

ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ХРАНЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Москаленко Станислав Владимирович

к.т.н., доцент кафедры «Прикладной информатики и информационной безопасности»

Москаленко Алла Владимировна

студентка 5 курса

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет

имени М.В. Ломоносова»

Россия, г. Архангельск

Аннотация: На сегодняшний день многие компании стараются развиваться, используя новые технологии, такие как Блокчейн, Интернет Вещей, Индустрия 4.0, Большие данные. Это происходит для того, чтобы вовлечь в свой бизнес полностью цифровые среды, которые способны не только сохранять исторические данные, но также быть открытыми, прозрачными и надежными. Самые частые задачи, которые решаются с помощью блокчейн-технологий: оцифровка бизнес-процессов, сохранение финансовой информации, реализация цепочек поставок. И в данной статье предлагаются подходы по реализации потенциала применения блокчейн-технологий, основанных на сети Ethereum, для задач хранения геопространственных данных применимо к области лесного хозяйства. Выдвинутые решения обеспечивают более эффективный путь сохранения и управления геоданными по сравнению с традиционными решениями.

Ключевые слова: блокчейн, геопространственный блокчейн, лесоправление, криптография, технологии распределенного реестра, смарт-контракты, интернет вещей, умные города, ГИС, геораспределенные данные.

BLOCKCHAIN USAGE OPTIONS RESEARCH FOR THE TASKS OF GEO DATA STORING

Moskalenko Stanislav Vladimirovich

Ph.D., Associate Professor of The Applied Informatic and Information Security Department,

Moskalenko Alla Vladimirovna

student 5 course

Northern (Arctic) Federal University

Russia, Arkhangelsk

Abstract: Today's businesses have been evolving along with the technological developments, such as Industry 4.0, internet of things, and blockchain technology, in order to create not only fully digital and traceable but also transparent, reliable and secured environments. The most common purposes to adopt the blockchain technology is to redesign and integrate processes, supply chains or financial arrangements. This article proposes such an Ethereum blockchain based solutions concerning this potential to manage and adjust the processes for efficient geo spatial data storing with primary focus on tree location aspect. Proposed solutions supposed to provide a more effective way to store geo data in contrast to the conventional procedures.

Keywords: Blockchain, Geospatial blockchain, tree data management, Crypto-spatial coordinate system, Cryptography, Distributed ledger technology, Smart contracts, Internet of Things, Smart cities, GIS

Поисковый запрос "геопространственные данные в блокчейн" по научному журналу Springer в июне 2022 года позволял получать около 22000 проиндексированных статей по данной теме, что свидетельствует о растущем интересе к блокчейн-технологии со стороны ГИС-сообществ, а также к использованию геопространственных данных в исследовательских и практических задачах.

Основы, на которых базируется блокчейн: децентрализация, криптографическая безопасность и неизменяемость данных делают его значимым претендентом на роль реорганизатора в подходе к хранению геопространственных систем во всем мире. Решения в сфере блокчейн в настоящее время рассматриваются для следующих задач:

- 1) защита геопространственных данных;
- 2) геоисследования и монетизация полученных данных;
- 3) выявление подлогов в хранимых геопространственных данных;
- 4) наблюдение за географическими объектами;
- 5) создание публичных и открытых источников с геометками;
- 6) применение геораспределенных данных в области интернета вещей для построения умных городов;

7) дополненная реальность в купе с блокчейном для имитации риск-сценариев с возможностью моделирования процесса восстановления после сбоя, включая механизмы проверки целостности данных, добавления и вознаграждения за пополнение данных, получаемых сообществом.

На сегодняшний день уже существуют геопространственные блокчейн-решения, которые используют криптографию для хранения неизменяемых пространственных данных. Эти геопространственные блокчейн-решения не просто сохраняют конкретное время добавления объектов, но также требуют подтверждения привязки к местоположению, что позволяет точно отображать события физического мира в пространственно-временном масштабе.

Блокчейн и технологии распределенного реестра сталкиваются с теми же проблемами, что и любая другая перспективная технология, которая потенциально способна заменить текущие бизнес-процессы, а именно проблемы совместимости, безопасности и конфиденциальности, а также с вопросами поиска подходящих и устойчивых моделей внедрения. Тем не менее, ожидается, что блокчейн-технологии будут становиться все более эффективными и надежными, поскольку они будут сочетаться с новейшими ИТ для применения в различных реальных областях жизнедеятельности, включающими обмен данными.

Введение.

Некоторые компании с недавнего времени стали объявлять о том, что они начинают использовать или рассматривают возможность использования блокчейн-приложений для реорганизации и поддержки своих бизнес-процессов, цепочек поставок или механизмов принятия решений. Благодаря тому, что блокчейн-системы являются удобными для бизнес-разработки, расширяемыми и надежными [1], они идеально подходят для поддержки геопространственных сред.

В 2014 году одна из самых важных фигур в Кремниевой долине, пионер интернет-революции Марк Андреесен заявил, что блокчейн является самой важной инновацией со времен появления Интернета [2]. Блокчейн является основой криптовалют подобных Биткойну, к тому же все другие основные криптовалютные экосистемы также напрямую связаны с Блокчейн. Корни появления блокчейна уходят еще в начало 1990-х годов, когда Хабер и Сторнетта [3] предложили способ маркировки данных, привязанных ко времени, их хэширования и последующего расположения в хронологическом порядке. Потом у Вэя Дая возникла идея использовать данный подход в криптовалютах. И далее Накамото сформулировал идею блокчейна и опубликовал ее в своей знаменитой работе [4]. Накамото не использовал термин "блокчейн" или "цепочка блоков" в статье, однако он использовал

термины "блок" и "цепь" 67 и 27 раз соответственно; сам же термин "блокчейн" был придуман и стал использоваться криптовалютным сообществом со временем.

Появление биткойна доказало, что технология блокчейн в виде набора децентрализованных сетей с применением алгоритмов консенсуса является надежным инструментом, которому можно доверять без необходимости в проверках третьих сторон. В течение первых нескольких лет блокчейн использовался только для криптовалют, потому что стоимость создания и эксплуатации блокчейн-блоков была высока, и пользователи шли на такие траты только с целью получения вознаграждения в виде криптовалюты. По мере того как технология развивалась и становилась все более популярной, в блокчейн внедрялись усовершенствования, доработки и новые технологии. И таким образом за последние десять лет стало ясно, что блокчейн можно использовать не только в применении к криптовалютам.

Фактически, блокчейн рассматривается как слияние "базы данных" и "вычислительной сети" – двух терминов из области компьютерных систем, что делает технологию блокчейн идеальной для идентификации, регистрации, передачи и отслеживания любых цифровых активов. Блокчейн, как система баз данных, объединяет транзакции в блоки, шифрует их и связывает эти блоки друг с другом, начиная каждый блок со ссылки на хэш предыдущего блока [5]. С верификацией каждого блока транзакции в выбранном блоке распространяются по сети на все остальные узлы, содержащие все цепочки блоков.

Выбор типа блокчейна для сохранения геоданных.

Некоторые принципы *доказательства выполнения работ* (proof-of-work) могут функционировать только на закрытых (эксклюзивных) блокчейнах, некоторые - только на открытых блокчейнах (без необходимости в разрешениях), а некоторые - на обоих.

Блокчейн без необходимости в разрешениях не требует идентификации пользователей. Ее участники, как правило, анонимны или работают через псевдонимы, пример таких сетей: Bitcoin (биткойн) или Ethereum. С другой стороны, закрытый блокчейн требует соблюдения определенного рода процедур "Знай своего клиента" (KYC) или "Знай своего Бизнес-клиента" (KYB), выполнение которых позволяет компании или человеку участвовать в процессах данного блокчейна.

Даже несмотря на некоторые попытки, например от проекта ChainAnchor, обеспечить анонимность пользователя в закрытых блокчейн-системах, анонимность не является одной из самых важных характеристик в использовании этого вида блокчейна [6]. Системы без необходимости в разрешениях имеют некоторые преимущества, такие как защита от атак, фальсифицирующих идентификационные данные, и более низкие затраты на обеспечение защиты. Однако очень важно, чтобы правила и условия для работы таких блокчейнов были абсолютно ясны и работоспособны до их внедрения, иначе участники и организации не будут использовать такой блокчейн или будут злоупотреблять им [7]. Наиболее очевидными преимуществами эксклюзивных блокчейн-систем являются их эффективность и масштабируемость по сравнению с блокчейнами без разрешений. Блокчейны без необходимости в разрешениях обычно требуют от каждого из своих узлов ведения базы данных всех цепочек и быстрого распространения информации о новых блоках на каждый из оставшихся узлов (в течение нескольких секунд), поэтому открытые блокчейн-системы, как правило, являются более дорогостоящими. По этим причинам размеры цепочек Bitcoin и Ethereum в настоящее время составляют сотни гигабайт, и биткойн имеет ограничение в семь транзакций в секунду, в то время как Ethereum может обрабатывать максимум 25 транзакций в секунду. В общей сложности на блокчейн приходится петабайты данных, и они содержат только простые данные о транзакциях.

Помимо открытого и эксклюзивного, существует еще одна разновидность блокчейна - консорциумные системы. Данный вид блокчейна, иногда называемого федеративным блокчейном, используется группой различных участников или компаний, где заранее определены правила, роли и полномочия [8]. Эксклюзивные блокчейн-

системы обычно используются внутри только одной компании, доступ к базе данных может быть предоставлен на чтение за пределы организации, однако все разрешения на запись, транзакции изменения, задачи верификации и идентификации могут быть исполнены только в рамках организации [9]. Таблица 1 показывает отличия между тремя видами блокчейна.

Таблица 1 - Свойства блокчейн-систем различных групп

Свойство	Открытый блокчейн	Федеративный блокчейн	Эксклюзивный блокчейн
Участие в принятии консенсуса	Все майнеры	Определенная группа узлов	Единственная организация
Разрешение на чтение	Публичный	Может быть публичным или ограниченным	Может быть публичным или ограниченным
Оригинальность данных	Практически невозможно подделать	Может быть подделан	Может быть подделан
Скорость записи	Низкая	Высокая	Высокая
Централизация	Нет	Частично	Да
Участие в консенсусе	Без необходимости в разрешениях	Разрешения необходимы	Разрешения необходимы

В качестве системы для хранения геопространственных данных выбран открытый блокчейн в связи с такими его характеристиками как надежность, децентрализованность и оригинальность данных.

Ethereum и смарт-контракты.

Несмотря на то, что между блокчейн-системами существуют различия, большинство из них имеют некоторые общие характеристики и свойства [1].

Биткоин-блокчейн и его разновидности также иногда называют блокчейном 1.0, а блокчейн со "смарт-контрактами" - блокчейном 2.0. Сам Накамото в своей статье упоминал, что биткойн обладает большими возможностями, чем использование в качестве сети платежей, а биткойн-адреса имеют встроенную поддержку функций депонирования, возможности арбитража от третьих сторон, подписи данных группой участников и многого другого [4]. Он предложил развивать эти технологии после того, как биткойн станет общепринятым.

В 2014 году Виталик Бутерин раскритиковал биткойн-блокчейн за отсутствие полноты по Тьюрингу и другие проблемы. Затем он предложил "платформу для смарт-контрактов и децентрализованных приложений нового поколения" под названием Ethereum [10]. У Ethereum есть своя криптовалюта под названием Ether, но этим она не ограничивается. Виртуальная машина Ethereum представляет собой блокчейн с полнотой по Тьюрингу, что, проще говоря, является полностью программируемым блокчейном. Полнота по Тьюрингу гласит, что любая задача, которая может быть вычислена с помощью Тьюринг-полной программы, может быть вычислена и с помощью другой Тьюринг-полной программы (Kerper, 2004). Таким образом, Ethereum не ограничивает возможности пользователей своим языком программирования, как это делает биткойн. Ethereum считается первой реализацией блокчейн 2.0 благодаря своим возможностям и сходству с видением Накамото и других биткойн-энтузиастов. Смарт-контракты в Ethereum - это, как правило, небольшие программы, которые связывают транзакцию с утверждением, например, "если команда А победит, отправьте 10 Ether на адрес В". Такие смарт-контракты и другие программы могут быть реализованы на нескольких языках программирования по

желанию разработчика, но самым популярным языком для Ethereum является Solidity, который похож на языки программирования C и JavaScript. Существуют и другие языки программирования под Ethereum, такие как Serpent, Vyper, LLL, Mutan и JULIA.

Появление Ethereum с его возможностями положило начало новой эре в блокчейн. Организации поняли, что благодаря новым программируемым блокчейн-системам они могут перевести некоторые из своих бизнес-процессов на блокчейн и тем самым снизить свои расходы, повысить безопасность и прозрачность данных, сделав свою организацию более открытой для общества. Также стало понятно, что теперь возможно решить большинство хронических проблем, таких как несовместимость систем, проблемы коммуникации, человеческие ошибки, системные ошибки и подмена данных, и все это без верификации третьих сторон.

Одной из самых важных проблем в эпоху больших данных является определение источника возникновения события [11]. Поскольку существует огромное количество данных, которые поступают постоянно и быстро, то сложно отслеживать изменения единицы данных традиционными методами. Та же ситуация применима к реальным товарам, услугам и информации. При использовании традиционных технологий управления цепочками поставок, компании, как правило, используют штрихкоды или технологии, подобные RFID, внутри самой компании, но как только продукт выходит за ее пределы, возможна ситуация, когда участники будут не в состоянии отследить или передать исторические данные, связанные с продуктом, своим клиентам или партнерам.

Для сохранения геопространственных данных выбран блокчейн Ethereum. С помощью него возможно сохранять информацию о геообъектах (деревья, кустарники, лесные насаждения) в виде смарт-контракта, который содержит в себе параметры: координаты, тип, высота объекта.

Формулировка геопространственных задач для решения с помощью блокчейн-технологий.

Как было упомянуто, большинство из блокчейн-систем имеют общие характеристики и свойства. Они "структурированы", то есть данные, хранящиеся в блокчейне, организованы в соответствии с правилами, структурами данных. Их блоки "инкрементальны", то есть цепочки начинаются с 0 или 1, и смежные блоки связаны друг с другом в виде линейных последовательностей с использованием временных меток. Они "оригинальные", что означает, что каждая транзакция может быть проверена с помощью других узлов. И, конечно, все они "цифровые". Кроме этих характеристик, большинство блокчейн-систем практически неизменяемы, что означает, что для того, чтобы подделать уже произошедшую транзакцию, необходимо изменить данные на большинстве узлов, что возможно, но весьма трудноосуществимо.

Исходя из этих характеристик сформулируем задачи, связанные с лесоуправленческими геоданными, которые можно решить при помощи блокчейн-технологий:

1. Обеспечение оригинальности данных. Поджоги лесного массива с целью скрыть кражи древесины, а также фальсификация данных о качестве и количестве той или иной породы, часто встречаются в развивающихся странах или странах с низким уровнем доходов.

Технология блокчейн поможет улучшить отслеживание и управление геообъектами благодаря тому, что данные сохраняются с историей. Это даст такие преимущества, как сокращение или устранение мошенничества и ошибок на стадии инвентаризации древесины, улучшит возможности учета объектов лесного массива, а также повысит доверие потребителей и партнеров в связи с открытостью и надежностью системы.

2. Привлечение большего числа участников процесса пополнения данных. Одним из преимуществ технологии блокчейн является расширение возможностей ввода данных не только учреждениями и организациями, но и внешними участниками. То есть

любые участники сети могут вносить информацию о гео-объектах, и чем больше внесено записей, тем выше авторитет каждого участника, соответственно это повышает достоверность вносимых данных.

Блокчейн не только защищает и связывает введенные данные с владельцем, но и облегчает их безопасный обмен. Узлы блокчейна (валидаторы) выступают в качестве серверов данных, которые могут поддерживаться самими организациями, собирающими данные. Смарт-контракты определяют доступ и права на данные и являются "языком", на котором работает блокчейн. Криптокошельки участников - это способ взаимодействия отдельных лиц, например, геодезистов, с блокчейном, где кошельки содержат ключи, обеспечивающие доступ владельцев к соответствующим данным.

3. Цифровизация некоторых аспектов управления лесом. Здесь можно подключить оцифровку учета леса, управление правами на вырубку, контроль за исполнением требований лесной сертификации и оптимизацию процесса транспортировки древесины. Можно рассмотреть возможность создания децентрализованной инфраструктуры для рынка сбыта леса с использованием уникальных токенов, которые позволят участникам определять стоимость и согласовать процесс реализации. Обработка заказов и связанные с ней компоненты, например создание договоров, являются особенно перспективными областями для интеграции данной функциональности в виде смарт-контрактов с целью автоматизации. Недавние законодательные изменения во многих регионах Европы допускают использование смарт-контрактов как юридически достаточных для осуществления сделок.

В дополнение к вышеупомянутым категориям случаев использования блокчейна в лесоуправлении, появляются новые категории и случаи использования. К ним относятся, в частности, наблюдение за состоянием лесного массива, соответствие нормативным требованиям в отношении FSC (Forest Stewardship Council), улучшение ведения документации в леспромхозах и более широкое использование фитопатологических данных.

Блокчейн для управления данными о энтомологических проблемах также может иметь потенциал для создания новых способов предотвращения распространения паразитов и более продуктивной борьбы с ними, включая запись о вспышках размножения вредителей по сезонам за прошлые годы в блокчейн, что позволит составить более четкий прогноз на последующие годы.

В наши дни многие источники открытых данных являются централизованными, например, картографические данные британской компании Ordnance Survey (OS Maps), которые, хотя и бесплатны для конечных пользователей, финансируются за счет налогоплательщиков. IoT-приложения часто полагаются на информацию от третьих сторон для своих устройств, например, на данные от OS Maps или Google Maps. Но с доступом к действительно публично распределяемым данным, то есть блокчейн, эти приложения могут стать более надежными и дешевыми в эксплуатации и обслуживании. При использовании открытых данных из блокчейн, никакая организация не может ограничить доступ к данным (в отличие от централизованной системы), а затраты могут быть сведены к минимуму благодаря прозрачности работы узлов и валидаторов. Участники, которые вносят геопространственные данные могут быть вознаграждены в той или иной форме крипто-токенами, а также будет вестись публичный учет всех изменений и действий. Данные положения еще раз подкрепляют идею об эффективности хранения геоданных в открытом блокчейне Ethereum.

Список литературы:

1. Conte de Leon, D., Stalick, A. Q., Jillepalli, A. A., Haney, M. A., & Sheldon, F. T. (2017). Blockchain: Properties and misconceptions. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 11(3), 286–300.

2. Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2, 6–10.
3. Haber, S., & Stornetta, W. S. (1990, August). How to time-stamp a digital document. In *Conference on the theory and application of cryptography* (pp. 437–455). Berlin, Heidelberg: Springer.
4. Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, Retrieved April 3, 2019, from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
5. Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), 183–187.
6. Hardjono, T., Smith, N., & Pentland, A. S. (2014). Anonymous identities for permissioned blockchains. Massachusetts Institute of Technology: MIT Internet Trust Consortium.
7. Peters, G. W., & Panayi, E. (2016). Understanding modern banking ledgers through blockchain technologies: Future of transaction processing and smart contracts on the internet of money. In *Banking beyond banks and money* (pp. 239–278). Cham: Springer.
8. Voshmgir, S., & Kalinov, V. (2017). *Blockchain a beginners guide*. ver, 1, 30.
9. Buterin. (2015). Retrieved April 3, 2019, from <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-publicand-private-blockchains/>
10. Buterin, V. (2013). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Ethereum White Paper*
11. Kim, H. M., & Laskowski, M. (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supplychain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(1), 18–27

