

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Третьякова Андрея Игоревича

«Алгоритмы и программы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность темы исследований.

Обработка и анализ геофизических данных о строении земной коры и верхней мантии представляет собой сложную проблему с научно-технической точки зрения, решение которой включает, в том числе, использование методов математического моделирования и численного анализа. В свете стремительного развития многопроцессорной вычислительной техники появляется возможность улучшить качество прогноза геофизических неоднородностей в земной коре за меньшие временные затраты.

Диссертационная работа Третьякова А.И. посвящена разработке высокопроизводительных параллельных алгоритмов решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии с целью нахождения поверхностей раздела сред посредством градиентных методов минимизации нелинейных функционалов, реализации предложенных алгоритмов в виде комплекса программ для графических ускорителей, созданию системы удаленных вычислений для запуска разработанных программ на многопроцессорных системах.

В силу вышеизложенного, актуальность темы диссертационной работы Третьякова А.И. не вызывает сомнений.

Краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе диссертации приводятся постановки обратных структурных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении поверхностей раздела сред по гравитационным либо магнитным данным. Рассматриваемые в

диссертационной работе задачи сводятся к решению нелинейных уравнений. Построена схема аппроксимации интегрального оператора прямой задачи нахождения магнитного поля для поверхности раздела сред в случае произвольно направленных векторов намагниченности слоев, увеличивающая точность аппроксимации интегрального оператора по сравнению с квадратурными формулами.

Во второй главе построены и исследованы численные алгоритмы решения обратных задач, рассмотренных в первой главе. Предложен метод для решения обратной задачи магнитометрии в случае произвольно направленного вектора намагниченности для одной границы раздела сред. Метод относится к подклассу, так называемых, покомпонентных методов. Здесь же исследованы новые экономичные модификации алгоритмов решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на основе метода CG с учетом блочно-теплицевости структуры матрицы производных интегрального оператора. Показано, что вычислительная сложность алгоритмов, использующих блочно-теплицевую структуру матрицы, уменьшается на порядок.

В третьей главе описан разработанный комплекс параллельных программ решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на GPU, протестированный на модельных задачах с использованием реальных гравитационных полей. С целью обеспечения возможности удаленных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах разработан WEB портал. Комплекс численных программ для решения поставленных обратных задач успешно интегрирован в WEB портал.

В заключении приводятся основные выводы по теме диссертации.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем.

1. Для решения обратной задачи магнитометрии о восстановлении поверхности раздела сред, в рамках модели двухслойной среды с произвольно направленными векторами намагниченности слоев, предложен покомпонентный

метод, учитывающий поправку на отклонение от вертикали вектора разности намагниченности слоев.

2. На основе метода сопряженных градиентов построены экономичные по памяти (с пространственной сложностью $O(n)$) алгоритмы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении поверхностей раздела сред, учитывающие блочно-теплицевую структуру матриц производных конечномерных аппроксимаций интегральных операторов.

3. Разработан комплекс эффективных параллельных алгоритмов и программ решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии с применением высокопроизводительных графических ускорителей, апробированный с помощью математического моделирования для квазиреальных данных с целью обоснования применимости предлагаемого подхода.

4. Разработан веб-портал для выполнения удаленных вычислений с возможностью запуска комплекса программ на многопроцессорных вычислительных системах.

Обоснованность научных результатов подтверждается материалами публикаций, выполненных автором. По теме диссертации в рецензируемых научных изданиях автором опубликовано 11 печатных работ, 3 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 5 – в научных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 – в научных изданиях, индексируемых в РИНЦ. Получены три свидетельства в Роспатенте и РОСРИДе о регистрации программ для ЭВМ.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработанные и апробированные в расчетах параллельные алгоритмы и программы могут быть эффективно использованы при численном решении на графических процессорах обратных задач теории потенциала: задач гравиметрии и магнитометрии о нахождении поверхностей раздела.

Апробация работы. Все положения диссертационной работы докладывались и обсуждались автором на научных конференциях (международных и всероссийских) и семинарах в профильных институтах.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Достоверность и обоснованность проведенных исследований обеспечивается достаточным количеством выполненных численных экспериментов, выбором теоретически обоснованных численных методов и корректным их применением, использованием синтетических данных для тестирования разрабатываемых алгоритмов, использованием реальных данных для проверки работоспособности предложенных методов и комплексов программ. Также достоверность полученных результатов подтверждается публикациями основных результатов диссертации в рецензируемых изданиях и докладами на конференциях.

Замечания по диссертационной работе, не снижающие общего высокого уровня исследования.

1. На стр. 31 для итерационного процесса (2.1) нет пояснений относительно того, как выбирать демпфирующий множитель.
2. В работе не сказано, как именно вычисляется матрица производных $A'(z)$: численно или аналитически.
3. Для градиентных методов на каждой итерации необходимо рассчитывать скалярные произведения и нормы векторов, данная операция требует значительной синхронизации параллельных вычислений. Какая оптимизация была предпринята для уменьшения влияния данного класса операций на эффективность распараллеливания ?

Общая оценка диссертационной работы. Диссертация Третьяков А.И. «Алгоритмы и программы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах», является самостоятельной, законченной научно-квалифицированной работой, в которой содержатся решения актуальных обратных задач по обработке геофизических данных, а также решения по численной реализации разработанных методов в виде комплексов программ, встроенные в разработанный WEB портал.

Отмеченные выше замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Третьякова Андрея Игоревича «Алгоритмы и программы решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на графических процессорах» выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры Вычислительной техники НГТУ,

д. ф.-м.н.



Терехов Андрей Валерьевич

Подпись Терехова А. В. заверяю



Густовалова

“ 25 ” сентября 2024 г.

Официальный оппонент: Терехов Андрей Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Вычислительной техники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Контактные данные:

Тел.: +79130188814, e-mail: a.terexov@corp.nstu.ru

Адрес места работы: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»