ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СБОРА, АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ О НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ

Нестеренков С. Н., Иванов А. А.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: s.nesterenkov@bsuir.by, andreyvorobey.play@gmail.com

Разработана концепция информационной системы для сбора, анализа и визуализации данных, связанных с наблюдениями за безопасностью на морских объектах нефтегазовой индустрии. Система предназначена для автоматизации процесса регистрации наблюдений, выявления отклонений, проведения статистического анализа и представления информации в виде наглядных интерактивных визуализаций. Рассмотрены архитектура, функциональные модули, методы интеллектуального анализа и подходы к обеспечению надежности и защищённости информации в распределённых условиях эксплуатации.

Введение

Современная нефтегазовая индустрия характеризуется высокой степенью технологической сложности и повышенным уровнем риска при эксплуатации морских объектов. Безопасность персонала и предотвращение аварийных ситуаций требуют систематического сбора и анализа информации о потенциальных угрозах, происшествиях и наблюдениях за поведением персонала в производственной среде [1].

В последние годы большое внимание уделяется созданию цифровых платформ, которые позволяют автоматизировать процессы мониторинга и анализа данных о безопасности. Однако большинство существующих решений ориентированы на отдельные аспекты промышленной безопасности и не обеспечивают комплексной поддержки жизненного цикла наблюдений – от регистрации до аналитической обработки и визуализации.

Целью данной работы является разработка архитектуры и алгоритмов функционирования информационной системы для сбора, анализа и визуализации данных о наблюдениях за безопасностью на морских объектах нефтегазовой отрасли.

I. Постановка задачи

Основными задачами, решаемыми проектируемой системой, являются:

- организация централизованного сбора и хранения данных наблюдений, поступающих от сотрудников и автоматических сенсорных устройств;
- реализация инструментов интеллектуального анализа данных с целью выявления закономерностей и потенциальных рисков;
- визуализация информации в интерактивной форме принятия управленческих решений;
- обеспечение информационной безопасности и отказоустойчивости системы при эксплуатации в распределённой сетевой среде.

Система должна функционировать в условиях ограниченного канального ресурса и повышенных требований к защищённости данных. Кроме того, необходимо обеспечить возможность интеграции с корпоративными системами управления производством (ERP, SCADA, MES и др.), что позволит повысить уровень прозрачности производственных процессов и своевременно выявлять отклонения.

II. Архитектура и функциональные модули системы

Разработанная архитектура включает три основных уровня: уровень сбора данных, уровень аналитической обработки и уровень представления результатов пользователю.

На уровне сбора данных осуществляется агрегация информации из различных источников: отчётов операторов, журналов событий, датчиков вибрации, температуры, давления и внешних баз данных. Для унификации форматов используется модуль предварительной обработки, выполняющий очистку, нормализацию и временную синхронизацию данных.

Аналитический уровень реализует алгоритмы статистического и интеллектуального анализа. В частности, применяется кластеризация инцидентов по типам, выявление тенденций с использованием временных рядов, а также оценка факторов риска на основе многомерных моделей [2]. Для повышения точности прогнозирования используется ансамблевый подход, сочетающий регрессионные методы и алгоритмы машинного обучения (градиентный бустинг, деревья решений, случайный лес). Эти методы позволяют оценивать вероятность возникновения событий и предлагать профилактические меры.

Уровень визуализации предоставляет интерфейсы для отображения карт инцидентов, динамических графиков и дашбордов. Визуальные средства реализованы с применением веб-

технологий (JavaScript, D3.js, Plotly), что позволяет использовать систему как на локальных терминалах, так и в облачной среде. Пользователь может настраивать набор отображаемых показателей и фильтров в зависимости от категории объекта, временного диапазона и уровня допуска.

III. Анализ и визуализация данных

Особое внимание уделено модулю визуализации, который обеспечивает наглядное представление результатов анализа. Используются интерактивные графические элементы: тепловые карты распределения событий, диаграммы трендов, сетевые графы взаимосвязей между объектами и факторами риска.

Для повышения информативности визуализации реализованы функции фильтрации данных по временным и географическим признакам, а также возможность формирования отчётов в форматах PDF, Excel и HTML.

На этапе анализа данных реализованы методы корреляционного анализа и факторного моделирования, позволяющие определять наиболее значимые причины нарушений безопасности. Для выявления аномалий используется алгоритм локальной факторной плотности (LOF), что позволяет обнаруживать редкие, но критичные события [3].

Перспективным направлением является внедрение методов глубокого обучения для автоматической классификации инцидентов по текстовым и визуальным описаниям. Применение сверточных и рекуррентных нейронных сетей позволит повысить точность распознавания типов событий, а также выявлять скрытые закономерности, недоступные при традиционном анализе. Кроме того, предусмотрена возможность интеграции системы с внешними источниками данных – например, метеорологическими сервисами или системами контроля судоходства, что позволяет учитывать внешние факторы при моделировании риска.

Кроме того, система поддерживает механизм прогнозирования показателей безопасности на основе моделей временных рядов ARIMA и Prophet. Это обеспечивает возможность раннего предупреждения потенциальных инцидентов и оценки эффективности проводимых мероприятий.

Отдельное внимание уделено вопросам обеспечения надёжности и защиты данных. Используется механизм ролевого доступа, шифрование на уровне транспортного протокола (TLS 1.3) и резервное копирование с использованием распределённого хранилища. Для повышения устойчивости система разворачивается в контейнерной инфраструктуре (Docker, Kubernetes), что позволяет гибко масштабировать вычислительные ресурсы.

Заключение

Практическая реализация предложенного подхода открывает возможности для создания единого цифрового пространства промышленной безопасности, объединяющего данные различных предприятий и объектов морской инфраструктуры. Такое пространство позволит обеспечить более высокую степень прозрачности производственных процессов, упростить обмен аналитическими данными и стандартизировать процедуры регистрации наблюдений и оценки рисков. В перспективе планируется развитие интеллектуальных подсистем самообучения, которые смогут адаптировать алгоритмы анализа под особенности конкретных производственных процессов. Эти подсистемы будут использовать механизмы непрерывного накопления опыта и корректировки моделей на основе поступающих данных, что обеспечит повышение точности прогнозов и снижение вероятности ложных срабатываний. Это позволит перейти от реактивного к превентивному управлению рисками и существенно повысить общую устойчивость нефтегазового комплекса. Кроме того, внедрение системы в рамках корпоративных стандартов HSE (Health, Safety, Environment) создаст основу для интеграции с международными инициативами в области устойчивого развития и цифровой трансформации отрасли. В долгосрочной перспективе подобные решения могут стать основой для построения международных центров аналитики безопасности, способных координировать действия различных операторов в режиме реального времени, формируя единую экосистему управления рисками в морской нефтегазовой индустрии.

1. Дмитриев, В. И. Система управления безопасностью судоходных компаний и судов / В. И. Дмитриев. – 2023. – 271 с.
2. Alhadi, D. A. Redesigning Online HSE Observation Card: Improving Adoption Rate & Reducing Error Rate — A UX Case Study / Dony A. Alhadi. – 2023. – Дата публикации: 3 июня 2023 г.
3. Ramon Meris. Conducting Safety Observations for Improving Workplace Safety Management – Ramon Meris – 2023. – Дата публикации: 25 сентября 2025 г.
4. Зиновьева, А. А. Количественные методы оценки рисков нефтегазовых предприятий / А. А. Зиновьева // Молодёжь и наука: материалы междунар. науч.-практ. конф. старшеклассников, студентов и аспирантов (27 мая 2022 г.): в 2 т. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2022. – Т. 2. – С. 442–444.
5. Голубович, Ю. И. Искусственный интеллект в управлении рисками в финансовой сфере / Ю. И. Голубович, С. Н. Нестеренков, С. А. Байчик // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics: сб. науч. ст. X Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13 марта 2024 г.). В 2 ч. Ч. 1 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2024. – С. 345–350.