 630090, тел. (383) 330-60-46*

*Согласен на включение своих персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета Д 212.285.25*

Авторы отзыва согласны на использование, обработку и передачу их персональных данных в соответствии с требованиями Минобрнауки России.