УДК 622.24

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В БУРЕНИИ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

♦♦♦♦♦

ARCHITECTURE OF DRILLING ACCIDENT PREVENTION SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Булиёва Мария Евгеньевна
магистрант кафедры бурения нефтяных
и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
имени И.М. Губкина
(Национальный исследовательский университет)
masha.buliyova@mail.ru

Аннотация. Увеличение объема информации, а также необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов при быстро меняющихся условиях требуют применения в бурении системы поддержки принятия решений. В статье представлено описание архитектуры системы предупреждения техногенных происшествий в бурении на базе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: буровая технологическая система, технологическая безопасность при бурении скважин, система поддержки принятия решений.

Buliyova Maria Evgenievna
Master's Student of Department
of Oil and Gas Wells Drilling,
Gubkin Russian State University
of Oil and Gas
(National Research University)
masha.buliyova@mail.ru

Annotation. The increased volume of information, as well as the need to take into account a large number of interrelated factors in rapidly changing conditions, require the use of a decision support system in drilling. The article describes the architecture of a man-made drilling accident prevention system based on artificial intelligence.

Keywords: drilling technology system, technological safety during well drilling, decision support system.

Специфика бурения заключается в том, что скважина представляет собой горнотехническое, то есть созданное в недрах, сооружение. Это обусловливает чрезвычайно широкую изменчивость условий бурения скважин и недостаточность достоверной информации для управления технологическими процессами. Поэтому технологические процессы бурения большей частью являются недетерминированными, то есть не имеющими однозначной связи воздействия с его результатом. Каждая скважина оригинальна и повторение апробированной технологии бурения на другой скважине не всегда дает положительный результат, требуется ее оперативная адаптация непосредственно в процессе бурения [1]. Поэтому принятие оперативных решений – это элемент профессиональной деятельности буровых специалистов. При выборе альтернативных решений приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям. Противоречивость требований, неоднозначность оценки ситуаций, ошибки в выборе приоритетов сильно осложняют принятие решений. Увеличение объема информации, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки требуют применения системы поддержки принятия решений [2–4]. Функционально основная цель такой системы заключается в выявлении закономерностей и тенденций на основе обработки больших объемов данных, способности предоставлять точные прогнозы, оптимальные рекомендации и аналитические отчеты. Такой результат достигается благодаря интеграции таких технологий как анализ больших данных, машинное обучение, искусственный интеллект.

В рамках магистерской диссертации разработана архитектура (структура и состав) системы предупреждения техногенных происшествий при бурении нефтяных и газовых скважин на базе искусственного интеллекта. Ее разработке предшествовал анализ рисков при принятии технологических решений в процессе бурения, выполненный по методологии ГОСТ Р ИСО 31000-2019 в виде матрицы рисков. На рисунке 1 представлен ее фрагмент, где по вертикали представлена вероятность фактора, негативно влияющего на приятие технологического решения (В), а по горизонтали последствия этого решения.

Рисунок 1 – Матрица рисков при принятии технологических решений

В качестве негативных факторов (R) на основании анализа литературных источников [2–4, 5–8] были рассмотрены, в частности:

R1 – ограниченный объем и недостаточное качество информации, что снижает точность анализа и прогноза;

R2 – недостаточное количество или неэффективность датчиков параметров технологического процесса;

R3 – использование зарубежного программного обеспечения, метрологические характеристики которого не соответствуют российским;

R4 – неоднозначность требований нормативных документов.

R5 – дефицит квалифицированных кадров.

Современные компьютерные системы поддержки принятия решений представляют собой сложные комплексные системы. Они включают множество взаимосвязанных компонентов, являющихся эффективным инструментом аналитической поддержки для принятия обоснованных и эффективных решений. Эти качества достигаются благодаря: интеграции, аналитике и визуализация данных, моделированию и прогнозированию, наличию экспертных подсистем, в том числе на основе искусственного интеллекта. Разработанная система представляет собой многоуровневую цифровую платформу, встраиваемую в буровой комплекс, состоящую из следующих основных элементов.

Система мониторинга и контроля. Датчики и сенсоры отслеживают параметры технологических процессов. Автоматизированные системы управления анализируют данные и принимают решение о корректировке параметров технологических процессов.

Интеллектуальные алгоритмы. Алгоритмы анализа данных выявляют аномалии и предупреждают о возможных опасностях. Алгоритмы машинного обучения обрабатывают накопленные данные и формируют прогноз состояния технологических процессов.

Анализ и оптимизация. Анализ данных о процессе бурения для выявления тенденций и оптимизации параметров. Оптимизация процесса бурения с учетом экологических и технических ограничений.

Оповещение и реагирование. Уведомление персонала о потенциальных рисках, могут автоматически останавливать процесс бурения при возникновении опасности.

Обучение и адаптация. Обучение персонала работе при адаптации технологии под конкретные условия бурения и требования безопасности.

Одно из главных требований, учтенных при разработке архитектуры системы, – совместимость с российским программным обеспечением. Это исключает риск ее неработоспособности при отзыве лицензии из-за санкций при использовании зарубежного программного обеспечения, несанкционированного доступа и утечки данных.

Система предупреждения техногенных происшествий в бурении выполняет, в частности, следующие основные функции.

Сбор данных. Используется база данных накопленного опыта по скважинам, а также данные по бурящейся скважине, такие как параметры технологических процессов, геология, результаты каротажа скважины и т.д. Данные передаются в режиме реального времени в систему. Возможно использовать существующий протокол WITSML, после чего происходит обработка данных. Для более качественной передачи данных, устранения шумов и повышения надежности, предлагается передавать их также по резервным каналам.

Хранение и предварительная обработка данных в системе. Данные аккумулируются на сервере системы, возможно два варианта – сервер на объекте, либо удаленный сервер в центре обработки. Идет сохранение в базу данных, предварительная обработка для структурирования данных и хранения в едином формате. Дополнительно это дает системе новые данные и варианты прогнозирования для последующих скважин.

Аналитика данных совместно с искусственным интеллектом. Данный элемент, является центром системы и работает совместно с машинным обучением. Включая в себя правила, основанные на матрице рисков, искусственный интеллект анализирует и обнаруживает многомерные паттерны, распознает факторы и аномалии, приводящие к техногенным происшествиям.

Реагирование, уведомление и принятие решения. На этапе завершения анализа и обработки данных искусственным интеллектом наступает следующий этап интерпретации значений показателей с заданными пороговыми критериями. Результатом являются комплексный вывод, рекомендации и предупреждения. Также осуществляется качественная и количественная оценка риска техногенного происшествия – низкий, средний, высокий. Строится матрица риска.

Обучение персонала. В комплексе предусмотрен модуль по обучению и тренировке персонала. Как известно, способность принятия оперативных решений – это элемент профессиональной подготовки компетентов нефтегазового дела [5–8]. Риски человеческого фактора при развитии аварийной ситуации в бурении высокие, так как при оперативном выборе альтернативных решений приходится учитывать большое число факторов по многим критериям [8, 9]. Поэтому модуль обучения и тренировки персонала снижает риски человеческого фактора, так как на симуляционных моделях обучает персонал быстрому реагированию на предупреждения поддержки принятия решений.

Автоматизированный мониторинг. Компьютерная система зрения обеспечивает круглосуточный удаленный визуальный мониторинг в различных сценариях и обеспечивает безопасность на рабочем месте и своевременное выполнение задач. Данная система, включает камеры высокого разрешения с тепловизионными и мультиспектральными сенсорами, для определения нарушений и аномалий в реальном времени. Обучена на датасетах и сверхточных нейронах сетях, что позволит определить нарушение с точностью не менее 90 %. Персоналу будут доступны данные в реальном времени, панель для мониторинга, рекомендации от системы и окно с предупреждением. На основе накопленных данных можно будет сравнить параметры с аналогичными ситуациями на других скважинах.

Квантовые сенсоры. Квантовые сенсоры по сравнению с классическими датчиками обеспечивают более точную степень передачи данных. За счет внедрениях их в систему повысится качество и скорость передачи данных, прогнозные значения и степень сохранности информации. Внедрение данной технологии в систему, повысит ее надежность и преимущество перед другими разработанными технологиями.

Разработанная система с ее архитектурой учитывает нынешние этапы цифровизации, обеспечивает повышение безопасности и быстроты реагирования. Она разработана с ориентиром на будущие изменения в комплексе с прошлыми данными, благодаря внедрению аналитики приведет к минимизации техногенных происшествий.

Возможность, внедрения системы учитывая собственные пороговые критерии, дает возможность подстраиваться под разные особенности скважин. В системе учтена возможность ее использования как на наземных буровых комплексах, так и на морских буровых платформах.

Система обеспечена алгоритмической надежностью. При обнаружении риска на разных этапах и разделах системы формируется предупреждение в зависимости от сложности ситуации для точного восприятия и принятия решения оператором. Система нацелена на дополнение существующих механизмов обеспечения безопасности выполнения работ, в комплексе повысит их эффективность и снизит риск возникновения техногенных происшествий в бурении.

Литература

1. Балаба В.И. Безопасность технологических процессов бурения скважин : учеб. пособие : в 2 ч. – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2007. – Ч. 1. – 296 с.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений // Проблемы управления. – 2003. – № 1. – С. 13–28.
3. Денисов Д.Ю. Развитие систем поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта в менеджменте российских компаний // Экономические системы. – 2021. – Т. 14. – № 4. – С. 29–36.
4. Современные компьютерные системы поддержки принятия решений / В.А. Мирончук [и др.] // Естественно-гуманитарные исследования, 2023. – № 4(48). – С. 228–231.
5. Балаба В.И. Оценка профессиональных квалификаций в нефтегазовой отрасли // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 3. – С. 27–28.
6. Балаба В.И. Человеческие ресурсы инноваций в нефтегазовом деле // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 4. – С. 13–16.
7. Репях Л.П. Моделирование подготовки персонала нефтегазовой отрасли к ситуациям производственного риска // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2020. – № 1(224). – С. 94–100.
8. Зубарева А.А. Риски человеческого фактора при развитии аварийной ситуации // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2015. – № 12. – С. 35–38.
9. Булиёва М.Е. Человеческий фактор техногенных происшествий // В сборнике: Технические и технологические системы. Материалы XV Международной научной конференции. – Краснодар, 2024. – С. 165–166.

References

1. Balaba V.I. Safety of technological processes of drilling wells : textbook : in 2 parts. – M. : Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2007. – Part 1. – 296 p.
2. Trakhtenherts E.A. Computer systems for supporting managerial decision-making // Management Problems. – 2003. – № 1. – P. 13–28.
3. Denisov D.Y. Development of decision support systems based on artificial intelligence in the management of Russian companies // Economic systems. – 2021. – Vol. 14. – № 4. – P. 29–36.
4. Modern computer decision support systems / V.A. Mironchuk [et al.] // Natural Sciences and Humanities Research. – 2023. – № 4(48). – P. 228–231.
5. Balaba V.I. Assessment of professional qualifications in the oil and gas industry // Quality management in the oil and gas complex. – 2011. – № 3. – P. 27–28.
6. Balaba V.I. Human resources of innovations in the oil and gas industry // Quality management in the oil and gas complex. – 2012. – № 4. – P. 13–16.
7. Repyakh L.P. Modeling of personnel training in the oil and gas industry for industrial risk situations // Bulletin of Orenburg State University. – 2020. – № 1(224). – P. 94–100.
8. Zubareva A.A. Risks of the human factor in the development of an emergency situation / A.A. Zubareva, I.V. Gaidei // Problems of economics and management of the oil and gas complex. – 2015. – № 12. – P. 35–38.
9. Buliyova M.E. The human factor of man-made accidents // In the collection: Technical and technological systems. Proceedings of the XV International Scientific Conference. – Krasnodar, 2024. – P. 165–166.