

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Константинова Александра Викторовича «Разработка средств интеллектуального анализа данных в системе сейсмоакустического мониторинга удароопасности массива горных пород месторождения Южное», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Актуальность темы диссертационного исследования Константинова Ф.В. определена рамками важного прикладного научно-технического направления - прогнозирования опасных геодинамических явлений, способных вызвать катастрофические последствия в условиях разработки месторождений полезных ископаемых. Осуществляемый в настоящее время инструментальный мониторинг состояния горных пород не позволяет в достаточной степени обеспечить безопасность жизнедеятельности в районах проведения разработок горнодобывающими предприятиями. Предсказание возможности катастрофических явлений в процессе природного и техногенного разрушения пород до настоящего времени остаётся серьёзной научной проблемой, требующей глубокого изучения процессов, происходящих в верхних слоях литосферы, оценки состояния критических напряжений в горных породах. Акустическое зондирование и анализ акустической эмиссии являются одним из перспективных и приоритетных направлений оценки состояния горных пород. Изучение процесса образования очагов разрушения до момента лавинного разрушения уже само по себе является важной востребованной горнодобывающей промышленностью задачей. Технические возможности получения необходимых параметров из накопленных массивов получаемой геоакустической информации до настоящего времени были существенно ограничены в силу сложности интерпретации получаемых результатов обработки, вызванных природной нелинейностью источников генерации акустических сигналов. В пунктах наблюдения сигналов приходится учитывать искажения, связанные с локальной неоднородностью грунтов. Влияние на условия распространения акустических сигналов климатических и природных факторов ещё в большей степени затрудняют анализ и формулировку определённых выводов о состоянии наблюдаемых пород. По указанным основным причинам проблема принятия взвешенного решения о степени опасности возникновения катастрофических событий по данным акустических наблюдений остаётся нерешенной. В последнее десятилетие в

связи с развитием методов и алгоритмов интеллектуального анализа и совершенствования алгоритмов вычислений с применением нейронных сетей появилась надежда, что названная проблема прогнозирования опасных явлений разрушения горных пород может быть частично решена. В этой связи, выбранный автором подход к поиску методов решения обозначенных трудностей получения полезной информации с использованием искусственного интеллекта, оценивается как эффективный и перспективный. Именно такой системный подход автор обозначил в названии, цели и идее диссертационного исследования.

Объектом диссертационного исследования автор выбрал геомеханическое состояние горных пород полиметаллического месторождения Южное в Приморском крае. Такое региональное ограничение следует рассматривать как верное решение в силу известной географической специфики изменчивости геофизических параметров залегания грунтов в различных районах добычи полезных ископаемых.

Знакомство с материалом автореферата позволяет проследить связь научных положений, выносимых на защиту, со смыслом проведённых исследований, изложенных в тексте соответствующих глав диссертации. Каждое из положений указывает на активное применение в исследовании нейронных сетей в процессе обработки и анализа информации, извлекаемой из акустических сигналов, что и показано в описании и результатах в тексте соответствующих глав.

Формулировка научной новизны выполненных исследований тяготеет к положениям достижений в области прикладной информатики. Внедрение достигнутых результатов, полученных в ходе исследования, полноценно представлена в графе практической значимости и результатах реализации рассматриваемой работы.

Научная апробация широко представлена участием в международных и наиболее объемно в российских профильных конференциях. Список публикаций отражает как самостоятельное участие автора в подготовке материалов, так и совместное с ним опубликование статей в профессионально ориентированных издательствах. Судя по названиям опубликованных работ, они охватывают весь перечень вопросов, обсуждаемых в представленном диссертационном исследовании. Обращает на себя внимание ряд свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и БД, что указывает на высокие профессиональные навыки автора.

В тексте автореферата, автору в полной мере удалось обосновать и раскрыть методологические подходы и основные алгоритмы подготовки, обработки и анализа данных. Автором проведён обзор достижений в области

знаний о причинах обрушения горных пород, ему удалось оценить современное состояние и выделить наиболее важные направления развития средств сейсмоакустического мониторинга (Основное содержание работы). Остальные разделы автореферата отражают процесс проведения исследований по каждому отдельному пункту защищаемых научных положений. Использованием большого количества графических иллюстраций и таблиц, пояснений и формул автору удалось акцентировать внимание на собственных идеях и решениях, полученных в ходе экспериментов, донести целесообразность и сущность проделанной научной работы. Представляет бесспорный интерес исследование автором различных методов цифровой обработки сигналов с применением систем искусственного интеллекта, включая новейшие, пока ещё недостаточно используемые в геофизике, вычисления с применением нейронных сетей различной архитектуры.

Следует согласиться с выводами автора, приведённые в Заключение, о том что ему удалось решить научно-техническую задачу по прогнозированию опасных динамических проявлений горного давления с применением сейсмоакустического метода и разработанных алгоритмов машинного обучения, что имеет существенное научно-практическое значение для управления горным давлением и для повышения эффективности и безопасности отработки удароопасного месторождения Южное. Знакомство с перечнем выполненных работ позволяет сделать заключение, что основные теоретические результаты диссертационной работы научно обоснованы, а приведённые примеры практического использования этих результатов исследования убеждают в их реализуемости и целесообразности.

Несмотря на общее положительное впечатление о работе, в ходе прочтения возникает ряд вопросов, на которые автору следует отреагировать и учесть их в ходе защиты диссертационной работы.

Прежде всего, обращает на себя внимание название диссертационной работы, объект которого (... состояние горных пород полиметаллического месторождения Южное в Приморском крае) не согласуется с базовыми пунктами автореферата, цитирую «Разработка средств интеллектуального анализа данных...». Далее: - «**Цель** диссертационной работы: заключается в разработке интеллектуальной системы программно-методических средств ...»; - «**задачи**: - обосновать эффективные модели машинного обучения и произвести подбор их гиперпараметров ...»; - «**Научная новизна выполненных исследований**: - разработаны математические модели нейронных сетей позволяющие ...; - разработаны модели машинного

обучения для ...». — Все эти пункты подходят для специальностей, связанных с информационными технологиями, но не находят отражения в паспорте специальности 02.08.06, по которой планируется защита диссертационной работы. Хочется обратить внимание автора, что все перечисленные положения по сути своей правильны, но, чтобы они соответствовали паспорту специальности их следовало бы переформулировать выставляя вперёд геофизическую сущность решаемой проблемы. Осмелюсь привести вариант переформулировки цели работы: «Разработка средств сейсмоакустического мониторинга удароопасного массива горных пород в месторождении Южное с использованием интеллектуальной системы программно-методических средств обработки и интерпретации измерительных данных». Суть та же, что и в оригинале, но паспорту специальности соответствует! И подобные переформулировки нетрудно выполнить с каждым из приведённых выше положений диссертационной работы.

Ещё несколько замечаний по сути применения нейронных сетей и оценки качества результатов обработки ими данных. Так, автор указывает на применении архитектур бинарных классификаторов (9с. 3-й абзац), но не описывает структуру сетей — число полносвязных слоёв глубокого обучения, выбранных значений функций сходимости и оптимизации, что важно представлять поскольку эти данные существенно определяют успех любой схемы классификации и указывают как автор добился конкретного результата. Вероятно, эти показатели отражены в основном тексте диссертационной работы.

При разработке методики определения акустически активных зон и параметрического описания динамики их развития указывается, что по результатам исследований для выявления областей концентрации сейсмоакустической энергии предложен комплекс методов кластерного анализа, включающий алгоритм DBSCAN и индекс оценки качества кластеризации на основании индекса Девиса-Болдина. В этой связи возникает вопрос, почему выбран именно этот метод кластеризации и оценка по названному индексу? Выбор инструмента всегда требует обоснования. Хочется верить, что эти обоснования существуют в основном тексте диссертационной работы. Тем более, что на стр.12 приводятся результаты кластеризации, разделившие данные на (!) 20 областей, а в дальнейшем приводится рис.5, где отражается динамика формирования только для трех областей, выбранных по необъявленному критерию. Но в тексте автореферата не дана классификация и практическая значимость, хотя бы наиболее представительных кластеров и значимость моментов активных фаз

формирования, последних. Хочется понять, с какой целью рассматривается такое количество кластеров, почему не приводится привязка кластеров к физике и моделям причин разрушения. Опять же хочется верить, что всем показателям и параметрам дано объяснение в полном тексте диссертационной работы. Аналогичные замечания можно отнести также и к выбору методов применимости случайного леса и градиентного бустинга, рассматриваемых при применении методов надежного прогнозирования динамических проявлений горного давления.

Относительно терминологии, принятой в сообществе развития и эксплуатации нейронных сетей и информационных технологий, можно отметить, что автор использует её корректно. Однако при формулировке выводов о качестве показателей функционирования нейронных сетей следует аккуратнее приводить формулировки заключений по результатам их работы, поскольку до настоящего времени метрологическое обеспечение систем искусственного интеллекта не имеет привычных строгих формулировок оценки качества работы нейросетей и достоверности получаемых результатов на их основе, хотя уже и существует национальный стандарт ГОСТ Р 71562-2024 «Средства измерений на основе искусственного интеллекта. Метрологическое обеспечение. Общие требования»

Перечисленные вопросы и рекомендации ни в коей мере не снижают значимость и качество выполненной научной работы. Она привлекает внимание профессиональным уровнем знаний автора в исследуемой прикладной области знаний. Поэтому оценка содержания автореферата позволяет сделать вывод о том, что диссертационное исследование Константинова Александра Викторовича «Разработка средств интеллектуального анализа данных в системе сейсмоакустического мониторинга удароопасности массива горных пород месторождения Южное», является самостоятельным, логическим, обоснованным и завершённым исследованием в области технических наук. В данном исследовании присутствуют признаки научной новизны, достоверности и обоснованности положений, предъявляемые к научной работе. Выполненная работа и вносит существенный исследовательский вклад в область теории и практики развития недропользования и горных наук, автореферат отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Доктор технических наук (научная специальность 05.13.01:
Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)),
доцент, ведущий научный сатрудник лаборатории акустических
исследований Института космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН

Подпись

Сенкевич Юрий Игоревич

05.04.2025

почтовый адрес: 684034 Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка,
ул.Мирная, д. 7

телефон: 8 (41531) 33193

сайт: <https://www.ikir.ru>

адрес электронной почты: ikir@ikir.ru, senkevich@ikir.ru

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ

Ведущий специалист по кадрам ИКИР ДВО РАН

Байкина О.В.
«07» *апреля* 2025 г.

