

**Отзыв официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук Шимелевича Михаила Ильича
на тему: «Решение обратных задач геоэлектрики с применением
нейронных сетей и оценкой неоднозначности»
по специальности 1.6.9. Геофизика**

Диссертационная работа М.И. Шимелевича посвящена решению коэффициентных нелинейных обратных задач математической геофизики большой размерности.

В диссертационной работе соискатель разработал новое научное направление по решению обратных задач с использованием нейросетевых аппроксиматоров, в рамках которого создан регуляризованный аппроксимационно-интерполяционный нейросетевой метод решения многопараметрических многокритериальных обратных задач для геофизических электромагнитных полей на предварительно построенном множестве опорных решений.

1. Актуальность темы исследования

Большая размерность современных обратных задач геофизики, их неустойчивость и расширяющийся запрос на геофизические изыскания глубинных недр Земли (магнитотеллурическое, магнитовариационное зондирования, электромагнитный мониторинг динамики электропроводности среды в сейсмоактивных зонах) влекут актуальность проблематики диссертационного исследования. Оценки неоднозначности (погрешности) получаемых решений обратных задач, важные для интерпретации с практической точки зрения, как правило, затруднены и часто не вычисляются.

Целью диссертационной работы является разработка нейросетевого метода решения обратных нелинейных задач геоэлектрики и электромагнитного мониторинга с оценкой неоднозначности (погрешности) получаемых решений для повышения устойчивости, объективности и эффективности компьютерных методов интерпретации геофизических данных.

Таким образом, тема диссертационного исследования **актуальна**.

2. Научная новизна исследований и основные результаты

К новым наиболее важным научным результатам, являющимся заслугой автора, можно отнести следующие:

- Разработаны теория и метод построения приближенных обратных операторов нелинейных условно-корректных обратных задач в классах кусочно-постоянных решений с помощью непрерывных аппроксиматоров общего типа. Доказано существование непрерывного нейросетевого аппроксиматора с минимальной собственной ошибкой.
- Понятия разрешающей способности геофизического метода расширено на нелинейные задачи. Показано, что предел разрешения геофизического метода определяется модулем непрерывности обратного оператора задачи, а характеристики неоднозначности решений монотонно не возрастают с уменьшением размерности условно-корректных нелинейных конечно-параметрических обратных задач геофизики в классе кусочно-постоянных решений.
- Доказано, что априорные и апостериорные характеристики неоднозначности многокритериальной обратной задачи монотонно не возрастают при увеличении числа критериев.
- Разработан новый метод расчета локальных (по слоям сетки параметризации) априорных и апостериорных характеристик неоднозначности решений нелинейных задач геоэлектрики в классе кусочно-постоянных решений на основе алгоритмов Монте-Карло.
- Разработаны новый регуляризованный аппроксимационный нейросетевой метод и алгоритмы построения локальных аппроксиматоров специального типа для решения обратных задач при дефиците априорной информации.
- Разработан новый аппроксимационно-интерполяционный нейросетевой метод уточнения решения, как на основе построения дополнительных корректирующих аппроксиматоров в окрестности найденного решения, так и методом случайного поиска с использованием алгоритмов кластеризации и интерполяции.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений

И ВЫВОДОВ

Степень обоснованности излагаемых в работе результатов обеспечивается доказательствами приводимых в диссертации утверждений.

Достоверность научных положений обосновывается проведенными вычислительными экспериментами на модельных данных, показавшими состоятельность и эффективность предлагаемых методов, результатами применения методов к полевым данным магнитотеллурического и магнитовариационного зондирования, электромагнитного мониторинга динамики электропроводности среды в сейсмоактивных зонах, сопоставлением с независимыми результатами других исследователей.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Разработанный соискателем модернизированный регуляризованный аппроксимационный нейросетевой метод позволяет решать многопараметрические многокритериальные обратные задачи геоэлектрики на предварительно построенном множестве опорных решений.

Предложенный соискателем способ расчета оценок неоднозначности решений обратной задачи позволяет выявлять эквивалентные решения, априорно и апостериорно оценивать разрешающую способность и эффективность используемого комплекса геофизических методов, получать объективные количественные оценки качества интерпретации геофизических данных.

Высокая скорость генерации решений обратных задач (при условии обученности аппроксиматора) позволяет использовать предлагаемые методы и алгоритмы для экспресс-методик интерпретации данных измеряемых геофизических полей в полевых условиях, а их возможный симбиоз с алгоритмами виртуальной и дополненной реальности придает разработанному методу и алгоритму соискателя потенциал широкого практического применения – для решения практических задач поисковой, разведочной и эксплуатационной геофизики, в области инженерных геофизических

изысканий, неразрушающего контроля подземных сооружений, археологических исследований, распознавания физических параметров и границ скрытых объектов и т.п.

Результаты могут применяться в теоретических и практических изысканиях научно-исследовательских организаций и университетов, таких как: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Институт Геофизики УрО РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербургский государственный университет, Новосибирский государственный университет и других. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений на математических и геофизических специальностях и направлениях.

5. Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации

Представленная к защите диссертационная работа М.И. Шимелевича по теоретическому значению, глубине научных обобщений, а также по практической значимости может быть оценена как работа, в которой решена научная проблема, имеющая существенное прикладное значение и заложено новое научное направление теоретических исследований.

Диссертация М.И. Шимелевича – законченная научно-исследовательская работа, выполненная по актуальной теме.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы.

Основные результаты работы отражены в 29 публикациях автора в открытой печати, из которых 16 статей в изданиях, индексируемых в базах данных Web Of Science и Scopus, 4 свидетельства государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы. Объём диссертационной работы составляет 445 страниц. Библиография содержит 402 наименования работ.

Замечания:

1. Пункт В1 алгоритма APR.1.0 (п. 3.1.3.1. диссертации) описывает построение верхней и нижней огибающих имитирующего множества посредством интерполяционных процедур. Автор не уточняет на основе какого основного множества функций осуществляется данная интерполяция?
2. В п.3.2.6. диссертации показывается влияние сдвига по оси Oy фактической измерительной сети относительно трехмерной неоднородной плиты. Как отражаются на определении характеристики неоднозначности сдвиги по другим осям системы координат, соискателем не приводятся.
3. На странице 264 диссертации автор констатирует: «Адаптивная регуляризация задачи обеспечивается использованием оптимальной сетки параметризации». При этом на стр. 168 говорится, что последовательность сеток формируется объединением ячеек по какому-либо заданному правилу. Становится не ясным, о какой оптимальной сетке идет речь (в рамках какого критерия оптимальности и какого заданного правила её формирования)?
4. В п.4.1 диссертации строится приближенный обратный оператор (нейросетевой аппроксиматор) на основе «представительного» (см. стр. 269) набора – банка опорных решений. Соискатель в работе не поясняет, какой набор называется «представительным».
5. Как формируется процедура построения обратного нейросетевого аппроксиматора, когда в банке опорных решений разным s соответствуют одинаковые значениях функции f , из текста диссертации не понятно.
6. Редакционные замечания по тексту диссертации:
 - 1) Во втором неравенстве (2.1.26) вместо функции $\beta(g, \delta)$ необходимо использовать функцию $\beta_2(g, \delta)$.
 - 2) Отсутствует часть подписи к рисунку 5.2.25.
 - 3) На стр. 267 употребляется слово «проектирование», которое следует заменить на слово «проецирование».

- 4) В тексте диссертации имеются ссылки на источники, отсутствующие в списке литературы. Например, на стр. 23,25,40,48,86 присутствует ссылка [Блох, 2009], но в списке литературы источника с таким годом издания нет.
- 5) В списке литературы содержатся источники, ссылки на которые отсутствуют в тексте диссертации. Например, источники 80, 256, 257, 259.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация М.И. Шимелевича является самостоятельным законченным научным исследованием, обладающим внутренним единством и новизной, отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода.

Содержание диссертации соответствует направлениям паспорта специальности 1.6.9. Геофизика (по физико-математическим наукам):

(п. 12) математическое моделирование и мониторинг геодинамических процессов различных пространственных и временных масштабов.

(п. 14) математические и численные исследования в теории прямых и обратных задач геофизики (геоэлектрики, магнитометрии). Разработка алгоритмов решения прямых и обратных задач геофизики, методов аппроксимации геофизических полей, цифровой фильтрации, нейронных сетей и машинного обучения для повышения разрешающей способности методов и подавления помех, построения изображений. Создание соответствующих компьютерных технологий, в том числе для суперкомпьютеров и графических процессоров, и их применение в геолого-геофизической практике;

(п.16) методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей;

(п.17) компьютерные системы обработки, численной инверсии и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, включая ГИС-технологии.

Диссертационная работа удовлетворяет 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 Шимелевич Михаил Ильич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Кризский Владимир Николаевич

5 ноября 2024г.

Контактные данные:

тел.: 0, e-mail: k ni.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес места работы:

199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра информатики и компьютерных технологий, Тел.: 7(812) 3288244; e-mail: ikt@spmi.ru



Янович

лопроизводства
рота

Е.Р. Яновичкая

05 НОЯ 2024