

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.15,

доктора геолого-минералогических наук Гусевой Н.В.

на диссертационную работу ДАВУДИ ШАДФАРА

«ГИБРИДНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ БУРОВОГО РАСТВОРА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика

Актуальность исследования.

Технологический процесс бурения нефтяных и газовых скважин предполагает на определенных этапах оперативное принятие решений на основе данных, в том числе определение оптимальной программы промывки скважины и эффективного компонентного состава раствора для каждой секции скважины. Для этого обычно используются экспериментальные методы контроля свойств бурового раствора путем прямого измерения показателей в полевых лабораториях по месту бурения скважин. Такой подход может быть трудоемким и дорогостоящим, но необходимым для контроля технологического процесса бурения скважин. Решение данной проблемы возможно с применением методов машинного обучения, позволяющих оценить реологические и фильтрационные свойства бурового раствора на основе других легко и часто измеряемых параметров бурового раствора. В свою очередь, получение подобной информации о фильтрационных и реологических свойствах растворов в режиме реального времени позволит избежать осложнений, связанных с изменением свойств буровых растворов во время бурения, путем раннего выявления и своевременного принятия необходимых корректирующих действий.

Диссертационная работа посвящена разработке и оптимизации моделей машинного обучения для точного определения трех критических параметров буровых растворов, а именно водоотдачи, пластической вязкости и динамического напряжения сдвига, на основе других легко и регулярно измеряемых свойств бурового раствора.

Для достижения поставленной цели автор поставил следующие задачи:

1) провести обзор существующих методов для прогнозирования трех целевых параметров бурового раствора, включая методы в основе которых лежит искусственный интеллект;

2) разработать две автономные модели машинного обучения (MELM и LSSVM) для прогнозирования целевых параметров буровых растворов. Комбинировать разработанные модели машинного обучения с методами оптимизации для определения оптимальной структуры и гиперпараметров моделей с целью повышения точности прогнозирования и обобщаемости моделей;

3) провести серию экспериментов и анализов на этапе обучения моделированию гибридных моделей для повышения их точности прогнозирования и обобщаемости;

4) применить предложенные автономные и гибридные модели для прогнозирования целевых параметров бурового раствора; провести оценку эффективности разработанных моделей.

Достоверность и новизна научных положений, практическая значимость.

Достоверность результатов, представленных в диссертационном исследовании, обеспечивается путем оценки эффективности прогнозирования разработанных моделей на тестовом наборе данных. Предложенные прогностические модели, примененные к тестовому набору данных, обеспечивают достоверные прогнозы трех целевых параметров. Набор данных включает 1160 записей по 14 скважинам, пробуренным с применением буровых растворов на водной основе по следующим параметрам: плотности, условной вязкости, содержанию твердой фазы (входные данные), водоотдачи, пластической вязкости и динамического напряжения сдвига (прогнозируемые параметры).

Исследование выполнено с использованием современных концептуальных, теоретических, методических подходов и принципов. Большой массив фактического материала позволил получить статистически обоснованные параметры распределения всех рассмотренных характеристик. Определение описываемых параметров выполнено по единым методикам в соответствии с нормативно-методическими документами, а анализ состава выполнен с помощью современных аналитических методов.

Автором впервые предложена, обоснована и экспериментально проверена прогнозирующая модель, основанная на многослойном экстремальном обучении (MELM), модель, основанная на методе опорных векторов (LSSVM), для формирования набора гибридных моделей, обеспечивающих получение точных оценок водоотдачи, пластической вязкости и динамического напряжения сдвига бурового раствора на основе измеряемых параметров: плотности, условной вязкости и содержания твердой фазы бурового раствора. Использование разработанных моделей при бурении скважин позволит оптимизировать большое количество трудоемких экспериментальных измерений, что определяет высокую практическую значимость данного исследования.

Анализ содержания работы.

Диссертация изложена на 182 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 165 наименований, содержит 52 рисунка и 22 таблицы.

Глава 1 «Краткое введение в буровые растворы» посвящена описанию классификаций и функций бурового раствора, основных их характеристик и методов определения. Кратко представлены основы методов машинного обучения и всесторонне рассмотрены области их применения в нефтегазовой отрасли. Глава во многом носит информативно-методический характер, целью которой является введение в проблематику исследования.

К главе есть следующие замечания:

- 1. В главе представлены результаты анализа опубликованных материалов по тематике исследования, логическим выводом по которому должна была бы стать формулировка научной проблемы, на решение которой направлено данное исследование.*

2. В разделе 1.6 приведен обзор исследований в области прогнозирования свойств бурового раствора, согласно которому практически по всем моделям прогнозирования реологических свойств бурового раствора в качестве недостатка указана возможность применения только к одному типу бурового раствора. Анализировалась ли возможность использования рассмотренных моделей на разных типах буровых растворов, в т.ч. растворов на водной основе, которые являются объектами исследования в представленной работе?

В Главе 2 «Методология, применяемая в новой прогностической системе» приведено подробное теоретическое описание алгоритмов, применяемых для разработки предложенных моделей прогнозирования, статистические метрики, используемые для оценки точности прогнозирования моделей, характеристика рассматриваемого набора данных, а также подходы, применяемые для разработки гибридных моделей машинного обучения. Замечаний к главе нет.

Глава 3 посвящена описанию и анализу вычислительных экспериментов, проведенных на каждом этапе разработки и оценивания предложенных гибридных моделей машинного обучения. Замечаний к главе нет.

В Главе 4 «Результаты прогнозирования гибридных моделей машинного обучения» представлены результаты прогнозирования, полученные с помощью автономных и гибридных моделей, разработанных для прогнозирования целевых параметров буровых растворов, приведен их анализ и обоснование.

К главе имеются следующие замечания:

1. В работе разработаны модели прогнозирования свойств буровых растворов на водной основе. Будут ли разработанные модели столь эффективны для других типов растворов?
2. На основе данных по плотности бурового раствора, условной вязкости и содержанию твердой фазы с использованием моделей МО проведен прогноз величин водоотдачи, пластической вязкости и динамического напряжения сдвига. Анализировал ли автор, имеется ли физический смысл установленных связей?
3. Проводилось ли опробование моделей для данных на тестовых выборках, полученных на других объектах. Будет ли модель столь эффективна при работе с реальными данными, не очищенными от «шума»?
4. Разработанные гибридные модели машинного обучения прогнозируют водоотдачу с более высокой погрешностью 2,95-4,27 % в сравнении с пластической вязкостью и динамическим напряжением сдвига 1,27– 1,73 % и 1,83–2,42 % соответственно. Чем может это объясняться?
5. Позволяет ли использование методики SHAP определить оптимальные интервалы значений входных параметров, при которых прогнозы будут максимально эффективными?

В заключение приведены выводы по основной части работы, замечаний к разделу нет. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Несмотря на высказанные замечания, в основном, не принципиального характера, работа производит благоприятное впечатление. **Актуальность работы и ее практическая**

значимость не вызывают сомнений. **Научные результаты**, полученные соискателем в рамках исследования, представлены научной общественности в 12 публикациях различного уровня, в т.ч. 9 статей в журналах первого квартиля (Q1), проиндексированных в базах данных Web of Science и Scopus, а также 3 публикации в материалах международных и всероссийских научных конференций; получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Все это не позволяет усомниться в **достоверности** и **новизне исследования**. Указанные замечания не снижают ценности работы и направлены на развитие исследования.

Принимая во внимание вышеизложенное, считаю, что диссертация «ГИБРИДНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ БУРОВОГО РАСТВОРА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ» является завершенной научно-квалифицированной работой и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, а ее автор ШАДФАР ДАВУДИ заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Я, Гусева Наталья Владимировна, дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.15, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дополнительный член
диссертационного совета ДС.ТПУ.15
доктор геолого-минералогических наук,
заведующий кафедрой-руководитель отделения
геологии на правах кафедры
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Национальный
исследовательский Томский политехнический университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина д.30
www.tpu.ru, gusevanv@tpu.ru
+7 (3822) 701777 вн.т. 2901

_____ Гусева Наталья Владимировна 01.03.2024

Подпись Гусевой Натальи Владимировны удостоверяю
Ученый секретарь Национального исследовательского Томского политехнического



_____ Е.А. Кулинич