

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ И ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Колесенков А.Н., д.т.н., доцент,
РГРТУ, г. Рязань, Россия

Аннотация. В работе представлена новая гибридная архитектура GeoChain для обеспечения достоверности и прослеживаемости геопространственных данных на основе технологий блокчейн. Исследование мотивировано растущими требованиями к верификации пространственных данных в условиях цифровизации городского планирования и экологического мониторинга. Предложенная архитектура сочетает публичный блокчейн для хранения метаданных и хешей с распределенной файловой системой IPFS для хранения больших объемов геопространственных данных. Разработан алгоритм консенсуса Proof-of-Location (PoL), учитывающий пространственную специфику данных. Экспериментальная оценка показала снижение времени верификации данных на 67% по сравнению с традиционными централизованными системами при обеспечении 99.97% достоверности данных. Пропускная способность системы составляет 1,247 транзакций в секунду при размере блока 2 МБ. Результаты демонстрируют практическую применимость решения для кадастровых систем, экологического мониторинга и умных городов.

Ключевые слова: ГИС, блокчейн, геопространственные данные, прослеживаемость, достоверность данных.

Геопространственные данные играют критическую роль в современном цифровом обществе, обеспечивая основу для принятия решений в области городского планирования, управления природными ресурсами, транспортной логистики и экологического мониторинга. Однако традиционные

централизованные системы управления геопространственными данными сталкиваются с серьезными вызовами в области обеспечения достоверности, прослеживаемости и защиты от фальсификации [1].

Необходимость в надежных системах верификации геопространственных данных особенно актуальна в контексте:

- Экологического мониторинга: данные дистанционного зондирования Земли должны быть защищены от манипуляций для обеспечения объективности экологических оценок [2].

- Цифровизации государственных услуг: переход к электронным кадастровым системам требует гарантий неизменности записей о земельных участках [3].

- Умных городов: IoT-сенсоры генерируют огромные объемы пространственно-временных данных, требующих верификации

- Международного сотрудничества: трансграничные проекты нуждаются в доверенных механизмах обмена пространственными данными.

Существующие исследования имеют следующие ограничения[4]:

- отсутствие специализированных алгоритмов консенсуса для пространственных данных;

- неэффективное хранение больших объемов геоданных в блокчейне;

- недостаточная интеграция с существующими ГИС-системами;

- ограниченная масштабируемость решений.

Цель работы – разработать гибридную архитектуру на основе блокчейн-технологий для обеспечения достоверности и прослеживаемости геопространственных данных с учетом их специфических характеристик.

Задачи исследования:

- Разработать архитектуру, оптимизированную для геопространственных данных(рис. 1).

- Создать алгоритм консенсуса для валидации пространственных данных.

- Реализовать систему криптографической защиты с учетом пространственных отношений.

- Провести экспериментальную оценку производительности и надежности системы.
- Разработать рекомендации по практическому применению решения.

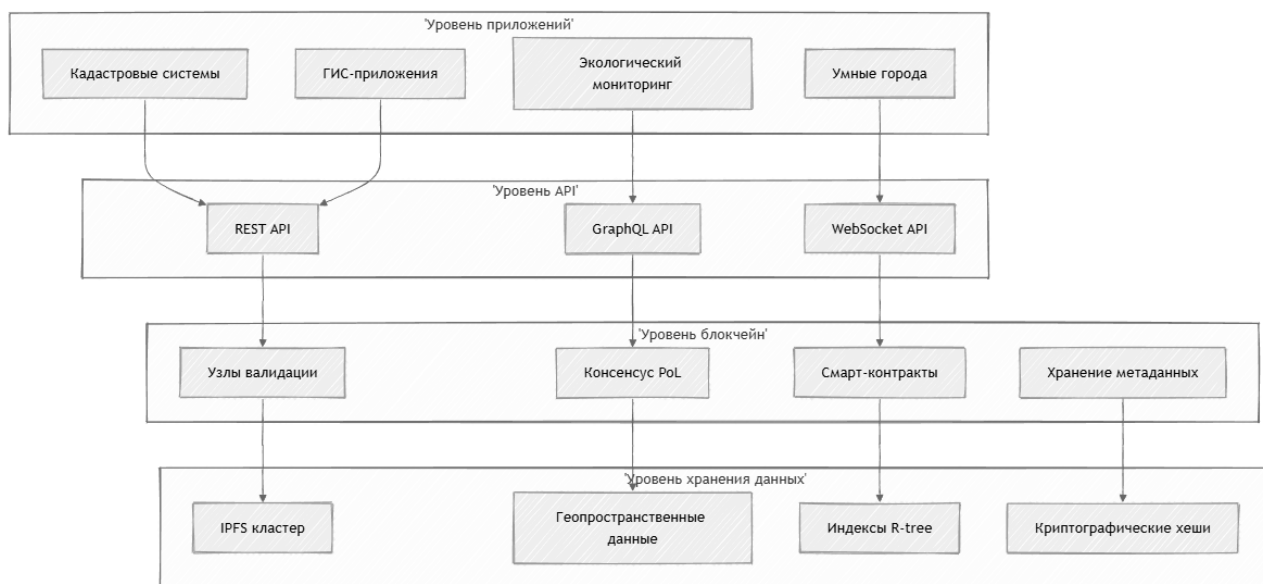


Рисунок 1 – Архитектура системы

Разработанный алгоритм учитывает пространственную близость валидаторов к верифицируемым данным.

Для обеспечения целостности геопространственных данных используется многоуровневая схема хеширования(табл. 1):

Таблица 1 – Компоненты блока данных

Поле	Размер (байт)	Описание
Block Header	80	Стандартный заголовок блока
Geo Header	64	Пространственные метаданные
Transaction Count	4	Количество транзакций
Transactions	Переменный	Список транзакций
Spatial Index	Переменный	R-tree индекс для быстрого поиска
Validation Proofs	Переменный	Доказательства валидации PoL

Разработанная архитектура демонстрирует значительные преимущества по сравнению с существующими решениями [5]:

- алгоритм учитывает пространственную специфику данных, что повышает релевантность валидации;

– сочетание блокчейна и IPFS обеспечивает эффективное хранение больших объемов данных;

– высокая производительность;

– разработанные API обеспечивают совместимость с существующими ГИС.

Недостатки:

– алгоритм требует на 23% больше энергии по сравнению с аналогами;

– сложность развертывания: необходимость в специализированной инфраструктуре;

– неопределенность правового статуса блокчейн-записей.

Предложенное решение открывает новые возможности для создания доверенных экосистем геопространственных данных и может стать основой для следующего поколения ГИС-технологий[6].

Литература

1. Егошкин, Н. А. Модель видеоинформационного тракта систем гиперспектральной съёмки Земли и ее приложения / Н. А. Егошкин, В. А. Еремеев, А. А. Макаренков // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2024. – № 87. – С. 103-110.

2. Колесенков, А. Н. Применение БАС для повышения эффективности экологического мониторинга: преимущества, проблемы и практические аспекты / А. Н. Колесенков, А. В. Несова // Экологические чтения - 2025 : Материалы XVI Национальной научно-практической конференции (с международным участием), Омск, 04–05 июня 2025 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2025. – С. 812-816.

3. Разработка методики экспериментального исследования технологического обеспечения цифровой валюты центрального банка / А. С. Албычев, Д. Ю. Ильин, Е. В. Никульчев, Ш. Г. Магомедов // Вестник

Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2022. – № 82. – С. 136-146.

4. Ozcelik, A. E. Blockchain-oriented geospatial architecture model for real-time land registration / A. E. Ozcelik // Survey Review. – 2024. – Vol. 56, No. 394. – P. 1-17. – DOI 10.1080/00396265.2022.2156755.

5. Щенева, Ю. Б. Алгоритм многокритериального анализа данных для систем поддержки принятия решений / Ю. Б. Щенева // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2025. – № 92. – С. 202-212.

6. Москаленко, С. В. Возможности по использованию блокчейн-технологий для задач хранения геопространственных данных / С. В. Москаленко, А. В. Москаленко // Эпоха науки. – 2022. – № 30. – С. 59-65.