

УДК 004.032.26

doi 10.54708/22259309_2025_132135

ТЕХНОЛОГИИ ИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Д. Д. Ямали¹

¹den.yamali@yandex.ru

¹ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. В данной статье рассмотрены виды и причины аварийных ситуаций на нефтегазовых объектах. Рассмотрены способы применения технологий прогнозирования и анализа данных и машинного зрения в нефтегазовой отрасли. Также в данной статье рассмотрена реализация нейронной сети для прогнозирования аварийных ситуаций.

Ключевые слова: искусственный интеллект; нейросеть; аварийная ситуация; нефтяная скважина; прогнозирование; анализ; машинное зрение.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовая отрасль является одной из самых сложных и опасных для эксплуатации. Аварийные ситуации на нефтяных и газовых скважинах могут привести к поломке или уничтожению оборудования, утечкам углеводородов, пожарам и экологическим катастрофам. Прогнозирование аварийных ситуаций на стадии их возникновения представляет собой сложную задачу, но использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) позволяет более качественно справляться с этой задачей, значительно повышая эффективность мониторинга и предотвращения аварий.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Нефтяная скважина представляет собой вертикальное или наклонное отверстие, пробуренное в земной коре с целью добычи нефти или газа, она состоит из нескольких ключевых элементов и этапов:

- Бурение скважины: процесс начинается с бурения, обычно с использованием буровых установок. В зависимости от геологической структуры скважина может быть вертикальной, горизонтальной или наклонной.

- Колодец и обсадная труба: после бурения скважину укрепляют обсадной трубой, которая защищает её от обрушения и предотвращает загрязнение окружающей среды. Обсадная труба также изолирует нефтяной слой от других подземных вод и слоёв.

- Продуктивный пласт: слой, который содержит нефть или газ. Нефть из этого пласта может быть извлечена с помощью различных технологий, таких как насосы или прессование газа.

- Крепление и насосное оборудование: для добычи нефти через скважину устанавливаются насосы, которые помогают поднять углеводороды на поверхность.

В процессе эксплуатации скважины возникает необходимость поддержания давления в пластах с помощью инъекций воды или газа для поддержания притока нефти. Это позволяет извлечь больше углеводородов из пласта.

Аварийной ситуацией на нефтяной скважине является любое отклонение от нормальных условий эксплуатации, которое может привести к потере контроля над процессом добычи углеводородов. Это могут быть различные типы инцидентов, включая:

- Газовые выбросы – утечка газа в результате повреждения оборудования или нарушений в процессе бурения.

- Обрушение скважины – потеря геометрии скважины, её обрушение или блокировка, что приводит к невозможности добычи.

- Пожары и взрывы – возгорания вследствие утечек нефти или газа, что представляет угрозу для жизни работников и окружающей среды.

- Перегрев оборудования – чрезмерный нагрев оборудования, вызванный перегрузкой или неисправностями в системе охлаждения.

Прогнозирование таких ситуаций важно для минимизации рисков, экономии ресурсов и повышения безопасности работ. Для этого необходимо непрерывно собирать и анализировать данные с различных датчиков, установленных на скважине. К основным типам датчиков, используемых для мониторинга состояния скважины, относятся:

- Датчики давления и температуры – для измерения рабочих параметров скважины и состояния оборудования.

- Датчики вибрации – для выявления аномалий в работе оборудования, таких как износ или повреждения.

- Датчики газа – для мониторинга утечек газа и изменения состава атмосферы на платформе.

- Датчики уровня жидкости – для контроля за уровнем нефти и воды в скважине.

Прогнозирование аварийных ситуаций на основе этих данных осуществляется с использованием методов машинного обучения и нейросетей, которые анализируют динамику показателей и выявляют совокупность условий, указывающих на возможные отклонения от нормы.

Один из наиболее эффективных методов прогнозирования аварийных ситуаций – использование нейронных сетей. Нейросети могут обрабатывать огромные объемы данных, выявляя скрытые закономерности и зависимости, которые невозможно заметить при традиционном анализе. Применение нейросетевых моделей позволяет решить несколько ключевых задач:

- Предсказание аварийных ситуаций: нейросеть обучается на исторических данных о скважинах и авариях, чтобы выявить закономерности, предшествующие аварийным ситуациям, и на основе текущих показателей прогнозировать риски возникновения аварий.

- Обнаружение аномалий: нейросети могут автоматически выделять аномальные изменения в данных с датчиков, которые могут свидетельствовать о скорой аварийной ситуации. Это позволяет заблаговременно уведомить операторов и запустить защитные механизмы.

- Оптимизация процессов: помимо прогнозирования аварий, нейросети могут использоваться для контроля режима работы скважины с целью повышения её эффективности и снижения износа оборудования.

Для обучения таких моделей используется большое количество данных с реальных скважин, что позволяет создать достаточно точные модели прогнозирования.

В ходе работы над проектом был создан прототип системы, которая прогнозирует потенциальную аварийную ситуацию не менее чем за три часа до её наступления с точностью не ниже 90 %. Для проекта были использованы язык Python, статическая библиотека Pandas, которая используется для обработки больших массивов данных и выделения векторов при пред- и постобработке, PyTorch, которая используется для создания и обучения RNN LSTM [1]. Ниже представлена архитектура разработанной системы (рис. 1).

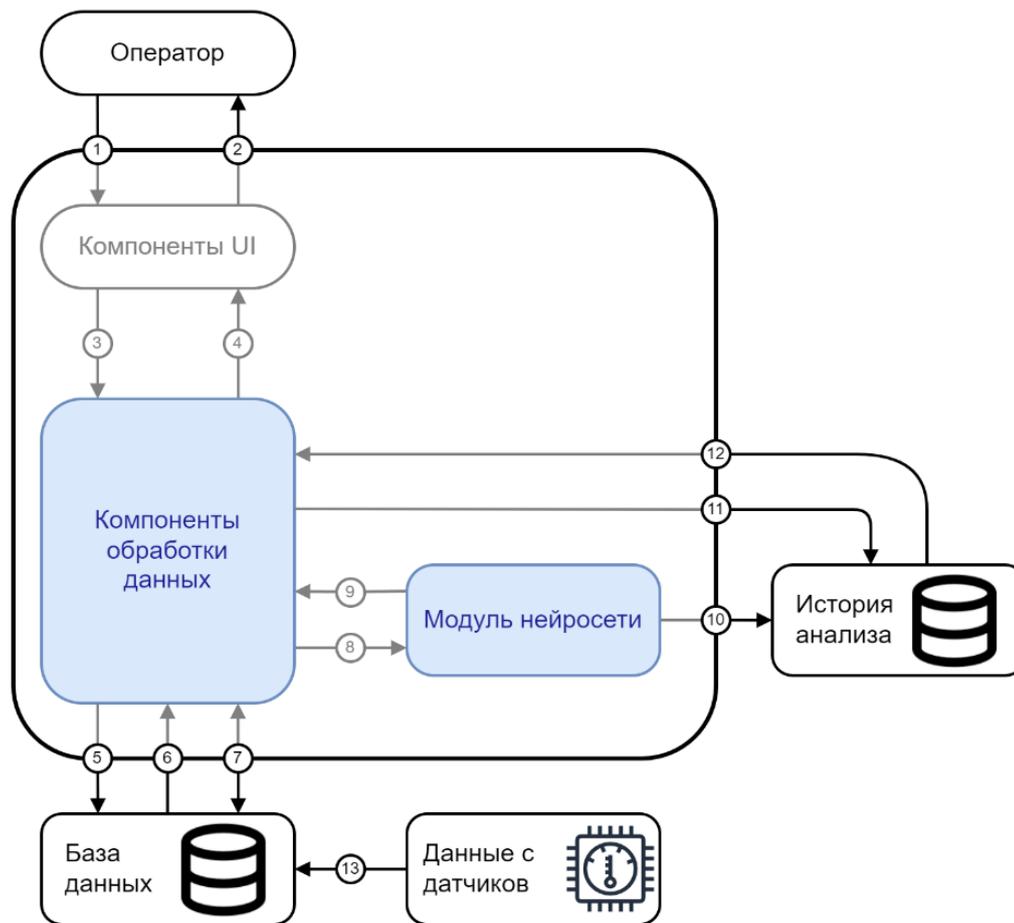


Рис. 1. Архитектура системы

Синим цветом на рисунке отмечены реализованные модули. Комментарии к стрелкам:

- 1) Взаимодействие с интерфейсом.
- 2) Обновление экрана.
- 3) Действие пользователя.
- 4) Изменение отображения.
- 5) Запрос отслеженных дат.
- 6) Отрезок дат с сохранёнными данными.
- 7) Запрос и получение данных из базы.
- 8) Отформатированные данные.
- 9) Результат анализа.
- 10) Запись результата анализа.
- 11) Запрос истории анализа.
- 12) История анализа.
- 13) Запись сигналов с датчиков.

Далее представлена схема алгоритма предобработки данных для использования в качестве датасета для обучения нейросети (рис. 2).

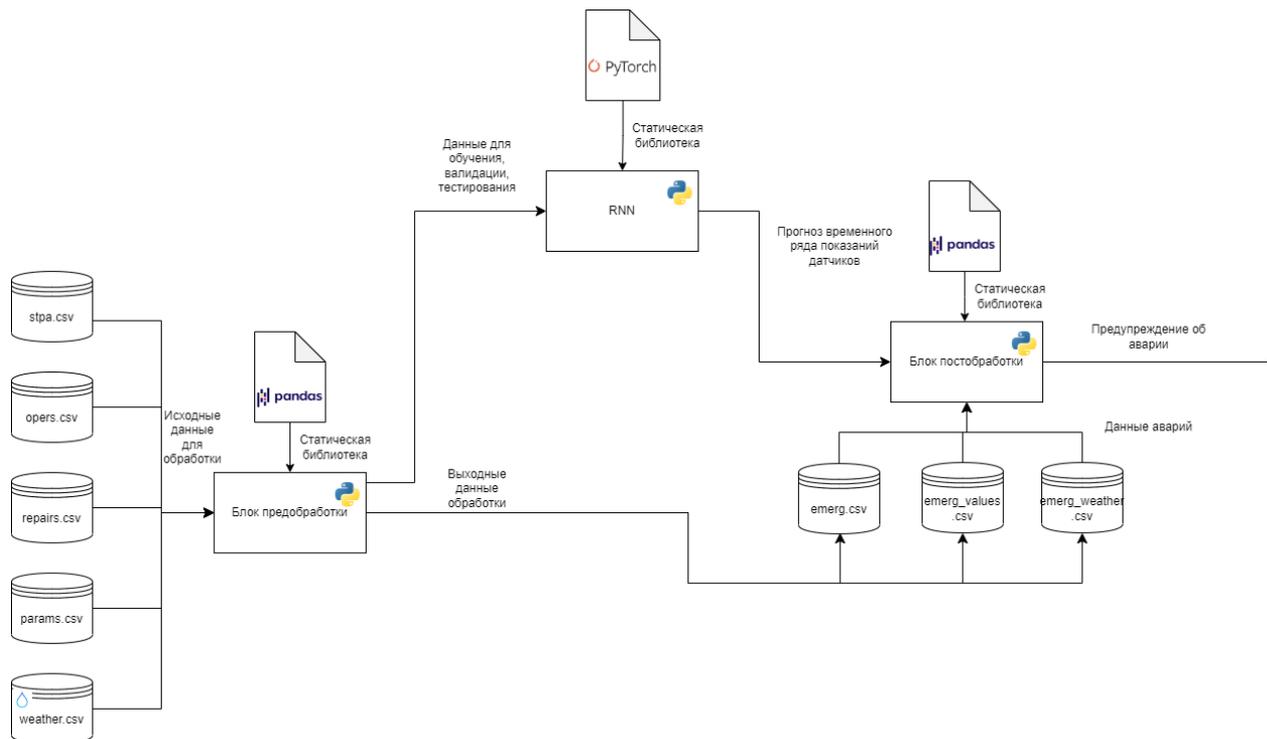


Рис. 2. Компонентная схема системы

Для реализации проекта была выбрана рекуррентная нейронная сеть (англ. recurrent neural networks – RNN) [2]. Принцип её работы заключается в последовательной обработке входных данных и основывается на идее «авторегрессии» – это значит, что созданный на прошлом шаге нейросетевой выход добавляется во входную последовательность данных на новом шаге.

Хотя рекуррентная сеть и должна работать со всей последовательностью, в работе RNN замечена проблема «затухающего градиента», то есть более старые входы не влияют на текущий выход. Для решения данной проблемы в RNN добавляются блоки дополнительных параметров (LSTM) (рис. 3).

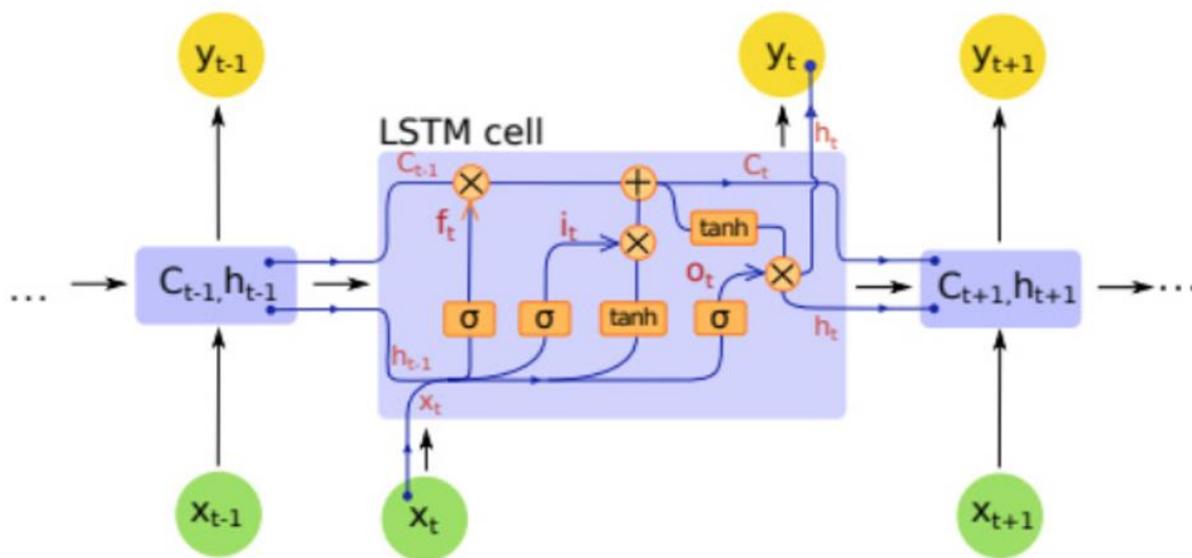


Рис. 3. Структура LSTM

RNN с применением блоков LSTM позволяет проводить прогнозирование временных рядов с минимизацией влияния проблемы «затухающего градиента».

Активно применяется в нефтегазовой отрасли и машинное зрение, которое служит для визуального контроля состояния оборудования и окружающей среды [3]. Камеры, установленные на скважинах и в зоне добычи, могут в реальном времени передавать изображения для их анализа с помощью алгоритмов машинного зрения. Это позволяет решать несколько важных задач:

- Обнаружение утечек и загрязнений: анализ изображений может помочь обнаружить утечки нефти, газа или других веществ, а также выявить загрязнение в окружающей среде, что является важным сигналом для принятия оперативных мер.

- Мониторинг состояния оборудования: машинное зрение может отслеживать состояние трубопроводов, насосов, оборудования для бурения, выявляя признаки износа, трещин, ржавчины или других повреждений, которые могут стать причиной аварийной ситуации.

Модели машинного зрения обучаются на больших наборах изображений и видео, что позволяет им эффективно распознавать различные аварийные факторы. Использование технологий ИИ, таких как нейросети и машинное зрение, для прогнозирования аварийных ситуаций в нефтегазовой отрасли приносит следующие преимущества:

- Повышение точности прогнозирования: благодаря способности ИИ анализировать большие объемы данных и выявлять неочевидные закономерности можно значительно повысить точность прогнозов.

- Снижение рисков: своевременное обнаружение угроз позволяет минимизировать риски для работников, окружающей среды и оборудования.

- Уменьшение расходов: прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций позволяет снизить финансовые затраты, связанные с авариями, ремонтом и простоями.

- Оперативность реагирования: ИИ-системы могут работать в реальном времени, что даёт возможность мгновенно реагировать на любые отклонения и принимать меры для предотвращения аварий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии искусственного интеллекта играют значительную роль в прогнозировании и предотвращении аварийных ситуаций в нефтегазовой отрасли. Применение нейросетей для анализа показателей с датчиков и машинного зрения для визуального контроля оборудования и окружающей среды существенно повышает уровень безопасности на нефтяных и газовых скважинах. Эти технологии позволяют снизить риски, связанные с авариями, улучшить управление процессами и повысить эффективность эксплуатации скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Методы** обработки временных рядов. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/701798/> (дата обращения: 28.12.2024).
2. **Long** short-term memory, neural computation. URL: <https://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf> (дата обращения: 28.12.2024).
3. **Как** используют компьютерное зрение в нефтяной промышленности. URL: <https://napoleonit.ru/blog/kak-ispolzuyut-kompyuternoe-zrenie-v-neftyanoj-promyshlennosti> (дата обращения: 28.12.2024).

ОБ АВТОРАХ

Ямали Денис Дмитриевич, студ. каф. ТК.

METADATA

Title: AI technologies for predicting emergencies in the oil and gas industry

Author: D.D. Yamali¹

Affiliation:

¹ Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹ den.yamali@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (32), pp. 135-140, 2025. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: This article discusses the types and causes of emergencies at oil and gas facilities. The methods of application of forecasting and data analysis technologies and machine vision in the oil and gas industry are considered. This article also discusses the implementation of a neural network for predicting emergency situations.

Keywords: artificial intelligence, neural network, emergency, oil well, forecasting, analysis, machine vision.

About authors:

Yamali Denis Dmitrievich, student, Dept. of TECHNICAL CYBERNETICS (UUST).