

Еремина И. А., Золотарев Т. В.

## СТРАТЕГИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

**Еремина Ирина Александровна**

доктор экономических наук, профессор  
Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС (г. Орел,  
Россия), профессор кафедры «Менеджмент и управление персоналом»  
e-mail: eremina-ia@ranepa.ru  
ORCID: 0000-0001-9065-6019  
SPIN: 7094-5920

**Irina A. Eremina**

Doctor of Economic Sciences, Associated Professor  
Central Russian Institute of Management – Branch of RANEPA  
(Orel, Russia), Professor of the Department of Management and  
Personnel Management  
e-mail: eremina-ia@ranepa.ru  
ORCID: 0000-0001-9065-6019  
SPIN: 7094-5920

**Золотарев Тимофей Владимирович**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
(г. Санкт-Петербург, Россия), соискатель Высшей инженерно-экономической школы  
e-mail: irenalks@mail.ru

**Timofey V. Zolotarev**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Saint-Petersburg,  
Russia), PhD student of Graduate School of Industrial Economics  
e-mail: irenalks@mail.ru

Применение технологии блокчейн в региональном развитии представляет собой относительно новую область исследований, которая только начинает активно развиваться. Основные аспекты новизны данного исследования включают в себя: изучение возможностей применения технологии блокчейн для улучшения прозрачности и эффективности управления в рамках региональных программ и проектов; оценка потенциала блокчейн-технологии для повышения уровня доверия и безопасности при взаимодействии между участниками региональной инновационной экосистемы; разработка стратегий внедрения блокчейн-технологии для стимулирования инновационного развития регионов. **Целью** проведенного исследования является определение возможностей применения технологии блокчейн для стимулирования устойчивого и инновационного развития регионов. В рамках исследования разработана отказоустойчивая распределенная система по сбору данных из блокчейн сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели с последующим обоснованием её экономической эффективности для Департамента информационных технологий Орловской области. Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**: исследование потенциальных областей применения технологии блокчейн для обеспечения устойчивого развития регионов; анализ возможных экономических выгод от внедрения технологии блокчейн в региональные процессы; исследование ожидаемых технологических и организационных изменений в результате её применения. **Практическая значимость**: данное исследование предлагает конкретное практическое применение технологии блокчейн для достижения устойчивого инновационного развития регионов, создавая тем самым основу для развития конкретных стратегий и действий для органов власти, бизнеса и общества в целом. Исследование предоставляет практические рекомендации по использованию технологии блокчейн для разработки стратегий инновационного развития регионов, что может быть весьма полезно для управленцев и руководителей на региональном и

The use of blockchain technology in regional development is a relatively new area of research that is just beginning to develop actively. The main aspects of the novelty of this study include the following: exploring the possibilities of using blockchain technology to improve transparency and management efficiency within the framework of regional programs and projects, evaluating the potential of blockchain technology to increase trust and security in interaction between participants in the regional innovation ecosystem, and developing strategies of of blockchain technology to stimulate innovative development of the regions. The purpose of the study is to determine the possibilities of using blockchain technology to stimulate sustainable and innovative development of the regions. Within the framework of the study, a fault-tolerant distributed system for collecting data from blockchain network was developed to strategize sustainable innovative development of the regions based on actor model with the subsequent justification of its economic effectiveness for the Department of Information Technology of Orel region. To achieve this goal, the following tasks were solved: research of potential applications of blockchain technology to ensure sustainable development of the regions, analysis of possible economic benefits from blockchain technology implementation into regional processes, and research of expected technological and organizational changes as a result of its application. Practical significance of the research includes the following: the study suggests a specific practical application of blockchain technology to achieve sustainable innovative development of the regions, thus creating the basis for the development of specific strategies and actions for the government, business and the society as a whole. The study provides practical recommendations on the use of blockchain technology to develop strategies for innovative development of the regions, which can be very useful for managers and executives at the regional and local levels. The following methods were used in the course of the study: the method of studying and

местном уровнях. В ходе исследования применялись следующие **методы**: метод изучения и обобщения научной литературы (был применён для получения общей информации об исследуемом объекте для качественного её использования); методы анализа, синтеза, группировки и классификации данных для детального изучения объекта и предмета исследования, метод распределённого моделирования для сбора данных из блокчейн-сети. В результате было установлено, что применение технологии блокчейн может значительно повысить устойчивое инновационное развитие регионов, что обеспечивает прозрачность, безопасность и надёжность ведения записей и транзакций, что способствует улучшению эффективности процессов в различных секторах региональной экономики. Применение данной технологии может улучшить процессы регионального управления, позволяя более эффективно собирать и анализировать данные, контролировать распределение финансовых ресурсов и предотвращать коррупцию. В ходе исследования построена система стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели блокчейн-сети. Выделены функциональные модули системы, которые будут отвечать за ту или иную часть логики системы. Также разработана отказоустойчивая распределённая архитектура, включающая все необходимые функциональные модули. Результаты исследования позволяют рекомендовать использование указанной технологии в стратегиях развития региональных экономик, чтобы сделать их более инновационными, устойчивыми и конкурентоспособными. Такое использование технологии может быть осуществлено через создание блокчейн-платформ, смарт-контрактов и цифровых идентификаторов, которые будут регулировать и упрощать процессы в различных сферах деятельности, включая государственное управление, бизнес и финансовый сектор. **Дальнейшим перспективным направлением исследования** может быть изучение влияния технологии блокчейн на улучшение прозрачности и эффективности управления в регионах. Анализ того, как использование блокчейна может повысить уровень доверия между гражданами и властями, снизить коррупцию и улучшить процессы принятия решений, может привести к разработке новых стратегий развития для регионов. Также стоит исследовать применение блокчейна в сфере муниципального управления, учёта коммунальных платежей, локальных государственных закупок и других аспектов жизни регионов.

**Ключевые слова:** технология блокчейн, стратегирование, регион, инновационное развитие, технологии, акторная модель блокчейн-сети, хранение данных.

**Вклад авторов:** все авторы внесли равный вклад в проведение исследования и написание статьи; выразили согласие нести публичную ответственность за все аспекты работы, связанные с точностью или достоверностью любой части рукописи; одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

**Для цитирования:** Еремина И. А., Золотарев Т. В. Стратегирование устойчивого инновационного развития регионов на основе применения технологии блокчейн // Экономическая среда. – 2024. – Т. 13, № 2. – С. 65-78. – <https://doi.org/10.36683/ee242.65-78>. – EDN YNRRZK.

summarizing scientific literature (it was used to obtain general information about the object under study for its qualitative use), methods of analysis, synthesis, grouping and classification of data for a detailed study of the object and subject of research, and the method of distributed modeling for collecting data from blockchain network. As a result, it was found that use of blockchain technology can significantly enhance the sustainable innovative development of the regions, which ensures transparency, security and reliability of records and transactions, which contributes to improving the efficiency of processes in various sectors of regional economy. The use of this technology can improve regional governance processes, allowing more efficient data collection and analysis, control of financial resources allocation and prevent corruption. In the course of the study, a system for strategizing sustainable innovative development of the regions based on the actor model of blockchain network was created. Functional modules of the system, which will be responsible for one or another part of the system logic, are highlighted. A fault-tolerant distributed architecture was also developed, including all the necessary functional modules. The results of the study allow recommending the use of this technology in development strategies of regional economies in to make them more innovative, sustainable and competitive. Such use of technology can be implemented through creation of blockchain platforms, smart contracts and digital identifiers that will regulate and simplify processes in various fields of activity, including public administration, business and financial sector. Study of blockchain technology impact on improving transparency and management efficiency in the regions may be further promising area of the research. The analysis of how the blockchain use can increase the level of trust between citizens and authorities, reduce corruption and improve decision-making processes can lead to new development strategies design of the regions. To explore the blockchain use in the field of municipal management, utility bills accounting, local public procurement and other aspects of regional life is also worth doing.

**Keywords:** blockchain technology, strategizing, region, innovative development, technologies, actor model of blockchain network, data storage.

**Authors' contribution:** All authors contributed equally to the research and writing; agreed to be publicly responsible for all aspects of the work related to the accuracy or integrity of any part of the manuscript; approved the final version of the article before publication.

**For citation:** Eremina I. A., Zolotarev T. V. Planning, Forecasting and Management of Sustainable Innovative Development of the Regions on the Basis of Blockchain Technology. *Economic environment*. 2024; 13 (2): 65-78. (In Russ.). – <https://doi.org/10.36683/ee242.65-78>. – URL: <https://www.elibrary.ru/YNRRZK>.

## Введение

Повсеместное применение блокчейн-технологий обусловлено непрерывным развитием различных отраслей экономики. Блокчейн уже активно используется в финансовой, банковской, страховой сферах и других. В последнее время данную технологию начали внедрять и в деятельность государства, а именно в региональную практику. Российская Федерация не является исключением. Одним из проектов в рамках цифровой трансформации Российской Фе-

дерации является внедрение блокчейн-технологий в практику устойчивого инновационного развития регионов. Для его эффективного обеспечения необходимо проанализировать: насколько этот проект экономически целесообразен? в каком количестве и какие ресурсы необходимы? какие изменения последуют в деятельности смежных ведомств? как эти изменения коснутся граждан? Таким образом, изучение всех этих аспектов внедрения блокчейн-технологий в региональную практику является одной из приоритетных задач в настоящее время, ведь применение таких инноваций выводит государство на новый виток развития экономики в целом. Актуальность выбранной темы исследования определяется тем, что Российская Федерация нуждается в создании условий для повышения её конкурентоспособности на международной арене в результате внедрения и применения усовершенствованных технологий обработки и хранения баз данных на основе применения блокчейн-технологий для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов.

Теоретической и методологической основой исследования внедрения блокчейн-технологий в региональную практику в последние годы были заинтересованы следующие учёные: Д. О. Губин, В. С. Гусев, Н. А. Захаров, Ю. Д. Земляков, С. Г. Исроилов, А. В. Облизов, Ю. А. Солдатенкова, А. В. Клечиков, М. М. Пряников, А. В. Чугунов, А. Ю. Иванов, М. Л. Башкатов, Е. В. Галкова и другие. Их труды в значительной мере помогли исследованию выделенной проблемы, однако они не могут быть применены для её полного концептуального решения, а лишь способствуют её изучению. Научная новизна представленного исследования заключается в том, что оно предлагает использование технологии блокчейн для достижения устойчивого инновационного развития регионов за счёт создания отказоустойчивой распределённой системы для сбора и обработки данных из блокчейн-сети. Решение использования данной технологии в региональной практике является довольно нераспространённым на сегодняшний день, что делает данную тему актуальной и способной решить проблему загрузки огромного объёма данных для задачи получения информации из блокчейн-сети. В своём исследовании предлагаем построение отказоустойчивой распределённой системы по сбору данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели.

Использование технологии блокчейн позволит создать надёжный и прозрачный реестр данных на региональном уровне, который невозможно подделать или изменить без согласия большинства участников сети. Это позволит регионам эффективно управлять своими ресурсами и активно привлекать инновации. Таким образом, основным вкладом этого исследования является предложение нового подхода к стратегированию устойчивого инновационного развития регионов, основанного на применении технологии блокчейн. Он поможет регионам повысить эффективность своих процессов, улучшить прозрачность и обеспечить устойчивое развитие в долгосрочной перспективе. Данное исследование предлагает конкретное практическое применение данной инновационной технологии для достижения устойчивого стратегического развития регионов, создавая тем самым основу для развития конкретных стратегий и действий для органов власти, бизнеса и общества в целом. Исследование содержит практические рекомендации по использованию технологии блокчейн для разработки стратегий инновационного развития регионов, что может быть весьма полезно для управленцев и руководителей на региональном и местном уровнях. Объектом исследования являются методологические основы, которые используются для разработки устойчивых стратегий инновационного развития регионов с учётом возможного применения технологии блокчейн. Предметом являются инструменты построения сети стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели на основе применения блокчейн-технологий, направленные на совершенствование системы обеспечения экономической безопасности.

### **Материалы, методология и инструментарий исследования**

Технология блокчейн способна создать общедоступную систему передачи информации между пользователями сети, в которой каждый участник смог бы получить достоверную не-

обходимую информацию при условии сохранения конфиденциальности и защищённости этой системы, а также с соблюдением доверия всех пользователей системы. Соблюдение этих условий является наиболее важным условием эффективного решения острых проблем цифровой сферы в региональной практике. Все эти проблемы решает, как уже было сказано, не новая технология, а совокупность ранее известных, но соединённых в одно – блокчейн. Блокчейн – это программный продукт, который позволяет хранить и преобразовывать величины или данные при помощи интернета защищённым и прозрачным способом, не имея при этом центрального управляющего органа [16]. Иными словами, блокчейн – это ряд связанных блоков, которые позволяют сохранять достоверную информацию совершенно разной направленности, например: операции, контракты, соглашения, документы на права собственности и т. д. Каждая новая информация записывается в новую ячейку цепочки блоков, она подтверждается участниками системы, что значительно повышает её достоверность и доверие между участниками системы.

Таким образом, из определения можно выделить некоторые особенности блокчейна: автоматизация транзакций; сохранение доверия пользователей системы; подтверждение подлинности информации, а также нотариализация [12]. Тем самым блокчейн позволяет передать что-то ценное от одного клиента к другому без посредника с сохранением уверенности участников в том, что элемент не будет скопирован и передан иным лицам, будет достоверным и подлинным. Данный перечень не является окончательным и будет дополняться разными особенностями в зависимости от типа блокчейн-цепи: публичная (public blockchains); эксклюзивная (permissioned blockchains); частная (private blockchains) [9].

Материалы, используемые в ходе проведённого исследования устойчивого инновационного развития регионов на основе применения технологии блокчейн: передовые технологии в управлении региональным развитием; опыт применения блокчейн-технологии; преимущества и ограничения применения технологии блокчейн в устойчивом развитии регионов; механизмы интеграции блокчейн-технологии в стратегии развития регионов; роль и значение цифровизации и цифровых технологий в обеспечении устойчивого инновационного развития регионов; анализ практических кейсов успешного применения блокчейн-технологии в управлении развитием регионов.

Какие задачи необходимо решить при создании системы блокчейн-цепи устойчивого инновационного развития регионов:

1. Все ли участвующие стороны доверяют друг другу?
2. Каким образом будут осуществляться транзакции между сторонами, которые не являются доверенными?
3. Каким образом будут осуществляться транзакции между доверенными сторонами, необходимо ли подтверждение?
4. Необходимо ли наличие токенов (может ли быть несколько видов)?
5. Все ли участники должны видеть синхронизированное представление данных?
6. Необходимо ли учесть наличие централизованного органа управления системой?
7. Должны ли данные быть конфиденциальными?
8. Каким образом будет обеспечена идентификация участников системы?
10. Как будет обеспечена защита системы?

Необходимо учитывать также, что любая блокчейн-система независимо от типа должна сохранять надёжность и безопасность в случае, если меньшая её часть преднамеренно или непреднамеренно создаст ненадёжную или вредоносную информацию. Для устранения этих проблем блокчейн основывается на криптографической системе. Криптография в системе блокчейн-цепей позволяет добиться прозрачности при проведении всех операций, сохранить такое важное свойство системы, как неизменность и конфиденциальность. Блокчейн по своей сути – хранилище данных, которое организовано с помощью последовательно выстроенной цепочки блоков, в каждом из этих блоков содержится информация, позволяющая идентифицировать следующий и предыдущий блоки [5]. Данная концепция выстраивания данных

крайне похожа на двусторонний связный список, где каждый элемент имеет ссылки на следующий и предыдущий. В текущее время под блокчейном чаще подразумевают распределённое хранилище транзакций, произведенных, например, с какой-то криптовалютой. Данная технология позволяет добиться консистентности данных у всех участников блокчейн-сети благодаря алгоритму консенсуса, что, в свою очередь, даёт возможность каждому участнику доверять полученной от сети информации, зная, что другие участники подтвердили, что информация корректна.

Существует множество различных блокчейн-сетей, которые используют свои собственные протоколы и криптовалюты. Ethereum, в свою очередь рассматривается не просто как криптовалюта или протокол, это по большей части платформа, позволяющая создавать свои собственные децентрализованные сервисы на базе технологии блокчейн [1]. Данная платформа реализована как децентрализованная виртуальная машина, позволяющая запускать в ней код (смарт-контракты), который закрыт от изменения, что даёт возможность задать условия перевода криптовалюты, которые не изменятся ни при каких обстоятельствах, то есть, другими словами, заключить договор между двумя сторонами. Однако недостаточно лишь иметь подобную технологию, ведь важно знать, что происходит внутри сети для отслеживания своих транзакций и смарт-контрактов. Для отслеживания состояния сети, блоков, которые постоянно создаются, а также данных внутри блоков уже придумано достаточно много различных инструментов, в том числе и для Ethereum. Данные инструменты необходимы, ведь в ином случае приходится пользоваться неудобным интерфейсом блокчейн-ноды, который, хоть и позволяет получить необходимые данные, но это крайне неудобно и требует дополнительных знаний о том, как взаимодействовать с интерфейсом. Более того, если мы хотим получить данные, которые были получены час назад, нам придётся их сохранять, однако мы можем развернуть полную, или архивную блокчейн-ноду, которая будет самостоятельно загружать весь блокчейн, по сути, предоставляя возможность доступа к данным в любое время, но данные ноды требуют крайне большого объёма свободного места на внутреннем накопителе (десятки терабайт и более), что, в свою очередь, может позволить себе не каждый и для региональной практики является трудоёмким процессом [8]. Такого недостатка лишена неполная нода, которая не сохраняет данные, а лишь получает их и, по сути, забывает. В таком случае при ручном получении данных не представляется возможным получить данные хоть какой-либо давности, если ранее они не были вручены нами сохранены.

Принимая во внимание изложенное, можно констатировать, что появляется необходимость в создании автоматизированной системы сохранения данных из блокчейн-сети для инновационного развития регионов. Особенно если учитывать, что данная система необходима не только для пользователей блокчейн-сети, но и для аналитиков, которые по полученным данным могут судить о различных параметрах сети, таких как сложность, нагрузка и т. д., так и для разработчиков децентрализованных протоколов, которые могут отслеживать аномальные изменения на сети для предотвращения аварийных ситуаций или атак. Исходя из всего этого, в первую очередь система для стратегирования инновационного развития должна быть надёжной и обеспечивать консистентность получаемых данных. Все эти важные параметры системы обеспечиваются с помощью использования архивной ноды, однако данный вариант, как было сказано ранее, крайне требователен к объёму дискового пространства.

Таким образом, необходима легковесная система, которая будет получать данные и сохранять их, при этом не требуя большого объёма памяти. Такая система должна быть распределённой для бесперебойного получения данных от неполных нод, а также она должна быть отказоустойчивой в плане получения и сохранения полученных данных для дальнейшего использования. Немаловажным будет и присутствие удобного и понятного для многих интерфейса получения данных. Таким образом, задачу стратегирования инновационного развития регионов на основе применения технологии блокчейн можно выразить как разработку распределённой отказоустойчивой системы для получения данных из блокчейн-сети.

В рамках нашей задачи были выделены следующие критерии сравнения:

1. Размер используемого дискового пространства для работы сервиса;
2. Надёжность приёма данных из блокчейн-сети;
3. Гарантия ответа пользователю при запросе данных от сервиса.

Для сравнения были выбраны следующие решения: сервисы, предоставляющие графический интерфейс и API для взаимодействия с ними: Anyblock, The Graph, Etherscan. А также проект Eventeum, который интересен тем, что использует не архивную ноду, а неполную.

1. AnyBlock – сервис, который предоставляет богатое API для получения данных блокчейн-сети. Имеет документацию, которая позволяет ознакомиться с возможностями данного решения. Однако ввиду платности данного сервиса его архитектура, как и исходный код, закрыты, вследствие чего сложно судить о том, насколько он удовлетворяет критериям, которые были выделены для сравнения.

Достоинства:

1. Решает задачу получения данных из блокчейн-сети;
2. Богатое API;
3. Существует набор уроков для ознакомления с инструментом.

Недостатки:

1. Закрытый исходный код;
2. Неизвестная архитектура [14].

Данный сервис, судя по его документации, хорошо решает поставленную задачу, однако, не имея понятия о его устройстве, невозможно решить, подходит ли он под выделенные нами критерии или нет.

2. Eventeum – бесплатный сервис, с открытым исходным кодом, который для получения информации использует неполную ноду, применение которой как раз-таки позволяет решить проблему требуемого дискового пространства. Однако данный сервис давно не актуализировался (судя по истории системы контроля версий), также, судя по исходному коду, не обеспечивает ни гарантированного приёма данных, ни гарантии ответа пользователю. По сути, он является подобием прокси, который способен передавать данные в вышестоящие приложения, которые их будут каким-либо образом обрабатывать либо сохранять данные в базу данных.

Достоинства:

1. Решает проблему дискового пространства;
2. Умеет сохранять данные в базу данных.

Недостатки:

1. Не имеет собственного API для клиента;
2. Не гарантирует безошибочного получения данных из блокчейн-сети;
3. Имеет «монолитную архитектуру»;
4. Не полностью решает поставленную задачу [3].

В целом данный сервис не полностью решает задачу, так как является лишь прокси между блокчейн-сетью и конечным обработчиком данных. Более того, проект кажется заброшенным, и, если мы говорим про блокчейн технологии, которые развиваются крайне быстро, данный проект может просто в какой-то момент устареть.

3. The Graph – решение с открытым исходным кодом, позволяющее создавать пользовательские сценарии получения данных с помощью языка Graph Query Language. Поддерживает работу с различными блокчейн-протоколами, имеет лаконичный пользовательский интерфейс и богатое API. Также есть возможность развернуть сервис на своей машине, сконфигурировав его так, как необходимо. Однако он использует архивную ноду, что, в свою очередь, требует загрузки огромного количества данных и, как следствие, большого объёма дискового пространства на машине. The Graph полностью решает задачу получения данных из блокчейн-сети, однако, требуя большого объёма дискового пространства, он не подходит под конкретно нашу задачу [10].

4. Etherscan – бесплатный сервис, предоставляющий данные из блокчейн-сети, имеющий удобный графический интерфейс [11]. Закрывает большинство потребностей конечного

пользователя. Если сравнивать его с The Graph – наиболее похожим на него решением, то последний всё же предоставляет более богатое API. Кроме этого, Etherscan частично платный, что, по сути, делает недоступным некоторые пользовательские сценарии, также платность данного сервиса сказывается и на том, что исходный код закрыт, как и архитектура. Однако из документации ясно, что он использует архивную ноду, что несёт за собой издержки, описанные выше. По результатам проведённого обзора составим сводную таблицу 1, где сопоставим с нашими критериями рассмотренные сервисы.

Таблица 1 – Сводная таблица соответствия критериям основных сервисов для разработки системы развития регионов на основе применения технологии блокчейн

| Критерии                                  | AnyBlock | Eventum  | TheGraph | EtherScan |
|-------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Требуемое дисковое пространство           | +        | +        | -        | -         |
| Надёжность приёма данных из блокчейн-сети | +        | -        | +        | +         |
| Надёжность обработки клиентских запросов  | -        | -        | -        | +         |
| Доступность исходного кода                | закрытый | открытый | открытый | закрытый  |

Источник: составлено авторами

Таким образом, мы можем сделать вывод, что существующие решения всё же не полностью подходят под поставленную задачу инновационного развития регионов. Все сервисы имеют недостатки, которые не позволяют использовать их для решения поставленных задач инновационного развития регионов.

Eventum решает основную проблему – проблему требования очень большого дискового пространства, но он имеет крайне ненадёжную архитектуру и не подходит под два остальных критерия: надёжность обработки пользовательских запросов и надёжность приёма данных из блокчейн-сети. Более того, он не полностью выполняет задачу получения и обработки данных, т. к. данные он получает, но не обрабатывает, а лишь сохраняет в базу данных либо отправляет другим сервисам на обработку. Не имея собственного API, он сильно уступает другим решениям. Решения с графическим интерфейсом и собственным API для взаимодействия – The Graph и EtherScan – являются довольно удобными и самодостаточными решениями для задачи получения данных. The Graph вообще является довольно мощным инструментом, так как он не только позволяет работать с несколькими блокчейн-протоколами, но и даёт возможность создания пользовательских запросов с использованием ЯП GraphQL, что сильно улучшает его гибкость. EtherScan же ему уступает, имея более бедное API и работая лишь с блокчейном Ethereum. Однако их главный недостаток – использование архивной ноды, чего мы, как раз, хотим избежать. Ведь это несёт за собой накладные расходы как на требуемое дисковое пространство, так и на время начала работы, ведь при старте необходимо загрузить весь блокчейн. Из-за закрытого исходного кода и отсутствия задокументированной архитектуры AnyBlock сложно сравнить с другими решениями. Данный сервис решает задачу получения данных из блокчейн-сети в полной мере, данный вывод был получен после ознакомления с документацией AnyBlock.

В своём исследовании предлагаем построение системы стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели. Предлагаем выделить функциональные модули в нашей системе, которые будут отвечать за ту или иную часть логики регионального развития в условиях неопределённости. Также будет разработана отказоустойчивая распределённая архитектура, включающая все выделенные функциональные модули.

### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведённого исследования на первом этапе была разработана отказоустойчивая распределённая система по сбору данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели.

Акторная модель в самом начале была разработана как математическая модель, где акторы представляют собой отдельные единицы вычисления, реализующие обработку, хранение и коммуникацию. Проще говоря, проектируя нашу систему стратегирования устойчивого инновационного развития регионов, мы, выделяя функциональные модули, будем оперировать не отдельными модулями кода, которые будут реализовывать определённую логику, а акторами или наборами акторов, объединёнными общими признаками, задачами и т. д. При наличии некоторых операций, выполняемых независимо друг от друга, у нас возникает необходимость выполнять их не последовательно, а параллельно, что, в свою очередь, порождает необходимость запускать данные задачи в отдельных потоках [15]. В случае со сложными региональными системами, которые могут работать на большом количестве запущенных потоков, управление жизненным циклом потока становится довольно нетривиальной задачей. Ещё более непростой задачей становится работа с разделяемыми ресурсами, к которым могут обращаться десятки потоков, и доступом каждого потока на каждый ресурс необходимо управлять, что ещё сильнее усложняет разработку и поддержку таких систем.

Публичные блокчейн-цепи для региональной практики обеспечивают каждому пользователю максимальную безопасность в процессе взаимодействия внутри цепи, поскольку они предназначены для работы в системе, где полностью отсутствует система доверия [4]. Именно таким представляется пользователям государственной системы блокчейн-цепи данная система. Они, безусловно, заинтересованы в полной открытости данных и информации. Но такая система подрывает безопасность в части сохранности важных государственных данных. Природа блокчейна в региональном инновационном развитии требует тщательного планирования и управления со стороны консенсуса. Без надлежащего планирования возникают высокие риски потери централизации некоторых ключевых функций государственного управления. Данная ситуация ограничивает возможность обеспечения безопасности страны. Использование акторной модели для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов, в свою очередь, позволяет избежать подобных сложностей. В силу того, что акторы, работающие на разных потоках, способны обмениваться асинхронными сообщениями, по сути, возникает возможность использования Shared-nothing-архитектуры, где ресурсы не разделяются в силу того, что не используется одна и та же память.

Несмотря на то, что технология блокчейн не является новой, применение данной технологии в деятельности государственных органов и в региональной практике требует усовершенствования технической инфраструктуры. Внедрение блокчейна в административную деятельность аппарата управления регионом требует разграничение цифровизации данного процесса на три составляющие: правовая сторона; цифровая сторона; техническая оснащённость [13]. Если первая составляющая включает в себя такие факторы, как правила, нормы, законодательные акты, нормативные правовые документы, то вторая включает в себя программное обеспечение и средства разработки. Третья составляющая характеризует техническую вооружённость государственных органов. Вопросы правовой стороны индивидуальны для каждой страны в отдельности. Ситуация, сложившаяся в России в части правовой стороны, будет описана далее.

Техническая вооружённость подразумевает увеличение расходов на закупку оборудования. Найти необходимое финансирование для запуска нового проекта достаточно сложно, особенно когда правительство сокращает бюджетные средства. Государственный сектор сталкивается с дилеммой. С одной стороны, они понимают, что необходима трансформация в цифровое государство, но данная трансформация протекает в рамках бюджетных ограничений с попыткой удовлетворить новые требования технического прогресса [17]. Безусловно, данные расходы приведут к уменьшению издержек в долгосрочной перспективе.

Если рассуждать о применимости акторной модели в рамках нашей задачи стратегирования устойчивого инновационного развития регионов, то в силу того, что планируется разбиение системы на отдельные, отвечающие за свою часть логики системы, модули, то акторы, по сути, будут отображать эти модули. Более того, данными модулями можно будет управлять,

настраивать их поведение в случае внештатных ситуаций в региональной практике. Существует огромное множество языков программирования, по основным типам они разделяются на: объектно-ориентированные; функциональные; мультипарадигменные [2]. Для реализации акторной модели в нашей системе мы будем использовать библиотеку akka, которая применяется для построения различных систем, таких как C++, Java, Scala и т. д. Таким образом, можно сказать, что для реализации нашей системы, основанной на акторной модели, akka отлично подходит как по предоставляемым ею возможностям, так и по причине постоянной поддержки данного продукта.

Для того чтобы выделить функциональные модули, в начале необходимо понять, какие задачи требуется решить для реализации системы. Для этого представим, что вся наша система состоит из четырёх модулей: неполной блокчейн-ноды, базы данных, приложения сбора и обработки данных и клиентского интерфейса.

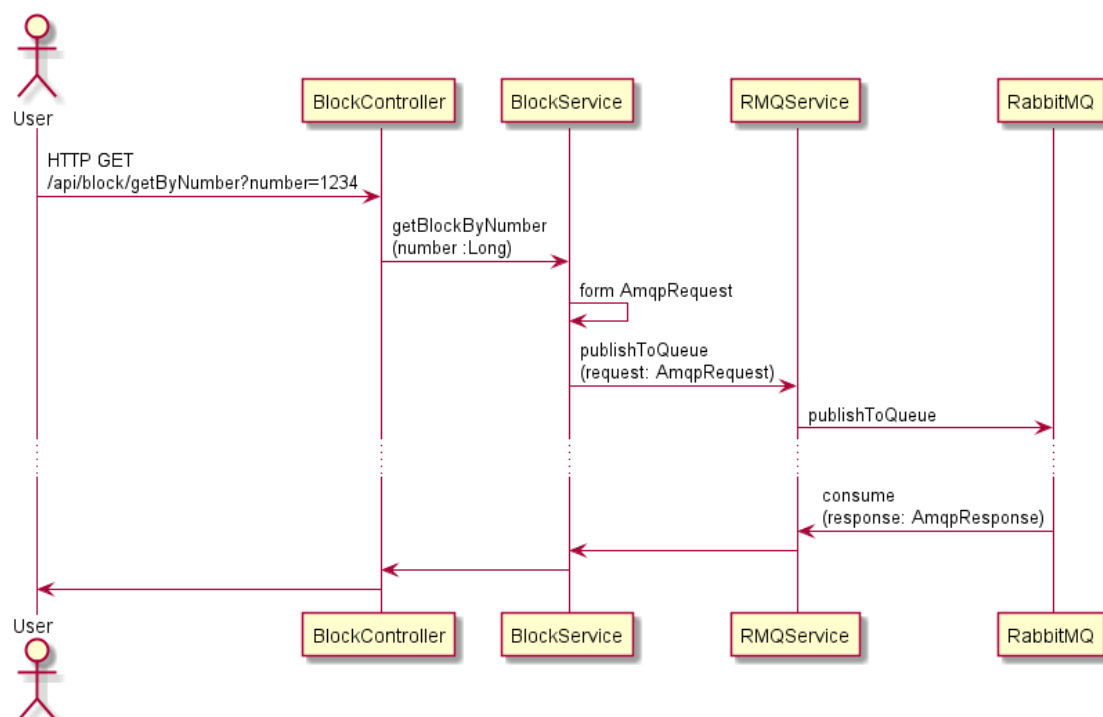
Рассмотрим особенности взаимодействия между этими модулями:

1. Неполная нода сообщает информацию о том, что произошло в блокчейн-сети нашему приложению сбора данных;
2. Java-приложение записывает полученные данные в базу данных;
3. Клиент запрашивает данные у приложения сбора данных;
4. Приложение сбора данных запрашивает данные у базы данных и передаёт их клиенту.

Для создания собственного решения необходимо продумать архитектуру, которая будет удовлетворять критериям.

На фазе разработки были продуманы механизмы, обеспечивающие взаимодействие между модулями с учётом особенностей архитектуры. Задача поделена на модули. Данные модули были протестированы с помощью соответствующих тестов и инструментов. По результатам тестирования можно сделать вывод о том, что приложение работает корректно в соответствии с разработанной ранее архитектурой и выделенными критериями. В целом можно сделать вывод, что разработанная система удовлетворяет выделенным ранее критериям, а именно: снижает объём требуемого дискового пространства для задачи получения данных из блокчейн-сети, обеспечивает надёжный приём данных от неполной блокчейн-ноды, а также является продуктом с открытым исходным кодом, который может быть использован каждым желающим, а при необходимости может быть изучен для более глубокого анализа о его применимости в той или иной задаче в региональной практике. Для теста на обработку клиентских запросов был создан тестовый план, подающий запросы в 10 потоках. В качестве тестового запроса был выбран самый ресурсоемкий запрос – выбор транзакций по отрезку времени (внедрение и развитие инноваций в региональную практику). Данный вид запроса возвращает сотни транзакций, которые были выполнены в течение заданного интервала времени. После выбора образа уже можно приступить к сборке контейнера, однако в этом случае контейнер при запуске никак не будет конфигурировать RabbitMQ, что, в свою очередь, приведёт к отсутствию необходимых для нашей системы очередей. Поэтому необходимо дополнительно конфигурировать данный инструмент с использованием json-файла, который умеет считывать и применять менеджер сообщений. Отказоустойчивая распределённая система, способная собирать данные из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов, представляет собой важный инструмент для обеспечения эффективного и прозрачного управления экономическими и социальными процессами в регионах. Последовательность сбора данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели представлена на рисунке 1.

Такая система может использоваться для сбора и анализа данных о различных аспектах жизни регионов, включая экономическую активность, общественные программы, экологические параметры и другие ключевые показатели. Благодаря своей распределённой природе она обладает высокой степенью надёжности и отказоустойчивости, что позволяет минимизировать риски потери данных и обеспечивает устойчивость системы в случае возникновения сбоев или провалов.



Источник: составлено авторами на основе применения программного продукта «Ramus Educational»

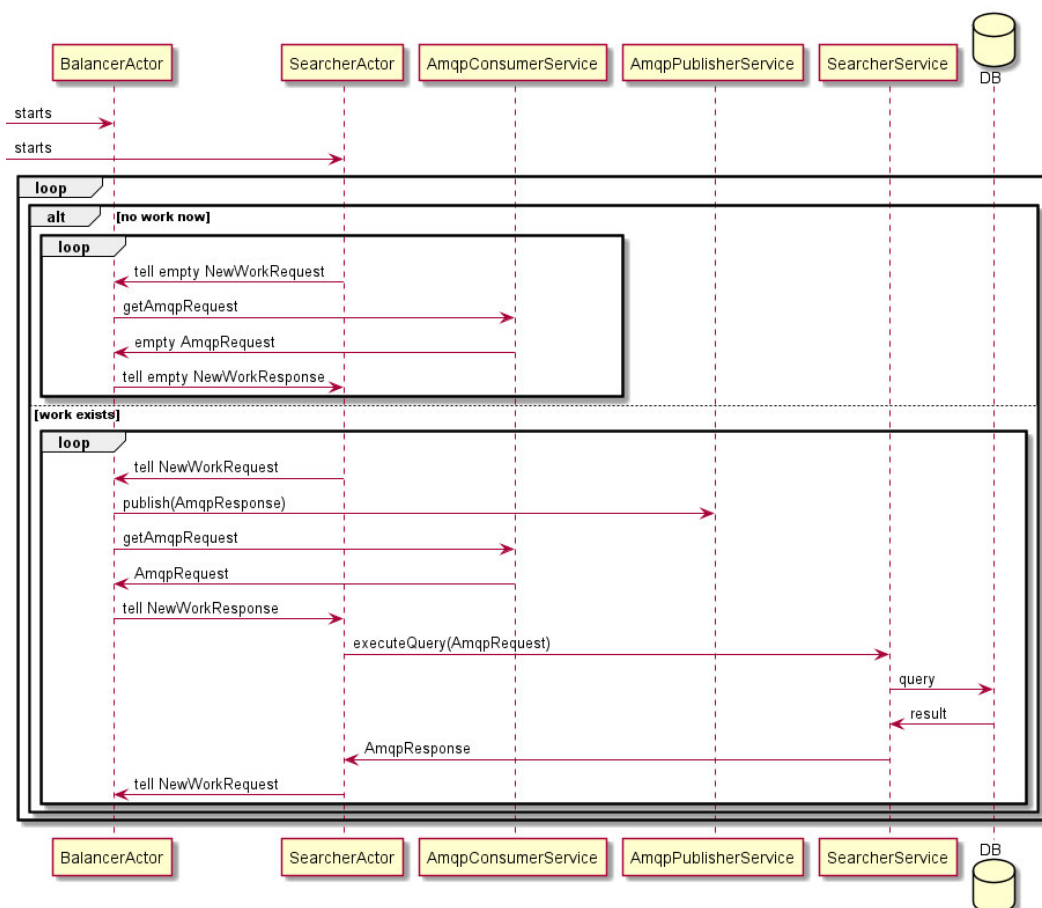
Рисунок 1 – Последовательность сбора данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели

Система расширенной криптографии позволяет установить ограниченный доступ к некоторым частным транзакциям [6]. Но её применение возможно только в отказоустойчивой распределённой системе по сбору данных. Эта система также позволяет эффективно строить стратегии устойчивого инновационного развития регионов на основе объективных данных и аналитики. Анализируя информацию из блокчейн-сети, региональные органы управления могут выявлять ключевые проблемы, определять потенциальные риски и возможности развития, а также оценивать эффективность реализуемых программ и проектов. Таким образом, отказоустойчивая распределённая система по сбору данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов играет важную роль в повышении эффективности управления региональным развитием, улучшении условий жизни населения и обеспечении устойчивого социально-экономического роста. Публичная блокчейн-цепь требует гораздо больше времени на подтверждение транзакций по сравнению с частным блокчейном. Это вызвано тем, что в среде публичного блокчейна полностью отсутствует система доверия между пользователями и требует большее количество подтверждений операций. А в системе частного блокчейна изначально присутствует часть доверия, следовательно, нужно меньшее количество майнеров на подтверждение операций и меньшее количество времени. Авторская модель отказоустойчивой распределённой системы по сбору данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели представлена на рисунке 2.

На втором этапе научного исследования была обоснована экономическая эффективность внедрения отказоустойчивой распределённой системы по сбору данных из блокчейн-сети в региональную практику.

Технологии распределённого реестра и разработанная отказоустойчивая распределённая система по сбору данных из блокчейн-сети помогут справиться с неэффективным расходованием бюджетных средств, заменив собой более 50 удалённых автономных информационных региональных баз данных. Хронологические, постоянные, неизменные транзакции криптографически защищённого распределённого регистра способны разрешить перечень сложив-

шихся проблем и с максимальной эффективностью использовать сложившийся потенциал регионального инновационного развития. Качественная сторона перехода на отказоустойчивую распределённую систему по сбору данных из блокчейн-сети способствует обеспечению экономической безопасности страны, а также эффективному функционированию региональной системы в целом.



Источник: составлено авторами на основе применения программного продукта «Ramus Educational»

Рисунок 2 – Модель отказоустойчивой распределённой системы по сбору данных из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов на основе акторной модели

Внедрение разрабатываемого решения по автоматизации и объединению процессов является ключевым фактором инновационного развития регионов. Показателем для оценки влияния внедрения блокчейн-технологии послужит изменение затрат в ту или иную сторону. Для оценки эффективности функционирования блокчейн-системы была выбрана система абсолютных и относительных показателей. Абсолютные показатели наилучшим образом смогут отразить результаты изменений и наглядно продемонстрируют эффект от принятия управленческого решения. Расчёт экономической эффективности будет произведён на основе характеристик управленческого процесса использования более 50 баз данных и по окончании внедрения блокчейн-технологии и создания единой информационной базы. Рассчитаем экономическую эффективность внедрения отказоустойчивой распределённой системы по сбору данных из блокчейн-сети в региональную практику на примере Департамента информационных технологий Орловской области.

Затраты на оказание Департаментом информационных технологий Орловской области государственных и муниципальных услуг включают в себя:

- затраты на оказание государственных и муниципальных услуг;

- затраты на общехозяйственные нужды;
- затраты на содержание имущества.

Первая группа затрат состоит из затрат на оплату труда работников Департамента информационных технологий Орловской области, непосредственно оказывающих услугу, использование материальных запасов, связанных с оказанием услуги, и иные затраты.

Вторая и третья группа затрат включают в себя значительный перечень, откуда можно выделить затраты на коммунальные услуги, затраты на содержание объектов особо ценного имущества, использование услуг связи, межведомственную координацию и так далее.

Следует учитывать, что Департаментом информационных технологий Орловской области оказывается значительное количество государственных и муниципальных услуг различным субъектам хозяйственной деятельности. В связи с этим оценка затрат государственных услуг, оказываемых Департаментом информационных технологий Орловской области, будет рассчитана пропорционально объёму оказываемых государственных услуг, расчёты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение затрат при переходе Департамента информационных технологий Орловской области на единую отказоустойчивую распределённую систему по сбору данных из блокчейн-сети

| Наименование затрат                                       | Нормативные затраты оказания государственных услуг существующей системы автономных баз данных (за 1 услугу, руб.) | Нормативные затраты оказания государственных услуг при создании системы единого распределённого реестра блокчейн (за 1 услугу, руб.) | Абсолютное изменение |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Оплата труда персонала, задействованного в оказании услуг | 263,44                                                                                                            | 115,23                                                                                                                               | ↓ 148,21             |
| Материальные запасы на оказание услуг                     | 63,29                                                                                                             | 12,87                                                                                                                                | ↓ 50,42              |
| Коммунальные платежи                                      | 39,92                                                                                                             | 47,31                                                                                                                                | ↑ 7,39               |
| Содержание объектов недвижимого имущества                 | 8,38                                                                                                              | 7,46                                                                                                                                 | ↓ 0,92               |
| Межведомственная коммуникация                             | 3,23                                                                                                              | 2,79                                                                                                                                 | ↓ 0,44               |
| Техническое обслуживание информационной системы           | 133,82                                                                                                            | 63,25                                                                                                                                | ↓ 70,57              |
| Итого затраты за 1 услугу                                 | 512,08                                                                                                            | 248,91                                                                                                                               | ↓ 263,17             |

Источник: составлено авторами

Следовательно, абсолютное изменение затрат при переходе Департамента информационных технологий Орловской области на единую отказоустойчивую распределённую систему по сбору данных из блокчейн-сети составило снижение на 263,17 руб. за оказанную услугу, что в относительном изменении составляет 48,61 %. Следует отметить, что с применением технологии блокчейн происходит значительное увеличение производительности услуг. Так, скорость предоставления услуг увеличивается с 3 услуг в секунду до 14 услуг.

Таким образом, можно сделать вывод, что блокчейн является лучшим вариантом для использования в государственных, региональных структурах, так как все стороны предоставляют некоторую степень доверия центральному органу, позволяя выбрать консенсус-механизм, который является более эффективным и менее дорогим по сравнению с существующими

системами. В связи с указанными проблемами была рассчитана эффективность перехода Департамента информационных технологий Орловской области на единую систему распределённого реестра блокчейн с отказом от существующей системы 50 баз данных. Таким образом, отказоустойчивая распределённая система, способная собирать данные из блокчейн-сети для стратегирования устойчивого инновационного развития регионов, представляет собой важный инструмент для обеспечения эффективного и прозрачного управления экономическими и социальными процессами в регионах. В целом в рамках обсуждения необходимо отметить, что разработанная единая отказоустойчивая распределённая система по сбору данных из блокчейн-сети удовлетворяет выделенным ранее критериям, а именно: снижает объём требуемого дискового пространства для задачи получения данных из блокчейн-сети, обеспечивает надёжный приём данных от неполной блокчейн-ноды, а также является продуктом с открытым исходным кодом, который может быть использован каждым желающим, а при необходимости может быть изучен для более глубокого анализа о его применимости в той или иной задаче.

### Заключение

В данном исследовании были сформулированы критерии оценки систем получения данных из блокчейн-сети, после чего были рассмотрены существующие решения. На основе результатов анализа существующих решений и предложенных критериев было принято решение о создании собственной модели, которая бы удовлетворяла выделенным ранее критериям. Для создания собственного решения необходимо продумать архитектуру, которая будет удовлетворять критериям. На фазе разработки были продуманы механизмы, обеспечивающие взаимодействие между модулями с учётом особенностей региональной практики. Задача поделена на модули, разработка которых была описана. Данные модули были протестированы с помощью тестов и инструментов. По результатам тестирования можно сделать вывод о том, что приложение работает корректно в соответствии с разработанной ранее архитектурой и выделенными критериями.

Проблемой эффективного стратегирования регионов является наличие большого количества разрозненных информационных баз данных, затрачивающих большое количество средств бюджета на обслуживание и функционирование, а также допускающих двойственность проведённых операций. В связи с указанными проблемами была рассчитана эффективность перехода Департамента информационных технологий Орловской области на единую отказоустойчивую распределённую систему по сбору данных из блокчейн-сети с отказом от существующей системы 50 баз данных. По результатам расчёта затраты на оказание одной услуги снизятся на 263,17 руб., что более чем в 2 раза меньше существующих затрат. Также скорость предоставления одной услуги увеличивается в 4,5 раза. Проведённый анализ деятельности Департамента информационных технологий Орловской области позволяет представить некоторые рекомендации, позволяющие увеличить экономическую эффективность. Это в первую очередь ориентация применения блокчейн-технологий в качестве создания единого информационного пространства, объединяющего в себе существующие системы информационных баз данных. Безусловно, одним из важных результатов применения блокчейн-технологии в региональную практику является повышение доверия граждан и бизнеса к государственным и муниципальным структурам. Это достигается путём быстрого реагирования на потребности объектов доверия, повышения прозрачности собственных действий, а также с помощью предоставления больших возможностей для широкого вовлечения пользователей услуг.

Таким образом, применение блокчейн-технологии в управленческой деятельности на региональном уровне раскрывает большие возможности для регионов по ускоренному реагированию на сложные проблемы и общества, и бизнес-структур, а также по реализации эффективной региональной политики с учётом потребностей каждого гражданина и национальных приоритетов.

## Список источников:

1. Губин, Д. О. Блокчейн как инновационный инструмент / Д. О. Губин, А. В. Тарутин // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2018. – Т. 1. – С. 15-19. – EDN KRMCTJ.
2. Гусев, В. С. Особенности и преимущества внедрения технологий блокчейн в государственных организациях / В. С. Гусев // Журнал высоких гуманитарных технологий. – 2023. – № 1(1). – С. 39-47. – EDN CZBFIG.
3. Докукина, И. А. Внедрение информационно-коммуникационной системы публичного управления на основе сервис-ориентированного подхода / И. А. Докукина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 2. – С. 62-70. – EDN CFHQZJ.
4. Захаров, Н. А. Технология блокчейн в распределенных системах измерения / Н. А. Захаров // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 7. – С. 43-48. – DOI 10.25728/avtprom.2023.07.06. – EDN PFUEIQ.
5. Земляков, Ю. Д. Блокчейн - пятая парадигма вычислений мира современной экономики / Ю. Д. Земляков, Н. М. Руднева, И. Л. Мамаева // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 45-49. – EDN YUNAJF.
6. Исроилов, С. Г. Разработка защищенной системы электронного документооборота на основе блокчейн-технологии / С. Г. Исроилов, С. Н. Верзунов // Проблемы автоматики и управления. – 2021. – № 2(41). – С. 61-76. – EDN MNGSUL.
7. Князев, А. В. Нормативно-методическое обеспечение стандартизации технологии блокчейн / А. В. Князев, Ю. Ю. Черемухина // Омский научный вестник. – 2023. – № 2(186). – С. 91-96. – DOI 10.25206/1813-8225-2023-186-91-96. – EDN LCZCWT.
8. Липницкий, Д. В. Возможности и вызовы для блокчейн в новой индустриализации / Д. В. Липницкий // Экономика промышленности. – 2019. – № 1(85). – С. 82-100. – DOI 10.15407/econindustry2019.01.082. – EDN OKCETA.
9. Логинов, Н. А. Блокчейн как инструмент интеграции различных сфер экономической деятельности / Н. А. Логинов, Е. В. Будрина // Экономика. Право. Инновации. – 2023. – № 2. – С. 55-64. – DOI 10.17586/2713-1874-2023-2-55-64.
10. Облизов, А. В. Разработка управленческого решения для формирования блокчейн-сети на основе применения менеджера конфигураций / А. В. Облизов, И. А. Докукина // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 6(107). – С. 1213-1217. – EDN XKDSPV.
11. Решетов, К. Ю. Блокчейн-технологии в финансово-технологической сфере России: проблемы и перспективы использования / К. Ю. Решетов, С. В. Музалев, П. О. Шайхутдинова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 1. – С. 93-99. – DOI 10.56584/1560-8816-2023-1-93-99. – EDN UNPTIF.
12. Смирнова, А. А. Проблемы и перспективы использования технологии блокчейн в цифровой экономике России / А. А. Смирнова, Д. Р. Вялитова // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 7(156). – С. 52-56. – DOI 10.34925/EIP.2023.156.7.006. – EDN PERAJY.
13. Солдатенкова, Ю. А. Блокчейн: технология, применение и перспективы развития / Ю. А. Солдатенкова, А. В. Свищев // Моя профессиональная карьера. – 2023. – Т. 3, № 55. – С. 347-351. – EDN XSQEMZ.
14. Abugsesa, M. G. How can blockchain technology improves the performance of organizations? / M. G. Abugsesa, H. Memeh, I. A. Kokh // News of Scientific Achievements. Economics and Law. – 2020. – No. 6. – P. 323-331. – DOI 10.36616/2686-9837-2020-6-323-331. – EDN UBCJBR.
15. Akhmetova, A. S. Blockchain as the basis of the economy / A. S. Akhmetova, Z. A. Yeskerova, B. K. Spanova // Bulletin of Karaganda University. Economy Series. – 2019. – Vol. 95, No. 3. – P. 218-223. – EDN MRWKIH.
16. Dávila, R. Blockchain and Satisfiability Modulo Theories for Tender Systems / R. Dávila, R. Aldeco-Pérez, E. Bárcenas // Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS. – 2023. – Vol. 35, No. 1. – P. 113-122. – DOI 10.15514/ISPRAS-2023-35(1)-8. – EDN TXYOBM.
17. Stepanyan, A. A. AI applications in blockchain technology / A. A. Stepanyan, R. G. Neychev // Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. Information Technologies, Electronics, Radio Engineering. – 2023. – No. 1. – P. 51-58. – DOI 10.53297/18293336-2023.1-51. – EDN XWDQID.

*Статья поступила в редакцию / Received: 07.04.2024*

*Принята к публикации / Accepted: 22.04.2024*

*Дата выхода в свет / Date of publication: 01.07.2024*