

ВЕРИФИКАЦИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ СЕКТОРЕ

В.С. Корепанова

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Россия, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
E-mail: vskorepanova22@gmail.com

Ключевые слова: блокчейн, нефтегазовый сектор, верификация информации, подлинность данных, геолого-технологическая информация.

Аннотация: Данное исследование представляет собой попытку интеграции блокчейн технологии в нефтегазовый сектор с целью обеспечения надежности и подлинности геолого-промысловых данных. В докладе описан подход к проведению исследований методов верификации геолого-промысловой информации в нефтегазовом секторе, основанных на принципах блокчейн технологии. На примере одной вертикально-интегрированной нефтяной компании, проработан подход и приведены некоторые результаты. Авторы подробно анализируют процессы сбора промысловых данных по работе скважин, хранения и передачи данных, выявляя уязвимости и вызовы традиционных методов. Исследовательская часть фокусируется на создании децентрализованной системы, обеспечивающей непреложную целостность и безопасность информации с использованием умных контрактов блокчейна. В ходе работы рассматриваются технические аспекты внедрения блокчейна, а также его потенциальное воздействие на снижение рисков и увеличение эффективности процессов анализа геолого-технологической информации. Работа фокусируется на разработке эффективных механизмов подтверждения точности данных, собранных в ходе геологоразведочных работ, с использованием принципов децентрализованного распределенного реестра. Авторы исследуют потенциал блокчейн технологии в улучшении прозрачности, достоверности и безопасности хранения геолого-геофизической информации, что может содействовать повышению эффективности управления ресурсами в нефтегазовой промышленности.

1. Введение

Нефтегазовая индустрия постоянно стремится к совершенствованию процессов добычи, транспортировки и распределения ресурсов. Одним из ключевых аспектов этого стремления является обеспечение надежности и подлинности информации, используемой при принятии стратегически важных решений. Важно обеспечить целостность и достоверность данных, так как ошибочные или недостоверные сведения могут привести к серьезным последствиям, включая потерю жизней, ущерб окружающей среде и финансовые убытки. В последние годы блокчейн технология привлекла внимание нефтегазовых компаний как мощный инструмент для обеспечения прозрачности и безопасности данных.

Блокчейн представляет собой децентрализованную систему хранения данных, где каждая транзакция записывается в блок и хронологически связывается с предыдущими блоками. Это обеспечивает надежность, прозрачность и невозможность подделки данных. В нефтегазовой отрасли блокчейн может быть использован для создания

системы верификации, которая гарантирует подлинность информации от момента ее создания до конечного использования [1-3].

Хранение данных с использованием блокчейн-технологии обеспечивает высокий уровень безопасности, неподдельности и доступности. Геолого-промысловая информация, такая как данные о бурении скважин, (технологические), гидродинамические, геофизические исследования, геологические карты и другая, может быть записана в блокчейн в виде транзакций. Каждая транзакция содержит информацию о данных, времени ее создания и местоположении.

2. Блокчейн технологии

В архитектуре блокчейна, верификация данных обычно проходит с использованием криптографии, в частности, цифровых подписей и хеш-функций. Вот как происходит верификация данных на различных уровнях:

1. Транзакционный уровень:

Цифровые подписи: Каждая транзакция подписывается цифровой подписью отправителя, которая создается с использованием его закрытого ключа. При получении транзакции, узлы блокчейна используют открытый ключ отправителя для проверки подписи и подтверждения, что транзакция была создана владельцем соответствующего закрытого ключа.

2. Блокчейн уровень:

Хеширование: Каждый блок в цепочке содержит хеш предыдущего блока (previous block hash). Это обеспечивает целостность и связь между блоками. Любые изменения в предыдущих блоках приведут к изменению хешей и, следовательно, к нарушению целостности цепочки.

Цифровые подписи: Блоки могут также содержать цифровые подписи для подтверждения авторства и целостности блока.

3. Уровень консенсуса:

Proof-of-Work (PoW): В PoW алгоритме, узлы (майнеры) должны представить решение сложной математической задачи. Правильное решение доказывает, что узел провел определенное количество вычислительной работы. Это служит механизмом доказательства и обеспечивает безопасность сети.

Proof-of-Stake (PoS): здесь узлы могут быть выбраны для создания блока на основе количества криптовалюты, которую они владеют. Определенное количество криптовалюты замораживается (стейк) для подтверждения участия в консенсусе.

несмотря на прогресс, достигнутый в аппаратном и программном обеспечении камер, все еще существуют проблемы, когда дело доходит до автоматизации задач распознавания.

2. Применение блокчейн технологии в нефтегазовом секторе

Рассмотрим пример, если у нас есть пять параметров геолого-промысловых данных:

$$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5.$$

Уравнение для хранения данных в блокчейне будет выглядеть так:

$$V_i = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$$

Для более точной и надежной верификации можно добавить временные метки T_i для каждого параметра данных, чтобы отслеживать изменения во времени:

$$V_i = \{(P_{1i}, T_{1i}), (P_{2i}, T_{2i}), (P_{3i}, T_{3i}), (P_4, T_{4i}), (P_5, T_{5i})\}$$

А также включение информации о качестве данных Q_i или источнике, чтобы иметь возможность оценить надежность каждого параметра:

$$V_i = \{(P_{1i}, T_{1i}, Q_{1i}), (P_{2i}, T_{2i}, Q_{2i}), (P_{3i}, T_{3i}, Q_{3i}), (P_4, T_{4i}, Q_{4i}), (P_5, T_{5i}, Q_{5i})\}.$$

Метод верификации «цифровые отпечатки», где каждый этап добычи и транспортировки может быть связан с уникальным цифровым отпечатком, который записывается в блокчейн, позволяет отслеживать и верифицировать каждую операцию в реальном времени. Так промысловые (технологические), гидродинамические, геофизические исследования, результаты интерпретации ГИС (РИГИС), инклинометрия (гироскопия), исследования кернового материала, исследования свойств флюидов, гидродинамические исследования (ГДИ), результаты эксплуатации скважин и другая информация, представляют собой «отпечатки» месторождения. В таблице 1 приведены основные геолого-физические параметры, по которым можно подобрать объект-аналог [2].

Таблица 1. Пример выбора объекта-аналога

регион	мест. / участок недр	объект	площ.	запасы нефти АВ1+В2		геолого-физические параметры								
						геол.	извл.	глубина	лн.эфф	Кпор	Sn	Кпр	цн	рн.пов
				тыс.т	тыс.т									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	ALL	13 320	3 690	2262	7,2	0,161	0,483	0,005	2,6	0,863	1,122	46,0
1	2	2	ALL	31 515	6 102	2192,9	11,3	0,162	0,511	0,015	1,3	0,833	1,241	96,0
1	3	1	ALL	8 953	1 824	2269	8,6	0,160	0,467	0,005	0,8	0,832	1,198	89,5
1	4	2	ALL	44 785	9 733	2267	5,7	0,159	0,472	0,002	0,5	0,826	1,320	105,0
1	5	3	ALL	10 051	2 709	2021,5	3,9	0,172	0,562	0,022	0,8	0,836	1,266	89,0
1	6	3	ALL	40 409	9 891	1957,6	6,2	0,191	0,558	0,011	1,2	0,836	1,205	70,0
1	7	1	ALL	14 834	4 294	2190,4	12,9	0,166	0,521	0,004	1,1	0,834	1,155	70,0

Для обеспечения целостности данных каждый блок может содержать хеш (цифровую отпечаток) предыдущего блока. Это обеспечивает связь между блоками и предотвращает возможность изменения данных без изменения всех последующих блоков.

Рассмотрим пример, пусть D – это набор параметров геолого-промысловых данных: P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 .

Тогда хеш-значение будет выглядеть так:

$$H(D) = \text{Хеш}(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5).$$

Как и рассматривалось выше для более точной и надежной верификации можно использовать криптографически стойкие хеш-функции для обеспечения безопасности данных, например, SHA-256:

$$H(D) = \text{SHA-256}(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5).$$

Или разработать механизм сравнения хеш-значений с предыдущими версиями данных для обнаружения даже незначительных изменений:

Разработать механизм сравнения хеш-значений ($H(D)$, $H(D_{\text{предыдущие}})$).

С помощью метода «смарт-контракт» возможно будет автоматизировать процессы верификации, позволяя предустановленным условиям срабатывать автоматически при выполнении определенных событий. В логистике с помощью метода «смарт-контракт» можно автоматизировать идентификацию данных груза (уникальные идентификаторы для каждой партии груза, такие как штрих-коды, серийные номера или хэши), маршрут доставки (информация о местах отправления и назначения, временные метки, координаты GPS и статусы доставки), подтверждение доставки (электронные подписи или цифровые подтверждения от получателей о прибытии груза), при финансовом сопровождении (суммы оплаты, условия оплаты, транзакции

платежей), в бурении (информация о скважинах, объемы добычи, технические характеристики оборудования). Эти данные могут храниться в блокчейне в виде транзакций или записей, обеспечивая прозрачность, непротиворечивость и невозможность подделки. Смарт-контракты могут автоматизировать процессы проверки и выполнения условий договоров, основанных на этих данных.

В блокчейне могут быть реализованы умные контракты, которые автоматически выполняются при выполнении определенных условий. Например, при достижении определенного уровня добычи автоматически генерируется новый блок с соответствующей информацией

Пусть C – условие, что суммарное значение $P_1 + P_2$ должно быть больше, чем P_3 . Действие A – добавить новый блок с данными.

Если $P_1 + P_2 > P_3$, то A .

После получения результатов можно провести валидацию результатов с использованием дополнительных методов (сравнение с независимыми данными, кросс-проверка, экспертная оценка, проверка на внутреннюю согласованность, повторный анализ, статистические тесты, сравнение с предыдущими данными).

Также можно внедрить более сложные условия, учитывающие несколько параметров данных и их взаимосвязь:

Например, проверка нескольких параметров данных:

Если $(P_1 > P_{1i-1})$ и $(P_2 < P_{2i-1})$, то A .

Или реализовать автоматическое уведомление заинтересованных сторон в случае нарушения условий контракта: уведомление (A).

Для дополнительной верификации данных можно использовать математические модели и уравнения, которые анализируют показатели данных и выявляют аномалии или несоответствия.

Рассмотрим пример, пусть $D_i = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$.

Также можно использовать временные ряды для анализа изменения данных со временем или многомерные аналитические методы:

$$ARIMA(P_{1i}, P_{2i}, \dots, P_{5i})$$

Уравнение для проверки соответствия данных по среднему значению μ и стандартному отклонению σ может быть выражено как:

$$|P_i - \mu| < k * \sigma,$$

где P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 - параметры геолого-промысловых данных, B_1 - блок данных, D - набор данных, H - хеш-функция, $Хеш$ - хеш-значение, C - условие, A - действие, μ - среднее значение, σ - стандартное отклонение, k - коэффициент.

Можно также включить в уравнение взаимосвязь между различными параметрами данных для обнаружения аномалий или неожиданных корреляций. Одним из подходов к анализу взаимосвязей между параметрами является использование многомерного статистического анализа, например, множественной регрессии и, например, построить модель, которая будет предсказывать один параметр данных P_5 на основе остальных:

$$P_5 = \beta_0 + \beta_1 * P_1 + \beta_2 * P_2 + \dots + \beta_4 * P_4 + \varepsilon,$$

где P_5 – зависимая переменная, которую мы пытаемся предсказать P_1, P_2, \dots, P_4 – независимые переменные, взаимосвязь с которыми мы исследуем $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_4$ – коэффициенты регрессии, которые определяют величину влияния каждого параметра на зависимую переменную; ε – случайная ошибка.

С помощью использования децентрализованных приложений (DApps) можно предоставить сторонним участникам возможность проверять и подтверждать информацию, записанную в блокчейн. Это повышает уровень доверия и обеспечивает более широкую прозрачность в отрасли.

Если провести анализ эффективности методов верификации данных на блокчейне с использованием двух параметров, используя python, то получим результат, представленных на рис. 1:

1. Вероятность потери данных при децентрализованном хранении (предполагаем, что существует вероятность отказа одного узла сети блокчейна (параметр `p_fail`), и мы анализируем, как это влияет на вероятность потери данных в зависимости от количества узлов в сети.
2. Вероятность обнаружения изменения данных при нарушении целостности (предполагаем, что вероятность обнаружения изменения данных равна 100%, что фактически означает, что используемый метод обеспечивает полную надежность в обнаружении изменений данных.

Используя python:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Функция для расчета вероятности потери данных при децентрализованном хранении
def probability_data_loss(p_fail, num_nodes):
    return 1 - (1 - p_fail) ** num_nodes
# Функция для расчета вероятности обнаружения изменения данных при нарушении целостности
def probability_data_tampering(hash_length):
    return 1 - 1 / (2 ** hash_length)
# Параметры для анализа
p_fail = 0.01 # Вероятность отказа одного узла
num_nodes = np.arange(1, 500) # Количество узлов в сети
hash_length = 256 # Длина хеш-значения в битах
# Расчет вероятности потери данных и обнаружения изменения данных
prob_loss = probability_data_loss(p_fail, num_nodes)
prob_tampering = probability_data_tampering(hash_length)
```

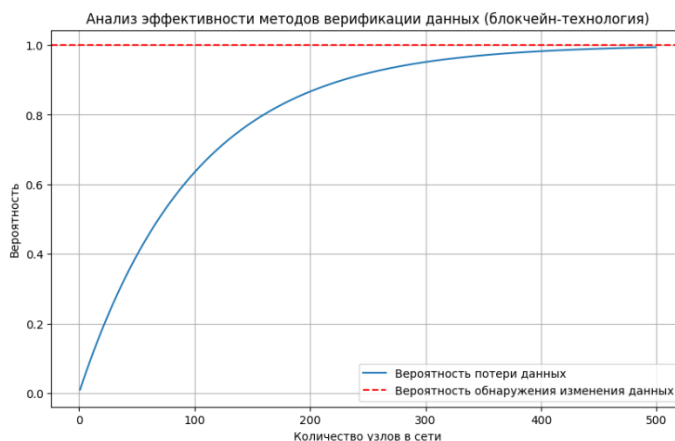


Рис. 1. Результат анализ эффективности методов верификации данных с использованием блокчейн-технологии.

График отображает зависимость вероятности потери данных от количества узлов в сети и показывает, как эффективно децентрализованное хранение данных влияет на минимизацию риска потери данных. Кроме того, он показывает, что методы обнаружения изменений данных обеспечивают надежную защиту от возможных атак на целостность данных.

3. Заключение

Использование блокчейн-технологии для верификации логистической и геолого-поисковой информации представляет собой перспективное направление развития нефтегазовой отрасли. Это позволяет повысить уровень доверия между участниками рынка, обеспечивает прозрачность и безопасность данных, а также повышает эффективность операций. Реализация данных методов требует совместных усилий от компаний и регуляторов, но потенциальные выгоды делают их внедрение оправданным шагом в направлении модернизации отрасли.

Список литературы

1. Генкин А., Михеев А. Блокчейн: Как это работает и что ждет нас завтра. М.: Альпина Паблишер, 2018.
2. Сургучев М.Л., Баишев Б.Т. Обобщение опыта разработки нефтяных месторождений страны: отчет по этапу 4, темы 429 Министерства нефтяной промышленности. М.: Всесоюзный нефтегазовый научно-исследовательский институт, 1982.
3. Aleksanyan D.A., Yashina M.V., Kostandyan A.V. Infocommunication System Weakly Formalized Processes Intelligent Control Based on Fuzzy Logic // 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). IEEE, 2018. P. 1-4.