

**Отзыв**  
официального оппонента

на диссертационную работу ПОНОМАРЕНКО Ивана Александровича  
**«Анализ геолого-геофизической информации с применением метода группового  
учета аргументов»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 1.6.9 - «Геофизика»

Диссертационная работа И.А.Пономаренко посвящена анализу разнородной геолого-геофизической информации, включающей результаты петрофизических определений кристаллических пород Воронежского кристаллического массива (ВКМ), фондовые материалы геофизических исследований скважин (ГИС) нефтегазовых месторождений Западной Сибири и данные среднемасштабной аэромагниторазведки в зоне развития платобазальтов в пределах плато Путорана в Восточной Сибири. В качестве основного инструмента анализа геоданных используется метод группового учета аргументов (МГУА), адаптированный к геофизическим исследованиям и активно применяемый в настоящее время. Целью диссертационных исследований соискателя является разработка программно-алгоритмического обеспечения и методики применения МГУА для решения задач, связанных с вероятностно-статистическим анализом разнородной геолого-геофизической информации. Актуальность исследований обусловлена применением нового системного подхода к изучению коллекторских свойств нефтегазоносных объектов по данным ГИС, выявлению неявных корреляционных связей в процессе интерпретации геофизических полей, обобщению большого объема петрофизических данных ВКМ, учету влияния резко расчлененного рельефа местности при аэромагнитной съемке.

Диссертационная работа, изложенная на 122-ти страницах, содержит введение, 5 глав основного содержания, включающих 37 рисунков, 9 таблиц и заключение. В работе приведен список литературы из 120-ти наименований. Автореферат диссертации структурирован по четырем защищаемым положениям, изложен на 28 страницах и содержит 9 рисунков. Приведенный в автореферате список работ с участием автора включает 5 публикаций в изданиях, рецензируемых ВАК, 2 публикации в рецензируемых изданиях, но не входящих в список ВАК, 6 публикаций в сборниках статей, рецензируемых в РИНЦ, а также одного свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научная новизна работы И.А.Пономаренко сформулирована в четырех пунктах четко, лаконично, и не вызывает сомнений. Каждый пункт обоснован теоретически и характеризует практическую направленность исследований, основную часть которых диссертант осуществлял лично.

В главе 1 диссертант рассматривает основные положения МГУА. Освещаются предпосылки использования МГУА для изучения сложных многокомпонентных систем, связываемых с дискретными реализациями квазистационарных состояний и эволюционным переходом одного состояния системы в другое. Формализованная модель, основанная на изучении реальной структуры данных и взаимодействия состояний, имитирует в общих чертах взаимосвязи компонентов системы. По мнению автора, это позволяет оценить системные свойства объекта даже при недостатке информации о механизмах функционирования объекта и решить прогнозные задачи. Однако следует отметить, что нехватка информации о системных свойствах и состояниях изучаемого геологического объекта с трудом компенсируется применением даже самых продвинутых современных методов обработки. Оптимальная математическая модель множественной регрессионной зависимости (вариант полиномиальной нейронной сети) подбирается в МГУА по минимальным значениям внешних критериев. Однако число критериев,

раскрывающих реальную физико-геологическую сущность прогнозируемого объекта, сложно определить однозначно.

В подробном обзоре методов индуктивного моделирования, используемых при решении геолого-геофизических задач, соискатель делает упор на современные алгоритмы машинного обучения (нейросетевые методы) для решения многопараметрических некорректных нелинейных обратных задач высокой размерности и рассматривает предпосылки использования МГУА для анализа сложных систем. Являясь альтернативным инструментом стохастического моделирования, МГУА позволяет избежать многих ограничений нейронных сетей за счет подбора все более сложных полиномиальных функций. Автор формулирует принцип индуктивного моделирования, заключающийся в выявлении связей между множеством параметров сложно построенной геологической среды и экспериментальными значениями геофизических полей, а также принцип самоорганизации выбора наилучшей модели из множества допустимых решений по определенному критерию. Следует относиться с осторожностью к автоматизированному построению оптимального критерия в идентификационных задачах, поскольку пределы допустимости решений зависят не столько от объема экспериментальных данных, сколько от содержащейся в них полезной информации. Рассмотренные комбинаторные и многорядные селекционные алгоритмы идентификационного моделирования с выбором оптимальной модели иллюстрируются наглядными графическими схемами.

Главу 2 диссертант посвящает описанию многорядного алгоритма МГУА, адаптированного к работе с геолого-геофизическими и петрофизическими данными. Рассмотрены основные блоки и режимы работы запатентованного программного обеспечения. Подробно описаны: подготовка входных данных; базовая модель с возможностью увеличения степени и сложности полинома при переходе в следующий ряд; параметры работы программы; организация многорядного перебора, основанного на итерационной процедуре формирования базовой и модельной таблиц с возможностью сохранения вариантов полиномиальных моделей; визуализация результатов работы программы. Приведен пример пользовательского интерфейса.

В насыщенной главе 3 соискателем представлены методика и результаты применения МГУА на этапах формирования и использования цифровой пространственной петрофизической базы данных осадочных и кристаллических пород ВКМ. Достоверная комплексная идентификационная модель объединяет несколько петрофизических параметров в единую полиномиальную зависимость с целью решения задач анализа, обобщения, робастного оценивания, а также идентификации весьма объемных и разнородных петрофизических данных (свыше 90000 определений образцов керна кристаллических и осадочных пород из 447 скважин). В процессе формирования карты докембрийского фундамента ВКМ с участием диссертанта была обоснована и опробована оригинальная технология обработки первичных петроплотностных данных с использованием МГУА, создана объемная петроплотностная цифровая модель верхней части литосферы на территорию ВКМ, рассчитаны структурно-параметрические уравнения, связывающие петрофизические, геологические и пространственные атрибуты. Диссертантом выполнены корреляционные исследования, убедительно показывающие преимущество использования МГУА по сравнению с традиционным методом регрессионного анализа при отсутствии линейной взаимосвязи петрофизических параметров, причем включение дополнительных петрофизических атрибутов улучшает качество модели. Приведенные сводные результаты идентификационного моделирования МГУА для пород различного литологического типа свидетельствуют о достоверном отнесении изучаемых пород к конкретным геологическим комплексам.

Диссертантом рассмотрены возможности применения МГУА для робастного оценивания экспериментальных петрофизических данных. Методика идентификации «выбросов» аномальных значений иллюстрируется на примере сланцев александровской

свиты ВКМ (по 197-ми образцам) и габброноритов мамонского комплекса (по 53-м образцам). Показано, что применение идентификационных уравнений МГУА, с одной стороны, позволяет автоматизировать процедуру выявления выбросов при работе с большим объемом информации, а с другой - обеспечивает гибкий подход к максимально полному использованию уникальных экспериментальных данных. При выявлении корреляционных зависимостей между петрофизическими параметрами соискатель приводит комплексные модельные уравнения, связывающие среднюю плотность метаморфических и интрузивных пород ВКМ с логарифмом удельного электрического сопротивления и магнитной восприимчивости. Оппоненту представляется, что общий объем выборки из 224-х образцов для восьми основных литологических типов кристаллических пород ВКМ, использованный в примере, следовало бы увеличить для более надежных результатов комплексной инверсии геофизических полей при изучении строения верхней части коры.

В главе 4 автор описывает результаты исследований, направленных на оптимизацию методики изучения коллекторских свойств разреза по данным стандартного комплекса ГИС. Идентификационное моделирование проводилось по большому объему данных ГИС, полученных по 16-ти скважинам на 4-х нефтегазовых месторождениях Западной Сибири. Оппоненту не вполне понятен эвристический принцип числового задания условного идентификатора коллектора, используемого в качестве зависимой переменной при формализации геологических данных. В целом приведенные примеры идентификационного моделирования для выявления пластов-коллекторов, определения типа флюидонасыщения, оценки фильтрационно-емкостных свойств разреза по комплексу каротажных данных на нескольких нефтегазовых месторождениях Ямало-Ненецкого округа и Западной Сибири объективно доказывают надежность и практическую целесообразность МГУА.

Глава 5 посвящена результатам практического опробования нового стохастического подхода к обработке геоданных, основанного на совокупном использовании метода эмпирической модовой декомпозиции (EMD) и метода группового учета аргументов (МГУА) с целью учета влияния расчлененного рельефа местности при проведении аэромагнитных съемок. Разложение пространственно сопряженных значений аномального магнитного поля и высот рельефа на эмпирические модовые функции методом EMD осуществлялось в пределах северо-западной части Сибирской платформы. Последующий корреляционный анализ компонент разложения осуществлялся посредством МГУА. Проведение диссертантом идентификационного моделирования на 10-ти пилотных профилях позволило получить модельные уравнения, связывающие значения разностотных компонент разложения магнитного поля и рельефа с учетом относительного критерия точности моделирования. В результате была подтверждена правомерность предположения о существовании сильных корреляционных связей между значениями интенсивности магнитного поля и высот рельефа в определенном диапазоне пространственных частот вследствие существенных различий петромагнитных свойств вулканогенных образований разного возраста.

Подводя итог, оппонент считает необходимым дополнительно отметить ряд замечаний:

1. В случае дефицита априорной информации автоматизированный выбор значимых параметров оптимальной модели по внешним критериям при построении полиномиальной стохастической зависимости может привести к непредсказуемости геологического истолкования результатов моделирования МГУА.
2. В некоторых главах основного текста присутствует «отчетный», порой излишне подробный стиль изложения. При этом автореферат составлен содержательно и лаконично.
3. Слишком обобщенным представляется название главы 5 - «Методика применения МГУА для корреляционного анализа геофизических полей».

4. В тексте основного текста и автореферата диссертации присутствуют немногочисленные стилистические и орфографические небрежности, в том числе – пропуски букв.

Отмеченные замечания не затрагивают существа основных научных идей, используемого математического аппарата, методических приемов и алгоритмов, а также результатов моделирования, полученных автором. Работа представляется весьма многоплановой и обстоятельной, хорошо иллюстрирована. Основные положения и результаты диссертационной работы публиковались и неоднократно апробировались автором на различных научных конференциях и семинарах. Научная новизна защищаемых положений, достоверность и обоснованность выводов диссертационной работы могут считаться доказанными. Диссертантом создана прикладная компьютерная программа «GMDHmod», используемая для идентификационного моделирования МГУА, адаптированная к работе с геолого-геофизической информацией, позволяющая получать достоверные полиномиальные модели в процессе анализа комплексных геолого-геофизических данных и защищенная свидетельством о регистрации.

В целом диссертационная работа И.А. Пономаренко представляет собой развернутое научно-квалификационное исследование, направленное на практическое внедрение метода группового учета аргументов в содержательный комплексный анализ геолого-геофизической информации при решении широкого круга геологических задач. Прилагаемый автореферат и список публикаций автора отражают основное содержание работы. Официальный оппонент считает, что представленная на отзыв диссертация соответствует требованиям Положения ВАК Минобрнауки РФ о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор, Пономаренко Иван Александрович, достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - «Геофизика».

Я, Калинин Дмитрий Федорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент  
профессор кафедры геофизики  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,  
доктор технических наук



Калинин Дмитрий Федорович

(шифр и наименование научной специальности 25.00.35 – геоинформатика)  
почтовый адрес: 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2  
эл.почта: kalinin\_df@pers.spmi.ru ;  
тел.: +7 (905) 220-17-05

25 декабря 2023 г.



Подпись \_\_\_\_\_  
Заведующий  
Подразделением управления делопроизводства  
и контроля документооборота

 \_\_\_\_\_  
Е.Р. Яновицкая

25 ДЕК 2023

