

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы И. В. Малыгина

### **“АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ К ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ЗАДАЧАМ С ДЕФИЦИТОМ ДАННЫХ”,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 “Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых”

Актуальность работы И. В. Малыгина посвящена исследованию нескольких классических задач с недостатком данных: пространственная интерполяция (двумерная и трехмерная) и классификация на основе временных рядов.

Применение классических методов статистического анализа позволяет получать достоверные результаты при наличии большого объема наблюдений. Недостаток данных в геофизических исследованиях требует применения специальных методов анализа. С точки зрения математической постановки такие проблемы являются классическим случаем задач с пропуском данных. Одним из подходов при решении подобных задач, является группа алгоритмов, разработанных в рамках теории машинного обучения и распознавания образов. В практических исследованиях выделяются две группы методов для решения задач с пропусками данных: базовые и специализированные.

Цель диссертационного исследования – разработка компьютерных систем и методов обработки данных в условиях ограниченного количества данных, недостаточных для проведения классического статистического анализа, на основе методов машинного обучения, применение таких систем для построения геолого-геофизических моделей и решения задач охраны окружающей среды.

Цель исследования, сформулированная автором, определила комплекс используемых методов и приемов, позволивших прояснить многие аспекты проблемы.

Основные задачи исследования: определение круга задач с ограниченным набором данных; разработка метода решения задач с ограниченным набором данных с применением алгоритмов машинного обучения; разработка способов определения гиперпараметров для задач каждого типа; применение разработанного метода к решению прикладных геофизических задач.

Последовательность частных задач, решенных диссертантом, логически выстроена. Основные результаты исследования получены с применением алгоритмов машинного обучения и алгоритмов теории распознавания образов. Реализация метода обработки данных для пространственной интерполяции выполнена на языке Python. Реализация логического алгоритма прогнозной системы выполнена на языке программирования C/C++ в среде Microsoft Visual Studio. Составление карт и визуализация данных проводились в средах GoldenSoftware Surfer 15 и Esri ArcGIS

Научная новизна работы заключается в том, что: 1) На основе алгоритмов машинного обучения разработан новый метод построения трёхмерного распределения проводимости среды по данным межскважинного электромагнитного просвечивания. 2) На основе алгоритмов машинного обучения разработан новый метод расчета трёхмерной сейсмической модели по набору одномерных скоростных разрезов. 3) В

результате применения разработанного метода к данным сейсмических экспериментов SVEKALAPKO и POLENET/LAPNET построена карта Мохо центральной части Фенноскандии по S-волнам и оконтурены области с низкими приповерхностными значениями скоростей поперечных сейсмических волн. Показано, что низкоскоростной слой поперечных волн в центральной части Финляндии может быть обусловлен особенностями процесса постледниковой релаксации региона. 4) Разработанная интеллектуальная система краткосрочного прогнозирования ледового заторообразования реализована для участка р. Северная Двина с оцененной достоверностью прогнозирования 85%. 5) Получены количественные оценки влияния гидрометеорологических факторов на процесс ледового заторообразования. На основании анализа данных показано, что основное влияние оказывает группа гидрологических факторов.

Основные защищаемые положения, судя по содержанию автореферата, достаточно обоснованы и не требуют дополнительной аргументации.

По теме диссертации опубликовано 2 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК, 5 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Wois и Scopus. Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 3. Подобная публикационная активность повышает достоверность интерпретации полученных результатов.

Работа полностью соответствует паспорту специальности. Она содержит решение задач, имеющих научно-практическую значимость в части совершенствования способов обработки и интерпретации данных измерений геофизических полей, интегрированного анализа многомерной, многопараметрической и разнородной информации, включающей геофизические данные, а также применение геофизических методов в решении задач охраны окружающей среды и соответствует пунктам №№ 14, 18, 25 Паспорта специальности ВАК 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (технические науки).

Эта работа может служить образцом четкой постановки задачи и ее решения предложенными методами.

К несомненному достоинству работы относится разработанная автором интеллектуальная система для осуществления краткосрочного прогнозирования мощности процесса заторообразования для участка реки Северная Двина, что является важной частью прогноза наводнений для данной территории. Разработанная интеллектуальная система может быть применена на данных других регионов, а также для прогнозирования других опасных природных явлений с аналогичной структурой исходных данных о событиях. Реализована функциональность, которая позволяет применять интеллектуальную систему в качестве инструмента анализа данных: проверять гипотезы относительно влияния признаков на трудноформализуемый исследуемый процесс, количественно оценивать величину вклада конкретного признака на итоговую мощность явления в условиях дефицита данных.

Создание прогнозных систем, включающих в себя методы теории искусственного интеллекта, является актуальным развитием геоинформационных систем, а задача прогнозирования опасных природных явлений является востребованной в любой отрасли хозяйственной деятельности человека.

Система также допускает применение в качестве инструмента проверки гипотез относительно влияния тех или иных факторов на итоговые состояния опасных процессов в

условии дефицита данных, когда результатам традиционных методов анализа данных не хватает статистической значимости.

Не вызывает сомнения высокий научный уровень представленной работы, полностью отвечающей всем требованиям к кандидатской диссертации по избранной специальности. И. В. Малыгин проявил себя как перспективный исследователь, чей профессиональный уровень вполне соответствует квалификации кандидата геолого-минералогических наук.

Работа «Адаптация алгоритмов машинного обучения к геофизическим задачам с дефицитом данных» выполнена на высоком методологическом и теоретическом уровне, содержит все необходимые признаки кандидатской диссертации и соответствует требованиям, предъявляемым к ним ВАКом, а её автор, И. В. Малыгин., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Наумова Вера Викторовна,  
доктор геолого-минералогических наук, зав. Научным отделом  
Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук  
125009, г. Москва, Моховая ул., д. 11, стр. 11, <http://www.sgm.ru/>  
E-mail: [v.naumova@sgm.ru](mailto:v.naumova@sgm.ru)  
Тел.: +7(914) 978-79-19

Я, Наумова В. В., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

29 августа 2022 г.

В. В. Наумова

Согласие В.В. Наумовой заверено:

