
Искусственный интеллект в процессах разведки и добычи в нефтегазовой отрасли

Мустафаев Тамерлан Набиевич

Магистрант, Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC)

Специальность: «Компьютерные Науки»

E-mail: tamerlanmustafaev@yahoo.com

Анотация: *Статья посвящена анализу применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессах разведки и добычи (РиД) в нефтегазовой отрасли. Исследование основывается на обзоре современных публикаций и рассматривает такие технологии, как машинное обучение, нейронные сети и прогностическая аналитика. Предложена концептуальная модель, включающая три уровня: входной (источники данных), процессинговый (алгоритмы обработки) и выходной (оптимизация решений). Особое внимание уделено операционной эффективности, снижению затрат и повышению точности прогнозов. Также обсуждаются основные барьеры внедрения ИИ, включая интеграцию данных, несовместимость с устаревшими системами и высокие начальные затраты. В заключение подчёркивается трансформационный потенциал ИИ для достижения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности нефтегазовой отрасли.*

Ключевые слова: *Искусственный интеллект (ИИ), Нефтегазовая отрасль, Разведка и добыча (РиД), Машинное обучение, Нейронные сети, Прогностическая аналитика, Оптимизация процессов, Концептуальная модель, Предиктивное обслуживание, Устойчивое развитие, Интеграция данных, Операционная эффективность, Снижение затрат, Технологические барьеры.*

Нефтегазовая отрасль долгое время опиралась на технологические достижения для преодоления сложностей, связанных с процессами разведки и добычи (РиД). Однако в условиях роста глобального спроса на энергию, нестабильности рынка и усиления экологических требований традиционные подходы уже не обеспечивают должной операционной эффективности и устойчивости. Появление искусственного интеллекта (ИИ) как трансформационного инструмента открыло новые возможности для решения этих проблем. Технологии ИИ, такие как машинное обучение, нейронные сети и прогностическая аналитика, продемонстрировали свой потенциал в революционизировании цепочки создания ценности в РиД за счёт ускорения обработки данных, повышения точности принятия решений и оптимизации использования ресурсов [1,4].

Способность ИИ анализировать большие и разнообразные наборы данных в режиме реального времени предоставляет значительные преимущества в интерпретации сейсмических данных, моделировании месторождений, оптимизации бурения и предиктивном обслуживании. Например, модели ИИ могут быстро обрабатывать сейсмические данные для выявления геологических особенностей, улучшая характеристику месторождений и стратегии извлечения углеводородов. Аналогично, прогностическая аналитика помогает предсказывать отказ оборудования, сокращая время простоя и снижая операционные затраты [3,6]. Эти возможности становятся всё более важными, поскольку отрасль стремится удовлетворить энергетический спрос, соблюдая более строгие нормативные стандарты и цели устойчивого развития [5,7].

Несмотря на перспективы, внедрение ИИ в процессы РиД связано с определёнными трудностями. Проблемы интеграции данных, совместимости с устаревшими системами, готовности рабочей силы и высоких затрат на реализацию остаются значительными барьерами. Более того, теоретические основы применения ИИ для принятия решений и операционной оптимизации всё ещё находятся в стадии развития, что требует более глубокого изучения их потенциала и ограничений

[2,6].

Данное исследование использует теоретический и концептуальный подход для анализа интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессы разведки и добычи (РиД) в нефтегазовой отрасли. Был проведен всесторонний обзор академической и отраслевой литературы, охватывающий публикации за период с 2015 по 2023 годы. В обзоре выделены ключевые области применения ИИ, включая машинное обучение, нейронные сети и прогностическую аналитику, в таких задачах, как интерпретация сейсмических данных, моделирование месторождений, оптимизация бурения и предиктивное обслуживание. Кроме того, изучены такие проблемы, как качество данных, интеграция с устаревшими системами и готовность кадров, чтобы предоставить целостное понимание этой области [1, 4, 5, 6].

Для структурирования анализа были использованы идеи теорий оптимизации, принятия решений и систем. Теория оптимизации была применена для изучения того, как ИИ повышает операционную эффективность за счет оптимизации рабочих процессов, распределения ресурсов и производственных стратегий [3, 6]. Теория принятия решений рассматривала роль ИИ в снижении неопределенности и повышении точности принятия решений в геологических и производственных контекстах [2, 7]. Теория систем подчеркивала способность ИИ интегрировать и анализировать разнообразные источники данных, создавая согласованные и адаптивные операции РиД [4, 8].

На основе этих теоретических положений была разработана концептуальная модель, включающая три взаимосвязанных уровня. Входной уровень представляет собой источники данных, такие как результаты сейсмических исследований, данные скважин и операционные показатели в реальном времени, которые служат основой для обработки ИИ [4]. Уровень обработки включает применение алгоритмов ИИ, таких как машинное обучение и нейронные сети, для преобразования исходных данных в практические инсайты. Этот уровень акцентируется на прогностической аналитике для выявления аномалий, оптимизации бурения и прогнозирования месторождений [1, 3]. Выходной уровень представляет собой оптимизацию решений, операционных стратегий и циклов обратной связи, направленных на улучшение эффективности и адаптивности [6, 9]. Для оценки предложенной модели были выбраны конкретные метрики. Операционная эффективность оценивалась через сокращение времени обработки сейсмических данных и улучшение моделирования месторождений и буровых операций [2, 5]. Снижение затрат оценивалось на основе экономии, достигнутой благодаря предиктивному обслуживанию и оптимизации рабочих процессов [7, 8]. Наконец, точность принятия решений оценивалась через улучшение прогнозов добычи и характеристик месторождений, с акцентом на снижение ошибок и неопределенностей [3, 9].

Анализ показывает, что интеграция технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессы разведки и добычи (РиД) в нефтегазовой отрасли может значительно повысить операционную эффективность, снизить затраты и улучшить точность принимаемых решений. Предложенная концептуальная модель, структурированная на три уровня — входной, процессинговый и выходной, демонстрирует, как ИИ может быть эффективно использован для оптимизации рабочих процессов и решения традиционных проблем отрасли.

Входной уровень подчеркивает основополагающую роль разнообразных источников данных в обеспечении работы приложений ИИ. Эти источники включают результаты сейсмических исследований, данные скважин, исторические записи о добыче и операционные метрики в реальном времени. Интеграция и стандартизация этих наборов данных являются критически важными для эффективной обработки ИИ. Например, сейсмические данные и данные скважин предоставляют ключевую информацию для моделирования месторождений, в то время как операционные метрики в реальном времени важны для выявления аномалий и планирования обслуживания [1, 4].

Процессинговый уровень является ядром модели и использует алгоритмы ИИ, такие как

машинное обучение, нейронные сети и прогностическая аналитика, для преобразования необработанных данных в практические инсайты. Например, модели машинного обучения позволяют быстрее и точнее интерпретировать сейсмические данные, что ведет к улучшению геологических оценок и характеристик месторождений. Нейронные сети, в свою очередь, играют ключевую роль в прогнозировании свойств месторождений, таких как пористость и проницаемость, которые необходимы для оценки ресурсов и стратегий добычи [3, 5]. Прогностическая аналитика улучшает прогнозирование добычи и позволяет заранее выявлять потенциальные сбои оборудования, сокращая непродуктивное время [6, 7].

Выходной уровень представляет собой практические результаты, полученные в результате аналитики на основе ИИ. Эти результаты включают оптимизированные стратегии бурения, улучшенные прогнозы добычи и планы профилактического обслуживания. Кроме того, внедрение обратных связей позволяет обеспечивать непрерывное обучение и адаптацию, гарантируя, что операционные стратегии развиваются в ответ на новые данные и изменяющиеся условия [4, 9]. Например, аналитика на основе ИИ, связанная с производительностью месторождений, может использоваться для оперативных корректировок производственных графиков, максимизируя извлечение ресурсов и повышая эффективность [2, 8].

В плане операционной эффективности предложенная модель демонстрирует значительные улучшения, такие как сокращение времени обработки сейсмических данных до 40% и ускорение процессов моделирования месторождений [3, 5]. Эти улучшения позволяют быстрее распределять ресурсы и сокращать сроки реализации проектов. В отношении снижения затрат стратегии предиктивного обслуживания на основе ИИ позволяют уменьшить операционные расходы на 15–25%, главным образом за счет минимизации простоев и предотвращения внеплановых поломок оборудования [6, 7]. Наконец, точность принятия решений значительно повышается: модели ИИ позволяют снизить ошибки прогнозирования добычи и производительности месторождений до 20% [3, 9]. В целом результаты подчеркивают трансформационный потенциал технологий ИИ в преодолении проблем, связанных с традиционными процессами РИД. Предложенная модель предоставляет систематический подход к использованию ИИ для оптимизации операций, прокладывая путь к более устойчивым и эффективным практикам в нефтегазовой отрасли.

Результаты этого исследования подчеркивают трансформационный потенциал технологий искусственного интеллекта (ИИ) в решении основных проблем процессов разведки и добычи (РИД) в нефтегазовой отрасли. Предложенная концептуальная модель обеспечивает структурированный подход к интеграции ИИ по всей цепочке создания стоимости РИД, что приводит к значительным улучшениям в операционной эффективности, снижении затрат и повышению точности принимаемых решений.

Интеграция ИИ в процессы РИД устраняет давние неэффективности в интерпретации данных, распределении ресурсов и принятии операционных решений.

Входной уровень демонстрирует критическую важность стандартизации и интеграции данных, поскольку эффективность ИИ зависит от качества и полноты предоставляемых наборов данных [4,6]. Проблемы, такие как неполные или несогласованные данные, остаются ключевыми барьерами, подчеркивая необходимость в надежных стратегиях управления данными. Процессинговый уровень подчеркивает универсальность алгоритмов ИИ, особенно машинного обучения и нейронных сетей, в преобразовании необработанных данных в практические инсайты. Например, модели машинного обучения значительно улучшают интерпретацию сейсмических данных, сокращая время обработки и повышая точность. Нейронные сети обеспечивают беспрецедентную точность в прогнозировании свойств месторождений, таких как

пористость и проницаемость, что способствует стратегическому управлению ресурсами и оптимизации их извлечения [3,5]. Эти возможности не только повышают эффективность, но и снижают неопределённость, связанную с комплексными геологическими и операционными решениями [7].

Выходной уровень акцентирует внимание на операционной ценности аналитики, основанной на ИИ, включая оптимизированные стратегии бурения, улучшенные прогнозы добычи и проактивные графики технического обслуживания. Использование обратных связей внутри этого уровня гарантирует, что системы ИИ постоянно адаптируются и совершенствуют свои рекомендации, создавая динамичные и отзывчивые операционные рамки [8,9]. Эти адаптивные возможности особенно важны для решения непредсказуемых факторов, таких как колебания условий месторождения и производительности оборудования.

Проблемы и ограничения

Несмотря на обнадеживающие результаты, существуют несколько проблем, которые ограничивают широкое внедрение ИИ в РИД.

Интеграция ИИ с устаревшими системами остаётся значительной проблемой, так как многие нефтегазовые компании работают на фрагментированной и устаревшей инфраструктуре [6].

Проблемы конфиденциальности данных и кибербезопасности представляют собой риски для внедрения систем на основе ИИ, особенно в контексте обработки чувствительных операционных данных [7].

Подготовка кадров также является важной проблемой, так как успешное развертывание технологий ИИ требует наличия квалифицированных сотрудников, способных управлять сложными аналитическими и инструментальными системами [5].

Высокие начальные затраты на внедрение систем ИИ также являются барьером, особенно для небольших операторов с ограниченными ресурсами [6,9]. Хотя долгосрочные выгоды от интеграции ИИ очевидны, значительные инвестиции в инфраструктуру, обучение и настройку систем могут сдерживать их внедрение.

Эти проблемы подчеркивают необходимость целенаправленных стратегий, таких как финансовые стимулы, отраслевые совместные инициативы и программы подготовки кадров.

Последствия для отрасли и устойчивого развития

Результаты этого исследования имеют значительные последствия для нефтегазовой отрасли, особенно в контексте устойчивого развития. Обеспечивая более эффективное использование ресурсов и сокращая операционные потери, технологии ИИ способствуют усилиям отрасли по минимизации воздействия на окружающую среду. Например, предиктивное обслуживание снижает вероятность отказов оборудования, которые могут привести к экологическим угрозам, а оптимизированные стратегии бурения минимизируют ненужные разведочные работы [4,7].

Кроме того, роль ИИ в повышении энергоэффективности соответствует глобальным целям устойчивого развития, позиционируя нефтегазовую отрасль как более ответственную в процессе энергетического перехода. Тем не менее, необходимо учитывать этические аспекты внедрения ИИ, такие как возможное сокращение рабочих мест и предвзятость алгоритмов, чтобы обеспечить справедливую и ответственную интеграцию [6].

Направления будущих исследований

Предложенная модель закладывает основу для будущих исследований в области применения ИИ в РИД. Эмпирическая валидация модели через полевые испытания и изучение конкретных случаев является важным следующим шагом, так как это предоставит конкретные доказательства операционных и экономических преимуществ ИИ.

Изучение новых технологий, таких как цифровые двойники и квантовые вычисления, может ещё больше улучшить возможности систем ИИ в нефтегазовом секторе [9]. Разработка

стандартизированных методов интеграции данных и протоколов кибербезопасности является другой важной областью, так как эти меры необходимы для обеспечения масштабируемости и надежности технологий ИИ.

Наконец, междисциплинарное сотрудничество между отраслевыми участниками, академическими исследователями и поставщиками технологий является ключом к ускорению внедрения ИИ в процессы РиД.

Данное исследование подчеркивает трансформационный потенциал искусственного интеллекта (ИИ) в процессах разведки и добычи (РиД) нефтегазовой отрасли. Предложенная концептуальная модель иллюстрирует, как технологии ИИ могут повысить операционную эффективность, снизить затраты и улучшить точность принятия решений по всей цепочке создания стоимости РиД. Используя передовые алгоритмы, такие как машинное обучение и нейронные сети, ИИ обеспечивает более быструю и точную интерпретацию сейсмических данных, моделирование месторождений и прогнозирование добычи. Эти возможности не только устраняют традиционные недостатки, но и готовят отрасль к более устойчивому и гибкому будущему [3,4].

Однако для полного раскрытия потенциала ИИ в РиД необходимо решить ряд проблем. Ключевые барьеры включают качество и интеграцию данных, совместимость систем ИИ с устаревшей инфраструктурой, подготовленность рабочей силы и высокие начальные затраты на внедрение. Для преодоления этих препятствий требуются целевые стратегии, такие как разработка стандартизированных протоколов управления данными, инвестиции в обучение персонала и создание совместных отраслевых инициатив [6,7].

Влияние данного исследования выходит за рамки операционной оптимизации, подчеркивая роль ИИ в сокращении экологического следа деятельности РиД. Обеспечивая более эффективное использование ресурсов и минимизируя операционные потери, ИИ способствует усилиям отрасли в области устойчивого развития. Будущие исследования должны сосредоточиться на валидации предложенной модели через эмпирические исследования и изучении новых технологий, таких как цифровые двойники и квантовые вычисления, чтобы ещё больше расширить возможности ИИ в нефтегазовом секторе [8,9].

Данное исследование предоставляет дорожную карту для интеграции ИИ в процессы РиД, предлагая ценные инсайты для заинтересованных сторон отрасли, политиков и исследователей. Внедрение ИИ позволит нефтегазовой отрасли справляться с вызовами динамичного энергетического ландшафта, одновременно продвигаясь к более эффективному и устойчивому будущему.

Список литературы

1. Sircar, A., Yadav, K., Rayavarapu, K., Bist, N., Oza, H. *Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry*. Petroleum Research, 2021.
2. Gupta, D., Shah, M. *A comprehensive study on artificial intelligence in the oil and gas sector*. Environmental Science & Pollution Research, 2022.
3. Li, H., Yu, H., Cao, N., Tian, H., Cheng, S. *Applications of artificial intelligence in oil and gas development*. Archives of Computational Methods in Engineering, 2021.
4. Koroteev, D., Tekic, Z. *Artificial intelligence in oil and gas upstream: Trends, challenges, and scenarios for the future*. Energy and AI, 2021.
5. Kuang, L., Liu, H., Ren, Y., Luo, K., Shi, M. *Application and development trend of artificial intelligence in petroleum exploration and development*. Petroleum Exploration and Development, 2021.
6. Rahmanifard, H., Plaksina, T. *Application of artificial intelligence techniques in the petroleum industry: A review*. Artificial Intelligence Review, 2019.

-
7. Panja, P., Velasco, R., Pathak, M., Deo, M. *Application of artificial intelligence to forecast hydrocarbon production from shales*. Petroleum, 2018.
 8. Bello, O., Holzmann, J., Yaqoob, T. *Application of artificial intelligence methods in drilling system design and operations: A review of the state of the art*. Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research, 2015.
 9. Solanki, P., Baldaniya, D., Jogani, D., Chaudhary, B. *Artificial intelligence: New age of transformation in petroleum upstream*. Petroleum, 2022.
 10. Aziza, O. R., Uzougbo, N. S., Ugwu, M. C. *The impact of artificial intelligence on regulatory compliance in the oil and gas industry*. World Journal of Advanced Research and Reviews, 2023.