

622.24

К 602

О. А. Коленчуков
Э. А. Петровский
А. Ю. Михайлов

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ И ПОДГОТОВКИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ИНТЕГРАЦИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ



Тонкие
Научноёмкие
Технологии

О. А. КОЛЕНЧУКОВ, Э. А. ПЕТРОВСКИЙ, А. Ю. МИХАЙЛОВ

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА
ДОБЫЧИ И ПОДГОТОВКИ
НЕФТИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ
ИНТЕГРАЦИИ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ**

Научная библиотека СФУ



A1454707B

Старый Оскол

ТНТ

2025

УДК 622
ББК 33.36
П429

Авторы:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский федеральный университет» *О. А. Коленчуков*

доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский федеральный университет» *Э. А. Петровский*

старший преподаватель кафедры

«Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» *А. Ю. Михайлов*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *И. В. Ковалев*

доктор технических наук, доцент *В. С. Тынченко*

П429 **Повышение надежности технологических машин и оборудования для процесса добычи и подготовки нефти на основе цифровой интеграции машинного обучения : монография / О. А. Коленчуков, Э. А. Петровский, А. Ю. Михайлов. — Старый Оскол : ТНТ, 2025. — 224 с. : ил.**

ISBN 978-5-94178-926-9

В условиях автоматизированной добычи и подготовки нефти является важным обеспечивать постоянный контроль за показателями технологических машин и оборудования, чтобы гарантировать их бесперебойную работу. С точки зрения мониторинга технологических параметров наиболее целесообразным на сегодняшний день является производить внедрение методов машинного обучения в существующие системы автоматизированного управления. Настоящая монография посвящена вопросам использования искусственного интеллекта в процессах добычи и подготовки нефти с целью повышения надежности технологических машин и оборудования. В данном издании отражены: теоретические основы машинного обучения; методы сбора и обработки данных для машинного обучения; практические аспекты машинного обучения с использованием языка Python; реализация прогнозирования временных рядов с использованием библиотеки TensorFlow; практические примеры по применению машинного обучения в процессах добычи и подготовки нефти.

Монография может быть полезна специалистам в области предиктивного технического обслуживания технологических машин и оборудования. Результаты исследований также могут быть интересны тем, кто занимается машинным обучением.

УДК 622
ББК 33.36

ISBN 978-5-94178-926-9

© Коленчуков О. А., Петровский Э. А.,
Михайлов А. Ю., 2025

© Оформление. ООО «ТНТ», 2025



Научное издание

**Коленчуков Олег Александрович
Петровский Эдуард Аркадьевич
Михайлов Артем Юрьевич**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ
И ПОДГОТОВКИ НЕФТИ
НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ИНТЕГРАЦИИ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Монография

*Редактор Л. В. Попова
Корректор О. А. Рыжкова
Компьютерная верстка Е. В. Соболев
Компьютерная графика С. В. Сильман*

Подписано в печать 31.07.2025. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Печать офсетная

Гарнитура SchoolBookСТТ. Усл. печ. л. 13,02

Тираж 1000 экз. Заказ № 130

Издательство «Тонкие наукоемкие технологии»
309500, Белгородская обл., г. Старый Оскол, м-н Макаренко, д. 406
Тел./факс: (4725) 42-35-29, 42-35-39, 32-25-29
E-mail: st_tnt-press@mail.ru
Адрес в Интернете: www.tntpress.ru

Отпечатано в типографии ООО «Тонкие наукоемкие технологии»
309500, Белгородская обл., г. Старый Оскол, м-н Макаренко, д. 406
Тел./факс: (4725) 42-35-29, 42-35-39, 32-25-29

ISBN 978-5-94178-926-9



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Теоретические основы машинного обучения	8
1.1 Основные понятия машинного обучения	8
1.2 История и развитие машинного обучения	11
1.3 Принцип обучения на данных	12
1.4 Функция потерь и оптимизация	14
1.5 Регуляризация	17
1.6 Обучение, валидация и тестирование моделей	19
1.7 Примеры алгоритмов машинного обучения	21
1.8 Связь принципов машинного обучения с нефтегазовыми задачами	31
1.9 Контрольные вопросы по главе	35
2 Сбор и обработка данных	37
2.1 Источники данных в нефтегазовой промышленности	37
2.2 Методы сбора и агрегации данных	44
2.3 Предобработка и очистка данных	52
2.4 Визуализация данных	59
2.5 Контрольные вопросы по главе	61
3 Практические аспекты машинного обучения на языке Python	62
3.1 Введение в Python как язык программирования для машинного обучения	62
3.2 Установка и настройка рабочего окружения	63
3.3 Основные конструкции языка Python	66
3.4 Работа с библиотеками для научных вычислений	71
3.5 Основы работы с данными	82
3.5.1 Загрузка и первичный анализ данных	82
3.5.2 Очистка и предобработка данных	84
3.5.3 Преобразование данных для обучения моделей	86
3.5.5 Визуализация данных	89

3.6 Основы объектно-ориентированного программирования в Python	
3.6.1 Основные понятия ООП: классы и объекты	
3.6.2 Инкапсуляция: защита данных	
3.6.3 Наследование: создание новых классов на основе существующих	
3.6.4 Полиморфизм: единый интерфейс для разных объектов	
3.6.5 Практическое применение ООП в машинном обучении	
3.7 Использование Python для работы с машинным обучением	
3.7.1 Экосистема Python для машинного обучения	
3.7.2 Предобработка данных перед обучением моделей	
3.7.3 Разделение данных на обучающую и тестовую выборки	
3.7.4 Обучение первой модели машинного обучения	
3.7.5. Подбор гиперпараметров моделей	
3.7.6. Сохранение и загрузка обученной модели	
3.8 Контрольные вопросы по главе	
4 Прогнозирование временных рядов	
4.1 Предварительная настройка	
4.2 Одноступенчатые модели	
4.3 Многошаговые модели	
4.4 Контрольные вопросы по главе	
5 Практический пример: применение машинного обучения в подготовке	
5.1 Описание технологического процесса	
5.2 Описание интеллектуальной модели	
5.3 Оценка точности модели	
5.4 Исходные данные модели	
5.5 Обработка экспериментальных данных	
5.6 Интерпретация результатов	
5.7 Выводы главы	
5.8 Контрольные вопросы по главе	
6 Практический пример: применение машинного обучения в добыче нефти	

6.1 Методология	193
6.2 Описание наборов данных, поступающих на вход в модели	194
6.2.1 Первый этап	194
6.2.2. Второй этап	195
6.3 Оценка точности моделей	195
6.4 Результаты практической части	196
6.4.1 Первый этап	196
6.4.2. Второй этап	200
6.5 Система предиктивного контроля	204
6.5.1 Структура системы предиктивного контроля	204
6.5.2 Внедрение нейросетевого модуля	210
6.6 Выводы главы	211
6.7 Контрольные вопросы по главе	212
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	213
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	215

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии предсказательного анализа и интеллектуального управления становятся ключевыми инструментами в оптимизации промышленных процессов. Развитие методов машинного обучения, в частности рекуррентных нейронных сетей, позволяет не только прогнозировать поведение сложных систем, но и адаптировать управление ими в режиме реального времени. Данное пособие представляет собой руководство по разработке и применению моделей временных рядов для предсказания параметров оборудования на основе данных, поступающих с OPC UA-серверов.

В основе подхода лежит использование нейронных сетей, способных учитывать временную зависимость данных и выявлять скрытые закономерности. Традиционные методы анализа зачастую не справляются с высокодинамичными процессами, где значительную роль играют нелинейные зависимости и случайные флуктуации. В этом контексте рекуррентные архитектуры, такие как LSTM, демонстрируют высокую эффективность, позволяя строить модели с учетом долгосрочных зависимостей. Настоящее пособие охватывает ключевые этапы построения такой системы: от сбора данных и их предобработки до создания интерфейса, обеспечивающего удобное взаимодействие пользователя с моделью.

Особое внимание уделяется процессу интеграции прогнозных моделей с реальными производственными системами. Внедрение интеллектуального анализа данных требует не только технической реализации, но и методологического подхода, включающего корректный выбор параметров модели, обработку входных данных и интерпретацию результатов предсказания. В пособии рассматриваются методы уменьшения ошибки предсказаний, включая регуляризацию, оптимизацию гиперпараметров и калибровку модели.

Разработка удобного графического интерфейса также является важным аспектом работы, так как она позволяет пользователям взаимодействовать с системой без необходимости погружаться в детали кодирования. Пособие охватывает создание трех функциональных модулей: обучения модели, выполнения статического прогноза на основе загруженных данных и работы в режиме реального времени с потоковым вводом информации. Каждый из этих этапов описан с точки зрения практической реализации, чтобы читатель мог не только понять принципы работы системы, но и адаптировать их к своим задачам.

В конечном итоге данное руководство призвано помочь специалистам в области прогнозного анализа, инженерам и исследователям освоить современные подходы к предсказанию параметров оборудования и разработке интеллектуальных систем управления. Использование подобных технологий может существенно повысить эффективность работы производственных объектов, снизить риски аварийных ситуаций и оптимизировать процессы принятия решений.