

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук

Национальный комитет при Президиуме Российской академии наук
по распознаванию образов и анализу изображений

Институт информационных технологий Министерства науки и образования
Азербайджанской Республики

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича
Российской академии наук

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН»

Ошский государственный университет

Daqing Normal University

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

РАСПОЗНАВАНИЕ – 2025

Сборник материалов XVIII Международной
научно-технической конференции

9 – 12 сентября 2025 года

Редакционная коллегия:

С. Г. Емельянов, В. С. Титов (отв. ред.),

Э. И. Ватутин, В. С. Панищев,

Т. А. Шибакина, С. Н. Епишева

Курск 2025

УДК 621.383.68.3:681.785(063)

ББК В 338.4я431

О 66

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *А.В. Кониченко*

Редакционная коллегия:

С. Г. Емельянов, доктор технических наук, профессор

В. С. Титов, доктор технических наук, профессор (отв. ред.)

Т. А. Ширабакина, кандидат технических наук, профессор

Э. И. Ватутин, доктор технических наук, доцент

В. С. Панищев, кандидат технических наук

С. Н. Епишева, кандидат технических наук

О 66 **Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений. Распознавание – 2025:** сборник материалов XVIII Международной научно-технической конференции, 9–12 сентября 2025 года / ред. кол.: С. Г. Емельянов [и др.]; Минобрнауки России, Юго-Западный гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2025. – 302 с.

ISBN 978-5-7681-1736-8

Сборник содержит материалы XVIII Международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений», целью которой является ознакомление с имеющимися достижениями по созданию оптико-электронных приборов, систем и внедрению информационных технологий в научные исследования, учебный процесс и промышленность, а также координация по эффективному их применению в системах распознавания образов и обработки изображений.

Сборник предназначен для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Издание осуществлено с авторских оригиналов. Редакция не несет ответственности за ошибки авторов.

Материалы для публикации одобрены программным комитетом Международной научно-технической конференции.

УДК 621.383.68.3:681.785(063)

ББК В 338.4я431

ISBN 978-5-7681-1736-8

© Юго-Западный государственный университет, 2025

Применение программирования с ограничениями для планирования разлива конвертерной стали на металлургическом производстве	184
<i>Матевосян Р. А., Ершов Е. В., Виноградова Л. Н.</i>	
Стабилизация и управление полем зрения телевизионной камеры в движении	186
<i>Матюнин И. А.</i>	
Прогнозирующее обслуживание насосных установок нефтяных скважин на основе взвешенного машинного обучения	189
<i>Мехтиев Ш. А., Абдуллаева Ф. Д.</i>	
Разработка алгоритмов и программного модуля распознавания объектов для диагностики оборудования системы подготовки газа	191
<i>Мухина А. Г., Волков Д. А.</i>	
Трилатерационная система определения координат тропосферного аппарата	193
<i>Мякотин Р. Н., Гулиянц Н. А.</i>	
Устройство для обнаружения аналоговых видеосигналов летательных аппаратов	195
<i>Непочатых К. И.</i>	
Смысловая связность коллекции научных статей, их аннотации и оценка близости смысловому эталону	197
<i>Никаноров А. В., Николаев Л. А., Михайлов Д. В.</i>	
Сравнение метода вейвлет-фильтрации и комбинированного метода вейвлет-фильтрация плюс сверточная нейросеть для решения задачи удаления цифрового шума с низкоосвещенных фотографий	199
<i>Никулин И. Д.</i>	
Разработка методов и алгоритмов процесса сопровождения подготовки к соревнованиям в армрестлинге с использованием информационных технологий	201
<i>Никулин Э. И., Ломакин В. В.</i>	
О построении пандиагональных латинских квадратов порядка степени простого числа	203
<i>Новиков А. О., Ватулин Э. И.</i>	
Применение туманных и краевых вычислений для групп социальных роботов в терапии детей с РАС	205
<i>Орда-Жигулина Д. В., Орда-Жигулина М. В.</i>	
Инкрементное обучение нейросетей и его приложения	208
<i>Орлов А. А., Абрамова Е. С., Мареев А. В.</i>	
Математическая модель функционирования масштабируемых вычислительных систем для оценки показателей осуществимости решения задач потока	210
<i>Павский К. В.</i>	
Применение алгоритмов кластеризации в устройствах обработки параметров цифровых сигналов	212
<i>Панищев В. С., Полторацкий С. Н.</i>	
Топологическая декомпозиция как способ классификации микроструктур	214
<i>Панкратов Д. А., Андрианов Д. Е.</i>	

УДК 004.896

Прогнозирующее обслуживание насосных установок нефтяных скважин на основе взвешенного машинного обучения

Ш. А. Мехтиев¹, Ф. Д. Абдуллаева¹ ✉

¹ Институт информационных технологий, Баку, Азербайджан

a_farqana@mail.ru ✉

Аннотация. Предлагается гибридный подход к прогнозированию отказов наземного и глубинного оборудования насосных установок нефтяных скважин, который повышает надёжность и эффективность их эксплуатации.

Ключевые слова: прогнозирование отказов; алгоритм; метод взвешивания классов; метрика; точность; достоверность; полнота.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке Научного фонда Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики (SOCAR) (Контракт № 01LR-EF/2024).

Насосные установки для добычи нефти (насосный агрегат) представляют собой сложную интегрированную систему, включающую множество взаимосвязанных устройств, таких как наземные и глубинные компоненты. Выход из строя любого из них (например, наземных узлов штанговых насосов или глубинных элементов) может привести к значительным затратам на ремонт и простоям оборудования. Предлагаемая структура прогнозирования состоит из двух основных этапов. На первом этапе проводится предварительная обработка данных, включающая стандартизацию и нормализацию. Для устранения проблемы дисбаланса классов используются алгоритм SMOTE и метод взвешивания классов. На втором этапе различные классификаторы обучаются с соответствующими функциями для выявления категорий отказов.

Наша задача заключается в определении вероятности выхода из строя какой-либо части оборудования на основе показаний датчиков. Прогноз имеет бинарный исход: 0 или 1.

Эффективность предложенного метода была оценена с использованием базы данных «Прогнозирование отказов оборудования» компании ConocoPhillips [1]. В наборе данных зарегистрированы события отказов, происходившие на наземном (трубные головки, устьевое оборудование) и скважинном оборудовании (буровые трубы, трубчатые инструменты, центраторы), а также данные контроля состояния скважин [2]. Оценка проводилась на основе метрик точности, достоверности, полноты и F1-оценки [3]. Сравнительный анализ методов представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов прогнозирования отказов оборудования насосных установок добычи нефти

Метод	Точность	Достоверность	Полнота	F1-оценка
Логистическая регрессия (ЛР)	0,9899	0,7504	0,5845	0,6571
ЛР+SMOTE	0,9552	0,9447	0,8956	0,9195
ЛР+SMOTE+weightedclass	0,9568	0,9402	0,9063	0,9229
RandomForestClassifier (RFC)	0,9928	0,8724	0,6732	0,7600
RFC+SMOTE	0,9909	0,6993	0,8150	0,7527
RFC+SMOTE +weighted class	0,9915	0,7143	0,8268	0,7664
XGBClassifier	0,9915	0,7234	0,8031	0,7612
XGBClassifier+SMOTE+weighted class	0,9927	0,7821	0,7913	0,7867
XGBClassifier+SMOTE	1,0000	1,0000	0,9999	1,0000

Как видно из таблицы 1, модель логистической регрессии (ЛР) показала значения: 0,9899, 0,7504, 0,5845 и 0,6571 по метрикам точности, достоверности, полноты и F1-оценки соответственно. Низкие значения достоверности, полноты и F1-оценки указывают на то, что модель ЛР допускает значительные ошибки при распознавании положительных классов и не обеспечивает их точное выявление. Аналогичная тенденция наблюдается и в других алгоритмах машинного обучения. Эти проблемы потребовали балансировки данных и применения весов к классам. Использование алгоритма SMOTE и взвешивания классов позволило значительно улучшить результаты. Хотя модель ЛР + SMOTE демонстрирует снижение точности (0,9552) по сравнению с базовой ЛР, она существенно превосходит её по достоверности (0,9447), полноте (0,8956) и F1-оценке (0,9195). Высокие значения этих метрик свидетельствуют о том, что модель ЛР + SMOTE эффективно различает положительные и отрицательные классы, минимизируя ошибки классификации. Добавление взвешивания классов (weighted class) ещё больше улучшило производительность: модель ЛР + SMOTE + weighted class достигла значений 0,9568, 0,9402, 0,9063 и 0,9229 по метрикам точности, достоверности, полноты и F1-оценки соответственно. Высокая F1-оценка указывает на сбалансированность модели. Эксперименты с классификаторами Random Forest и XGB подтверждают эти выводы. В ходе экспериментов весовые коэффициенты для классов составляли 7 и 9 соответственно.

Список литературы

1. Predictive Equipment Failures // Kaggle. 2019. URL: <https://kaggle.com/competitions/equipfails> (дата обращения: 20.04.2025).

2. A review: Data driven-based fault diagnosis and RUL prediction of petroleum machinery and equipment / D. Ji, C. Wang, J. Li, H. Dong // Systems Science & Control Engineering. 2021. Vol. 9, no. 1. P. 724–747.

3. Imamverdiyev Y. N., Abdullayeva F. J. Condition monitoring of equipment in oil wells using deep learning // Advances in Data Science and Adaptive Analysis. 2020. Vol. 12, no. 01. P. 2050001.

УДК 004.932.2

Разработка алгоритмов и программного модуля распознавания объектов для диагностики оборудования системы подготовки газа

А. Г. Мухина¹ ✉, Д. А. Волков¹

¹ *Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия*

me@anastasiag.ru ✉

Аннотация. Разработан многоуровневый алгоритм и программное обеспечение по распознаванию штриховых кодов механического оборудования для адаптивной диагностики подсистем подготовки газа и газового конденсата. Решения предназначены для повышения производительности автоматизированного управления процессами инвентаризации на объектах подготовки углеводородов.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; многоуровневый алгоритм; программный модуль; распознавание штриховых кодов.

Устойчивое развитие и функционирование газодобывающих структур основаны на соблюдении основных ограничений и критериев обеспечения безаварийной работы оборудования. Ввиду сложности и многокомпонентности подсистем подготовки газа становится актуальной задача своевременного контроля состояния аппаратного и ресурсного обеспечения производственных подразделений газодобывающих комплексов (ГДК).

Поскольку диагностика состояния оборудования системы подготовки газа [1], включая объекты технологического корпуса подготовки газа (ТКПГ), цеха регенерации диэтиленгликоля (ЦРД), станции охлаждения газа (СОГ), а также систем измерений количества и показателей качества газа и конденсата (СИКГ и СИКГК) представляет важную задачу в области управления ГДК, становится обоснованной разработка компонентов автоматизированной системы управления технологическими объектами и процессами подготовки газа и газового конденсата.

В работе предлагается разработка алгоритма и программного обеспечения распознавания штриховых кодов применительно к единицам оборудования подсистем подготовки газа и газового конденсата. Разработанные модели и алгоритм распознавания составляют расчётное ядро для компьютерной системы поддержки принятия решений в области адаптивной диагностики