

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-3-48-62>



УДК 004.932

Информационно-вычислительная система на основе смарт-контрактов для проведения онлайн-голосований

А. А. Герасев¹, И. Н. Ефремова²✉, И. С. Архипова², Р. Н. Камалов²

¹ Компьютерная академия TOP
ул. Ленина, д. 60, г. Курск 305000, Российская Федерация

² Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: efremova-in@inbox.ru

Резюме

Цель исследования. Актуальной проблемой в системах голосования является непредотвращение мошенничества и необеспечение честности выборов. Поэтому актуальна задача построения системы безопасных и прозрачных голосований.

Цель исследования – спроектировать и разработать информационно-вычислительную систему на основе смарт-контрактов для проведения онлайн-голосований.

Методы. Представленная система имеет вид децентрализованной системы, которая может преодолеть ряд ограничений, таких как вероятность человеческой ошибки, фальсификации результатов голосования и проблемы с доступностью, используя технологию блокчейн, которая обеспечивает защиту от несанкционированного доступа и прозрачное ведение записей.

Использование технологии смарт-контрактов также гарантирует, что процесс голосования будет автоматизированным, прозрачным и безопасным. Благодаря возможности выполнять самовыполняющиеся контракты на основе predetermined правил, смарт-контракты могут устранить необходимость в посредниках, снизить вероятность ошибок и обеспечить высокую степень подотчетности.

Результаты. Для того чтобы оценить эффективность разработанной системы, было проведено тестирование, после чего произведен сравнительный анализ с другими аналогичными системами.

Система может гарантировать, что голоса подсчитаны точно, и ими нельзя манипулировать, тем самым повышая доверие к результатам процесса голосования. Кроме того, система потенциально может снизить затраты, связанные с традиционными методами голосования, и улучшить доступность для избирателей, поскольку к ней можно получить удаленный доступ через веб-интерфейс.

В целом система будет интересна различным организациям и частным лицам, стремящимся провести безопасные и прозрачные процессы голосования.

Заключение. Использование данного программного продукта обеспечит безопасность и удобство при участии в различных онлайн-голосованиях, надежное хранение голосов избирателей и предоставление детальной статистики по проведенным голосованиям.

Ключевые слова: блокчейн; ethereum; смарт-контракт; транзакция; информационно-вычислительная система; проектирование.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Информационно-вычислительная система на основе смарт-контрактов для проведения онлайн-голосований / А. А. Герасев, И. Н. Ефремова, И. С. Архипова, Р. Н. Камалов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024. Т. 14, № 3. С. 48–62. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-3-48-62>

Поступила в редакцию 11.07.2024

Подписана в печать 10.08.2024

Опубликована 30.09.2024

© Герасев А. А., Ефремова И. Н., Архипова И. С., Камалов Р. Н., 2024

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024;14(3):48–62

Information and computing system based on smart contracts for online voting

Alexey A. Gerasyov¹, Irina N. Efremova² ✉,
Izabella S. Arhipova², Ruslan N. Kamalov²

¹ TOP Computer Academy
60 Lenina Str., Kursk 305000, Russian Federation

² Southwest State University
50 Let Oktyabrya Str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: efremova-in@inbox.ru

Abstract

The purpose of research. The actual problem in voting systems is not the prevention of fraud and the failure to ensure the integrity of elections. Therefore, the task of building a system of safe and transparent voting is urgent.

The purpose of the research is design and develop an information and computing system based on smart contacts for online voting.

Methods. The presented system has the form of a decentralized system that can overcome a number of limitations, such as the likelihood of human error, falsification of voting results and problems with accessibility, using blockchain technology, which provides protection against unauthorized access and transparent record keeping.

The use of smart contract technology also ensures that the voting process will be automated, transparent and secure. Thanks to the ability to execute self-executing contracts based on predefined rules, smart contracts can eliminate the need for intermediaries, reduce the likelihood of errors and ensure a high degree of accountability.

Results. In order to evaluate the effectiveness of the developed system, testing was carried out, after which a comparative analysis was made with other similar systems.

The system can ensure that votes are counted accurately and cannot be manipulated, thereby increasing confidence in the results of the voting process. In addition, the system can potentially reduce the costs associated with traditional voting methods and improve accessibility for voters, since it can be accessed remotely via a web interface.

In general, the system will be of interest to various organizations and individuals seeking to conduct safe and transparent voting processes.

Conclusion. The use of this software product will provide security and convenience when participating in various online voting, reliable storage of votes and the provision of detailed statistics on the conducted voting.

Keywords: blockchain; ethereum; smart contract; transaction; information and computing system; design.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Gerasyov A.A., Efremova I.N., Arhipova I.S., Kamalov R.N. Information and computing system based on smart contracts for online voting. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2024;14(3):48–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-3-48-62>

Received 11.07.2024

Accepted 10.08.2024

Published 30.09.2024

Введение

С развитием технологий возрастает потребность в создании систем голосования, которые объединяют в себе безопасность и прозрачность, способствуя честности выборов и предотвращению

возможных случаев мошенничества [1]. Традиционные методы голосования подвержены недостаткам, таким как возможность человеческих ошибок, риски фальсификации результатов голосования и ограничения в доступности [2].

Однако развивающиеся децентрализованные системы голосования могут эффективно преодолеть эти ограничения, применяя блокчейн-технологии, которая гарантирует защиту от несанкционированного доступа и обеспечивает прозрачное ведение записей [3].

Использование технологии смарт-контрактов также обеспечивает автоматизацию, прозрачность и безопасность голосования [4]. Благодаря возможности создания контрактов, которые выполняются автоматически на основе заданных правил, смарт-контракты могут исключить необходимость посредников, уменьшить вероятность ошибок и обеспечить высокую степень ответственности [4].

Также пандемия COVID-19 подчеркнула потребность в удобных и доступных системах голосования на

расстоянии. Децентрализованные системы голосования предоставляют безопасный и доступный способ для граждан [5], позволяя им голосовать, не выходя из дома и не посещая физически избирательные участки [6]. В целом направление имеет важное значение [7], так как третирует актуальную проблему – необходимость безопасных и прозрачных систем голосования, способствующих честному проведению выборов и обеспечению большей доступности для избирателей [8; 9].

В таблице 1 представлены требования высокого уровня к программе (ТВУ). Они представляют собой функциональные требования к программной среде, содержащиеся в техническом задании.

В таблице 2 рассмотрим требования низкого уровня к программе.

Таблица 1. Требования высокого уровня к программе

Table 1. High level requirements for the program

Номер ТВУ	Содержание ТВУ
ТВУ-1	Возможность просмотра списка всех голосований
ТВУ-2	Возможность получить информацию о конкретном голосовании
ТВУ-3	Возможность создать новое голосование
ТВУ-4	Возможность проголосовать за кандидата
ТВУ-5	Возможность просмотра результатов голосования
ТВУ-6	Возможность автозавершения голосования
ТВУ-7	Возможность ручного завершения голосования

Таблица 2. Требования низкого уровня к программе

Table 2. Low level requirements for the program

Номер ТВУ	Содержание ТВУ
ТВУ-1	Каждый пользователь должен подключить аккаунт перед просмотром списка всех голосований
ТВУ-2	Каждый пользователь должен иметь определенное количество криптовалюты для оплаты комиссии
ТВУ-3	Каждый пользователь должен установить параметры при создании нового голосования
ТВУ-4	Каждый зарегистрированный в голосовании пользователь может проголосовать
ТВУ-5	Каждый пользователь может ознакомиться с результатами любого голосования
ТВУ-6	Каждый пользователь может узнать время окончания голосования

Материалы и методы

Блокчейн – это общедоступная база данных, которая обновляется и совместно используется многими компьютерами в сети [10].

Блок относится к данным и состоянию, хранящимся в последовательных группах, известных как *блоки*. Если вы отправляете ЕТН кому-то другому, данные

транзакции должны быть добавлены в блок, чтобы она была успешной [11].

Цепочка относится к тому факту, что каждый блок криптографически ссылается на своего родителя. Другими словами, блоки соединяются цепочкой вместе. Данные в блоке не могут быть изменены без изменения всех последующих блоков [12], что потребовало бы консенсуса всей сети (рис. 1).

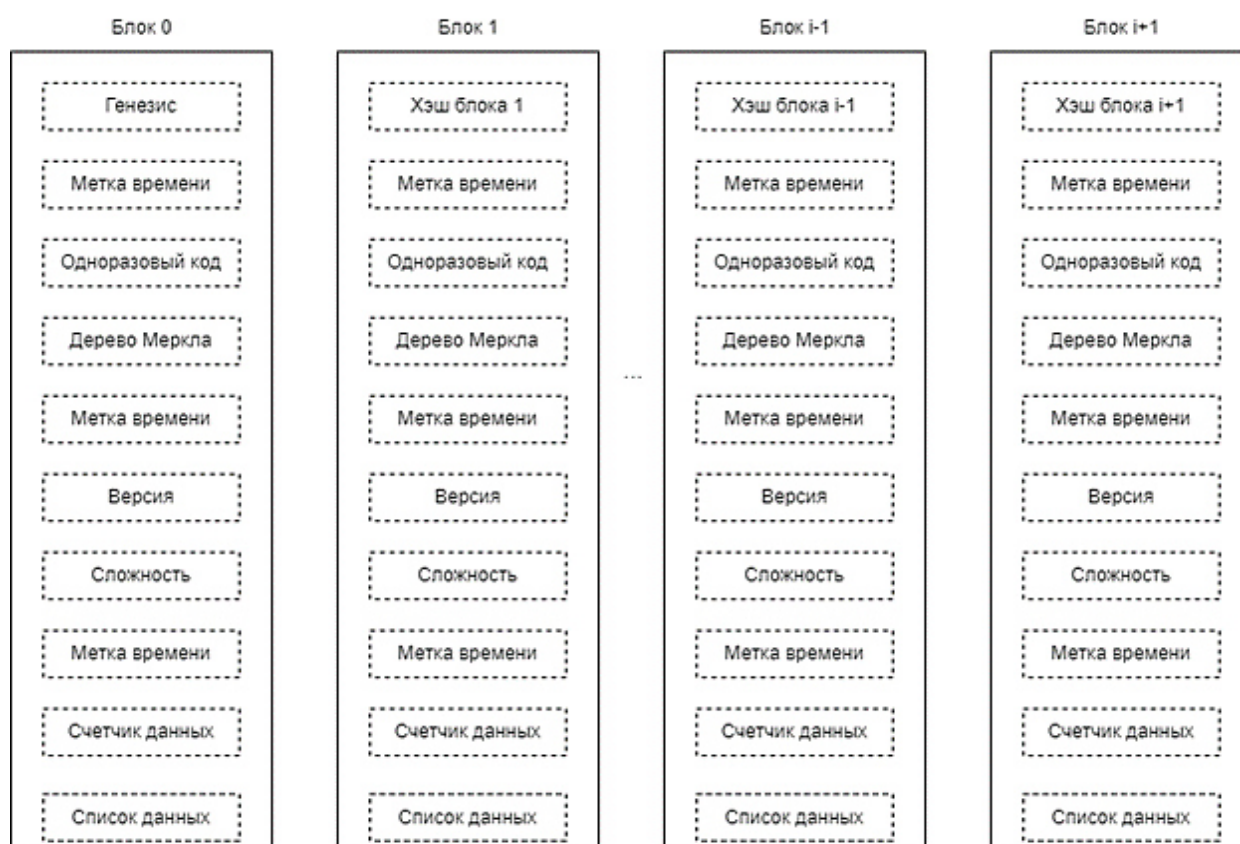


Рис. 1. Схематичное представление структуры блокчейна

Fig. 1. Schematic representation of the blockchain structure

Каждый компьютер в сети должен согласовать каждый новый блок и цепочку в целом. Эти компьютеры известны как *узлы*. Узлы гарантируют, что все, кто взаимодействует с блокчейном, имеют одинаковые данные. Чтобы

выполнить это распределенное соглашение, блокчейнам необходим механизм консенсуса [13; 14].

Существуют несколько методов принятия решений на основе консенсуса. Ethereum использует механизм

консенсуса, основанный на доказательстве доли участия [15]. Любой, кто хочет добавить новые блоки в цепочку, должен внести ЕТН – родную валюту Ethereum – в качестве залога и запустить программное обеспечение для проверки. Затем эти *валидаторы* могут быть

выбраны случайным образом, чтобы предложить блоки, которые другие валидаторы проверяют и добавляют в блокчейн. Существует система поощрений и штрафов, которые сильно стимулируют участников быть честными и максимально доступными онлайн (рис. 2).

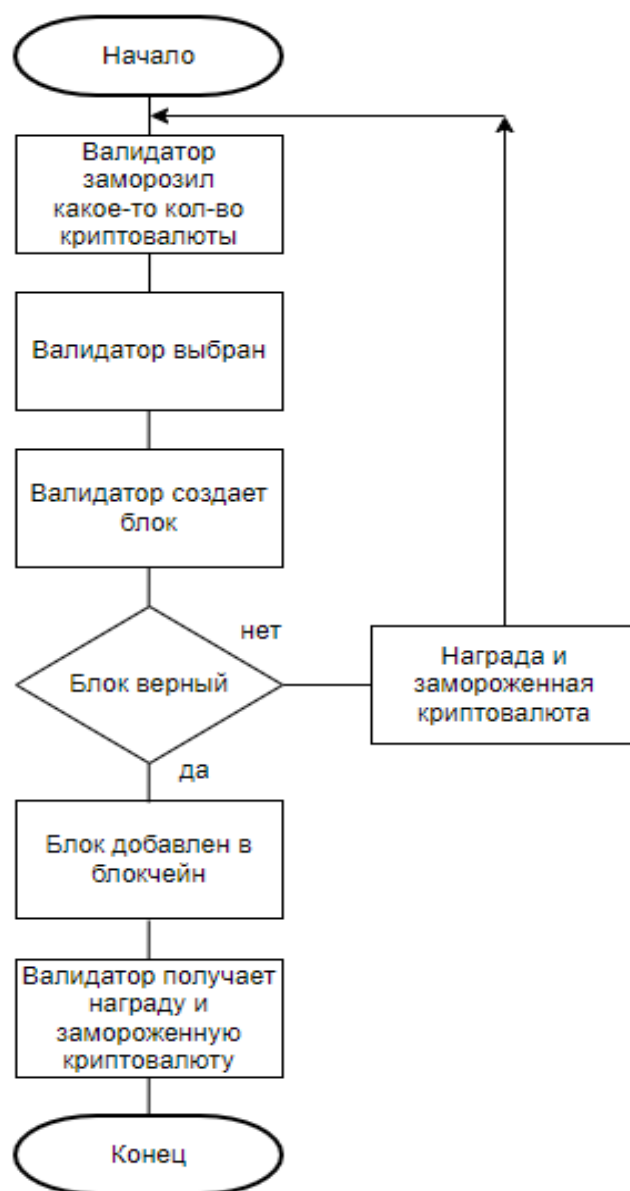


Рис. 2. Блок-схема алгоритма вычитание фона [16]

Fig. 2. Background subtraction algorithm flowchart [16]

При разработке и тестировании данной программы необходимо использовать

систему с параметрами, представленными ниже (табл. 3).

Таблица 3. Необходимые для тестирования и разработки параметры**Table 3.** Parameters required for testing and development

Название параметра	Значение
Процессор	AMD Ryzen 7 5800H
Оперативная память	16Гб
Жесткий диск	256Гб
Графический контроллер	AMD Radeon™ Graphics
Частота оперативной памяти	3200МГц
Разрядность системы	64-разрядная

Для работы с написанием исходного кода информационно-вычислительной системы должна быть выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio Code, так как в ней имеется большое количество надстроек для разных языков программирования:

- язык гипертекста HTML5 – для создания интерфейса пользователя;
- язык каскадной разметки стилей CSS3 – для оформления интерфейса пользователя;
- язык программирования JavaScript – для реализации обработки событий и для написания модульных тестов;
- язык программирования Solidity – для написания логики смарт-контрактов;
- фреймворк hardhat – для разработки смарт-контрактов;
- фреймворк NextJS – для удобной организации веб-страниц, а также для маршрутизации;
- модуль prettier – для форматирования кода;
- модуль solidity-coverage – для определения процента покрытия функций тестами;

– модули chai и ethereum-waffle – для написания модульных тестов;

– модуль dotenv – для установки переменных окружения;

– модуль ethers – для отправки запросов в блокчейн;

– модуль hardhat-gas-reporter – для определения стоимости вызова функций смарт-контракта;

– модуль hardhat-contract-sizer – для определения размера смарт-контрактов;

– модуль gelatonetwork – для отложенного запуска функций смарт-контрактов;

– модули nomiclabs и nomicfoundation – для тестирования, просмотра транзакций, подтверждения смарт-контрактов;

– модуль openzeppelin – для контроля прав доступа к функциям смарт-контрактов.

Разрабатываемая информационно-вычислительная система будет использоваться в качестве базы данных распределенный реестр – блокчейн [17].

Для моделирования предметной области и функционирования программной системы необходимо использовать язык UML.

Для модульного тестирования функций смарт-контрактов будут разработаны unit-тесты.

В таблице 4 представлены основные сущности и типы связей для них, используемые в базе данных информационно-вычислительной системы.

Таблица 4. Основные сущности и типы связей для них

Table 4. Basic entities and types of relationships for them

Основные сущности	Связь	Кратность связи
Address – Voting	Принадлежит	1 – *
Address – VotingEngine	Принадлежит	1 – 1
VotingEngine – Voting	Принадлежит	1 – *

На рисунке 3 представлена диаграмма концептуальных классов информационной части программно-вычислительной системы.

В таблице 5 демонстрируются главные сущности и виды взаимосвязей

между ними, которые используются в разделе разрабатываемой информационно-вычислительной системы, отвечающей за голосование.

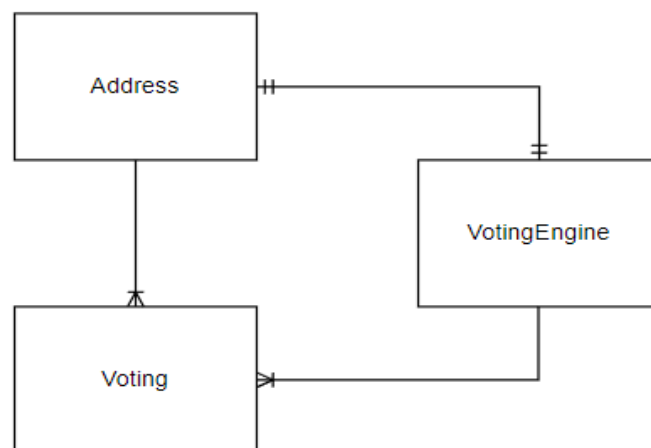


Рис. 3. Концептуальная модель предметной области базы данных

Fig. 3. Conceptual model of a database domain

Таблица 5. Главные сущности и виды взаимосвязей между ними

Table 5. Main entities and types of relationships between them

Основные сущности	Связь (ассоциация)	Кратность связи
VotingEngine – Voting	1 – 0..*	Порождает
Voting – Ownable	1 – 1	Наследует
VotingEngine – Ownable	1 – 1	Наследует

На рисунке 4 представлена концептуальная модель предметной области

для части разрабатываемого приложения, отвечающей за голосование.

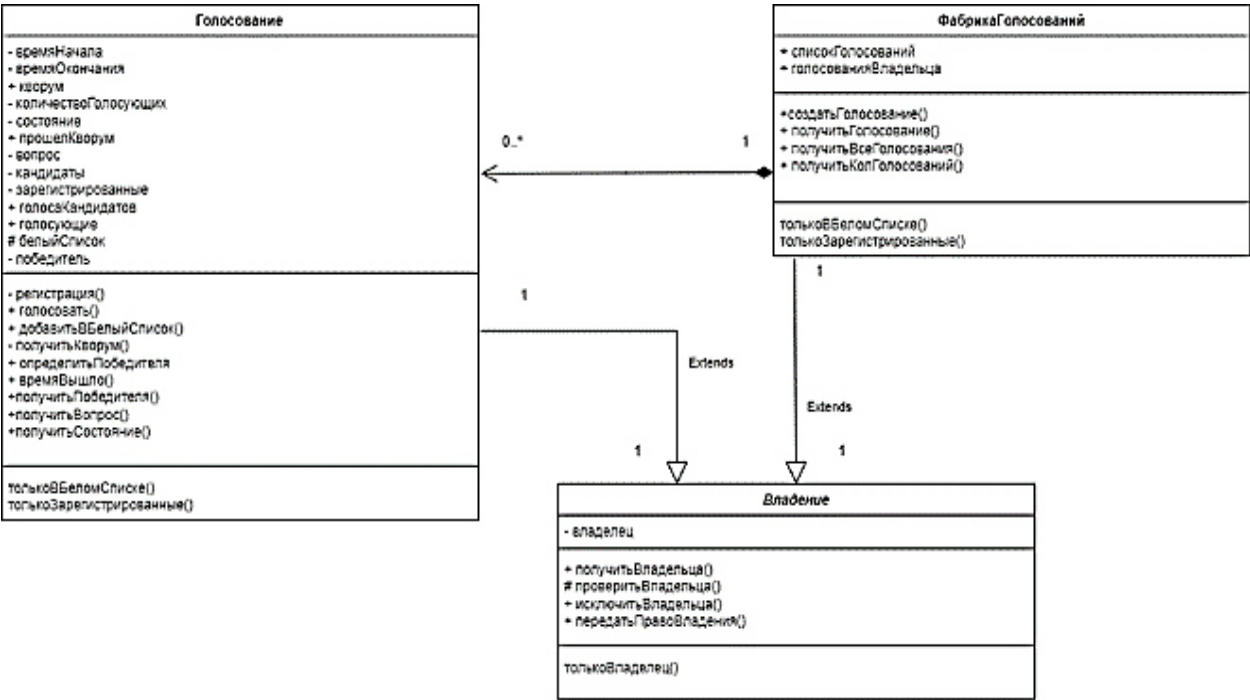


Рис. 4. Концептуальная модель предметной области для части разрабатываемого приложения, отвечающей за голосование

Fig. 4. Conceptual domain model for the part of the application being developed that is responsible for voting

Разрабатываемая информационно-вычислительная система должна иметь клиент-серверную архитектуру. На компьютере клиента устанавливается веб-браузер. На сервере устанавливаются следующие программные модули:

- компонент `CreateForm`. Предназначен для представления формы создания голосования;
- компонент `Card`. Предназначен для представления голосования в виде карточки на главной странице;
- компонент `AddVoters`. Предназначен для добавления адресов голосующих;
- компонент `Footer`. Предназначен для представления нижней части веб-сайта;

- компонент `Header`. Предназначен для представления верхней части веб-сайта;
- компонент `Navbar`. Предназначен для представления навигационной панели;
- компонент `Radio`. Предназначен для представления пункта выбора кандидата;
- компонент `TimePicker`. Предназначен для работы с временем;
- компонент `DatePicker`. Предназначен для работы с датой;
- компонент `VotingInfo`. Предназначен для представления информации о голосовании;
- компонент `create`. Предназначен для представления страницы создания голосования;

- компонент `index`. Предназначен для представления главной страницы;
- компонент `results`. Предназначен для представления страницы результатов голосования;
- компонент `ConnectButton`. Предназначен для представления виджета подключения криптокошелька;
- компонент `constants`. Содержит файлы с константами;

- компонент `styles`. Содержит стили CSS;

- компонент `[id]`. Предназначен для динамического создания информации о голосовании по его `id`.

На рисунке 5 представлена диаграмма компонентов разрабатываемого приложения.

На рисунке 6 представлена диаграмма развертывания разрабатываемого приложения.

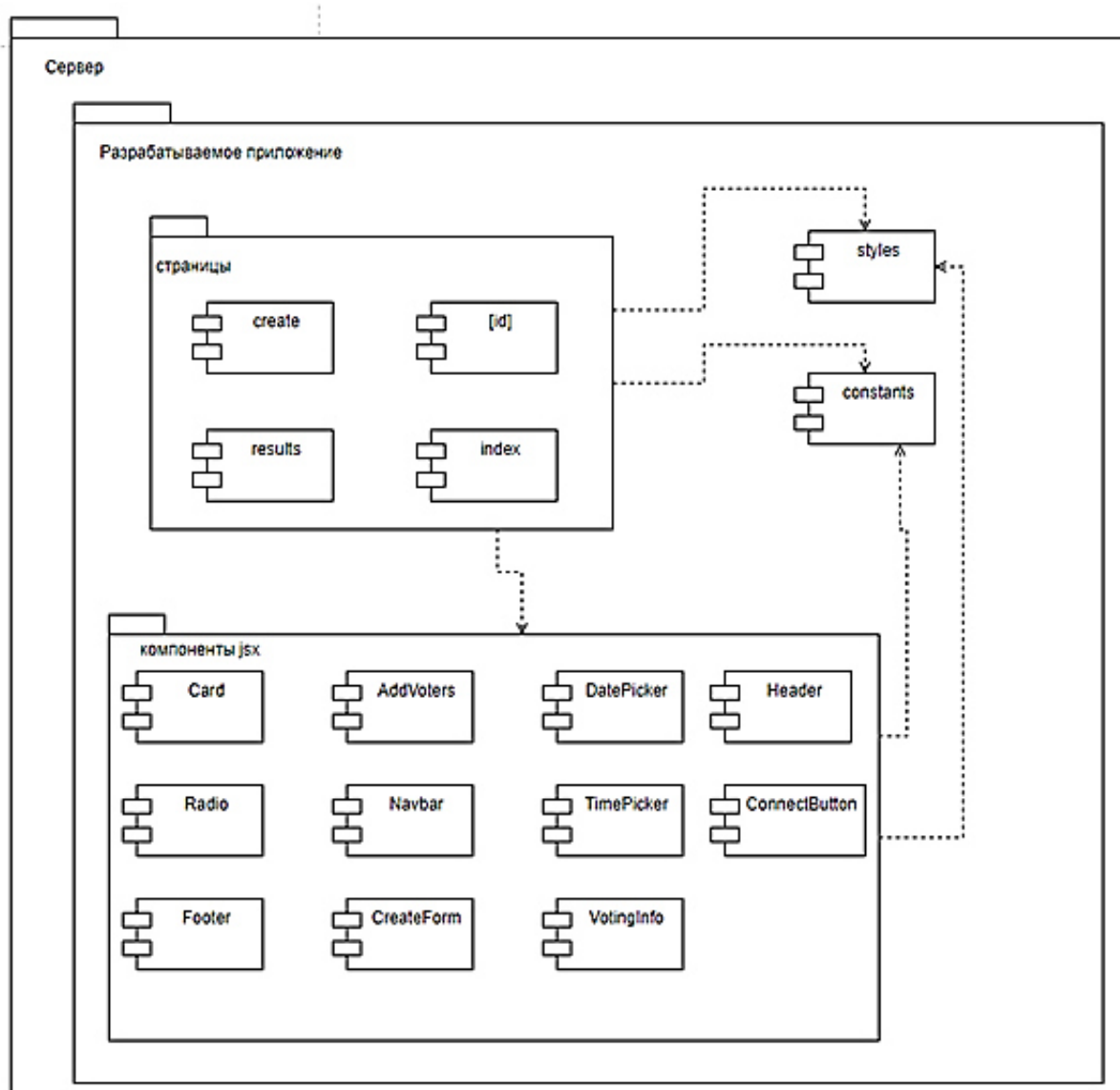


Рис. 5. Диаграмма компонентов разрабатываемого приложения

Fig. 5. Diagram of components of the application being developed

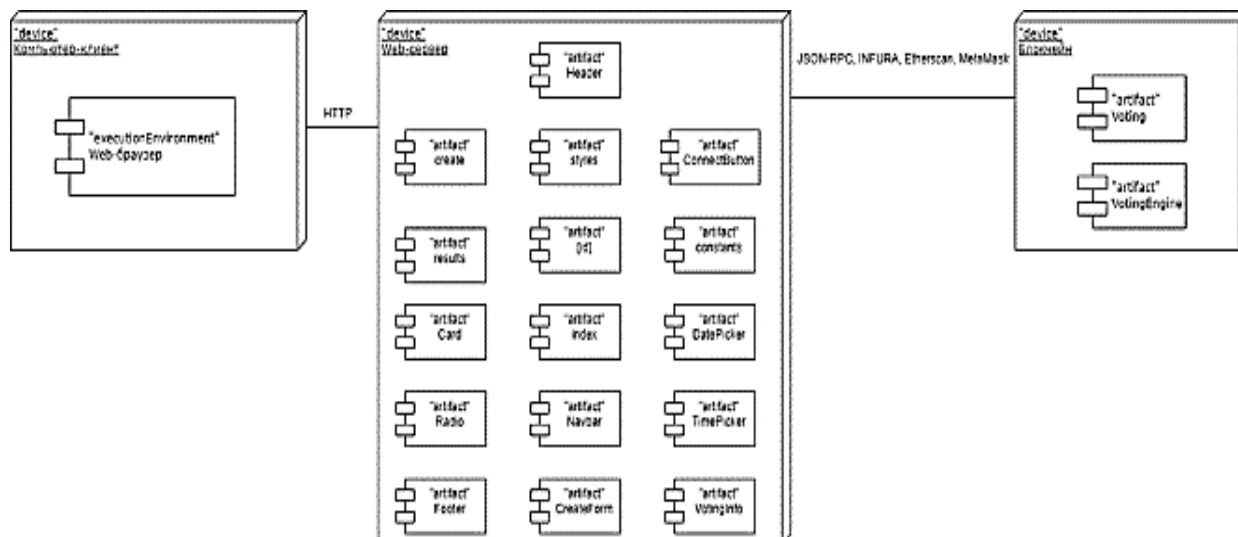


Рис. 6. Диаграмма развертывания для разрабатываемого приложения

Fig. 6. Deployment diagram of the application being developed

На рисунке 7 представлена диаграмма классов части информационно-вычислительной системы, отвечающей

за создание и функционирование голосований.

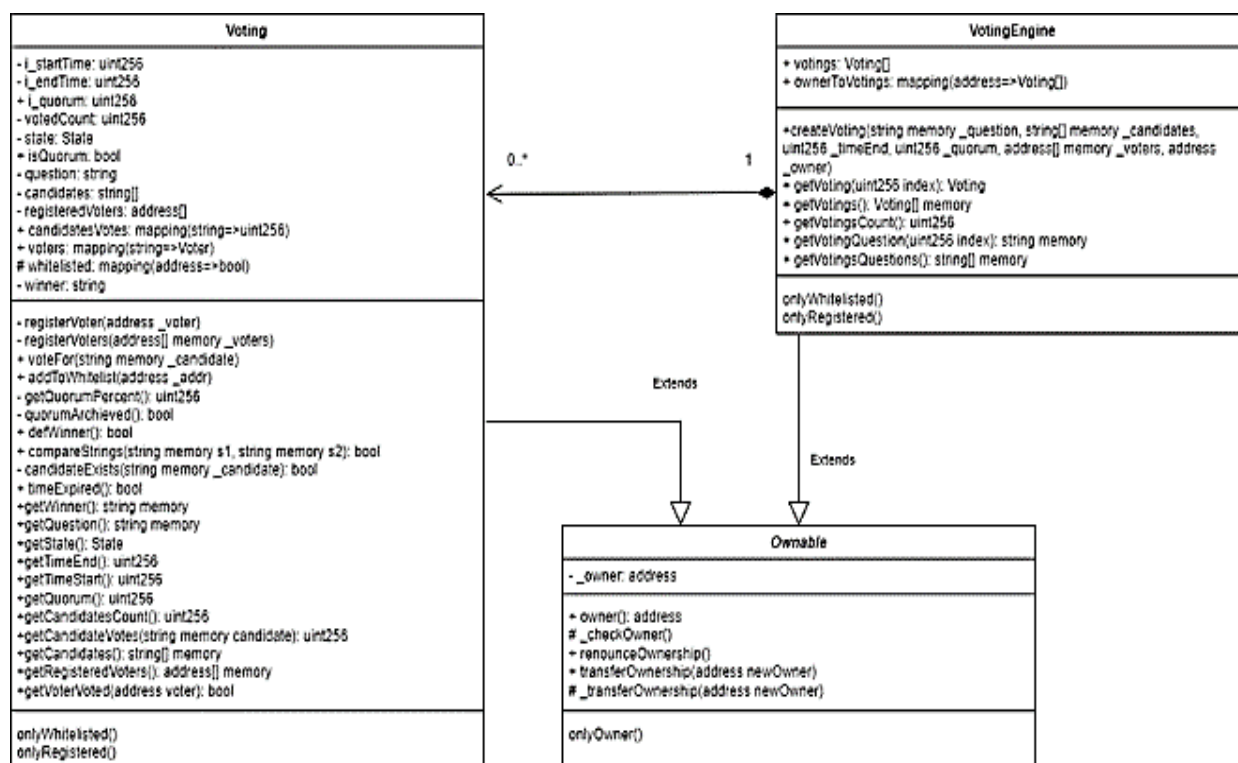


Рис. 7. Диаграмма классов для части информационно-вычислительной системы, отвечающей за создание и функционирование голосований

Fig. 7. Class diagram for the part of the information computing system responsible for the creation and operation of voting

Результаты и их обсуждение

Для того чтобы оценить эффективность разработанной системы, было проведено тестирование, в ходе которого проверялись основные функциональные возможности программного обеспечения, а также его надежность, производительность и безопасность. Тестирование позволило выявить возможные ошибки и недочеты в системе, которые могли негативно сказаться на ее работе и удовлетворении потребностей пользователей.

После того как был завершен этап разработки и тестирования, был проведен сравнительный анализ полученных

результатов и функциональности системы с другими аналогичными решениями, чтобы определить преимущества и недостатки разработанной системы по сравнению с конкурентами. Этот анализ позволил лучше понять, какие улучшения и доработки необходимо внести в систему смарт-контрактов, чтобы она стала более конкурентоспособной и удовлетворяла потребностям пользователей.

Существуют программные реализации систем голосований – WE.Vote, Polys, Voatz. Сравнительный анализ существующих решений и разрабатываемого решения (DVote) представлен ниже (табл. 6).

Таблица 6. Главные сущности и виды взаимосвязей между ними

Table 6. Main entities and types of relationships between them

Решение	WE.Vote	Polys	Voatz	DVote
Шифрование	✓ Использует шифрование и биометрию	✓ Использует шифрование	✓ Использует шифрование и биометрию	✓ Использует шифрование
Удобство	✓ Простой и интуитивный интерфейс	✓ Простой и интуитивный интерфейс	✓ Относительно простой интерфейс	✓ Простой и интуитивный интерфейс
Гибкость	✓ Гибкие настройки	✓ Гибкие настройки	✗ Ограниченные настройки	✓ Гибкие настройки
Децентрализация	✓ Децентрализованная система	✓ Децентрализованная система	✗ Централизованная система	✓ Децентрализованная система
Конфиденциальность	✓ Не раскрывает личную информацию			
Бесплатность	✓ Условно бесплатно	✗ Платно	✗ Платно	✓ Бесплатно
Доступность в других странах	✓ Доступна в различных странах	✓ Доступна в различных странах	✗ Ограничена США	✓ Доступна в различных странах
Прозрачность	✓ Построен на блокчейне	✓ Построен на блокчейне	✗ Централизованная система	✓ Построен на блокчейне
Масштабируемость	✓ Масштабируется хорошо			
Открытость	✗ Закрытый код			✓ Открытый код
Устойчивость к атакам	✓ Использует криптографические механизмы			

Из полученных данных можно сделать вывод, что разрабатываемое решение (DVote) имеет преимущества в открытости и полной бесплатности по сравнению с другими решениями.

Система позволяет обеспечить безопасное проведение онлайн-голосований с хранением всех данных в блокчейне, вследствие чего разработанный программный продукт может гарантировать, что голоса подсчитаны точно и ими нельзя манипулировать, тем самым повышая доверие к результатам процесса голосования. Помимо этого, использование смарт-контрактов потенциально может снизить затраты, связанные с традиционными методами голосования, автоматизировать подсчет голосов и объявление результатов, что значительно сократит время и ресурсы, необходимые для ручного подсчета голосов и проверки, а также использование разработанной системы может улучшить доступность для избирателей, поскольку к ней можно получить удаленный доступ через веб-интерфейс. Также разработанная система может быть использована в других областях применения [18; 19; 20].

Выводы

Информационно-вычислительная система на основе смарт-контрактов для проведения онлайн-голосования предоставляет возможность проводить выборы более эффективно и безопасно. Результаты и их обсуждение играют важную роль в обеспечении прозрачности и доверия к данному процессу.

Система будет интересна различным организациям и частным лицам, стремящимся провести безопасные и прозрачные процессы голосования, таким как правительственные органы, политические партии, промышленные объединения, активисты, некоммерческие организации, университеты и т. д. Благодаря своим функциям и возможностям система предоставляет надежный и проверенный инструмент для демократического участия и принятия решений на различных уровнях, с минимизацией возможности фальсификации и манипуляции результатами голосования.

Использование данного решения обеспечит безопасность и удобство при участии в различных онлайн-голосованиях, надежное хранение голосов избирателей и предоставление детальной статистики по проведенным голосованиям.

Список литературы

1. Крылов А. А. Блокчейн в государственной политике и управлении // Социальная политика и социальное партнерство. 2021. № 6. С. 422–431.
2. Романова И. В., Лаврик Т. М. Применение цифровых технологий в сфере корпоративных отношений // Право: история и современность. 2021. № 2 (15). С. 137–142.
3. Волос А. А., Волос Е. П. Перспективы применения смартконтрактов в корпоративных отношениях // Право и экономика. 2020. № 6. С. 34–39
4. Дмитриев Н. Д. Основные плюсы применения технологии блокчейн при принятии управленческих решений // Экономика и управление: сборник научных трудов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. С. 123–128.

5. Новоселова Л., Медведева Т. Блокчейн для голосования акционеров // *Хозяйство и право*. 2017. № 10. С. 10–21.
6. Санникова Л. В. Блокчейн в корпоративном управлении: проблемы и перспективы // *Право и экономика*. 2019. № 4. С. 27–36.
7. Фролов А. В., Титова А. А., Верещагина Е. А. Электронное голосование без раскредитивания конфиденциальной информации // *Промышленные АСУ и контроллеры*. 2022. № 6. С. 41–48.
8. Татарышкина И. С., Тюрин М. И. К вопросу применения блокчейна в корпоративном управлении // *Право и экономика*. 2023. № 11. С. 19–24.
9. Бэла С. Б. Развитие корпоративного управления с помощью сервисов электронного голосования // *Управленческие науки*. 2020. Т. 10, № 2. С. 74–87.
10. Душаева А. А. Что такое смарт-контракт что нас ждет в будущем? // *Юридическая наука: история и современность*. 2018. № 1. С. 57–62.
11. Генкин А., Михеев А. Блокчейн: как это работает и что ждет нас завтра. М.: Альпина Паблишер, 2018. 592 с.
12. Бондарь К. А. Технология блокчейн и появление смарт-контрактов в современной действительности // *Проблемы науки*. 2020. № 6 (54). С. 71–73.
13. Трубочкина Н. К., Поляков С. К. Система электронного голосования на основе технологии блокчейн с использованием смарт-контракта // *Информационные технологии*. 2019. № 2. С. 75–85.
14. Ben Ayed A. A conceptual Secure Blockchain - Based Electronic Voting System // *International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA)*. 2017. Vol. 9, N 3. P. 1–9.
15. Арутюнов В. В., Авралева И. Ю. Технология блокчейн. Начало, астояще, будущее // *Вестник РГГУ. Серия: Информатика. Информационная безопасность. Математика*. 2021. № 4. С. 30–46.
16. Евсюков Д. С., Лебеденко А. В. Механизм установления подлинностей действий в системах, построенных на децентрализованной системе блокчейн. URL: <https://lektsia.com/18x5206.html?ysclid=m1rxlcdag270118001> (дата обращения: 10.06.2024).
17. ThatsTheSpirit. URL: <https://github.com/ThatsTheSpirit/nextjs-smartcontract-voting-system> (дата обращения: 10.06.2024).
18. Ефремов В. В., Ефремова И. Н., Емельянова Н. А. О методах цифровой обработки информации в медицине // *Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Тамбов: Консалтинговая компания «Юком», 2015. Т. 7. С. 57–59.
19. Сидоров Д. П., Камаева А. А. Технология блокчейн и возможности ее применения в учебном процессе // *Образовательные технологии и общество*. 2019. № 3. С. 94–101.
20. Социально-информационный портал для студентов российских вузов в виде мобильного приложения «Зачёт» / С. А. Немченко, С. А. Сохина, Е. А. Петрик, И. Н. Ефремова // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика*. 2023. № 3. С. 158–173.

References

1. Krylov A.A. Blockchain in public policy and management. *Social'naya politika i social'noe partnerstvo = Social Policy and Social Partnership*. 2021;(6):422–431. (In Russ.)
2. Romanova I.V., Lavrik T.M. Application of digital technologies in the field of corporate relations. *Pravo: istoriya i sovremennost' = Law: History and Modernity*. 2021;(2):137–142. (In Russ.)
3. Volos A.A., Volos E.P. Prospects for the use of smart contracts in corporate relations. *Pravo i ekonomika = Law and Economics*. 2020;(6):34–39. (In Russ.)
4. Dmitriev N.D. The main advantages of using blockchain technology in making management decisions. In: *Ekonomika i upravlenie: sbornik nauchnykh trudov SPbGEU = Economics and Management: Collection of scientific works*. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi ekonomicheskii universitet; 2018. P. 123–128. (In Russ.)
5. Novoselova L., Medvedeva T. Blockchain for shareholder voting. *Hozyajstvo i pravo = Entrepreneurship and Law*. 2017(10):10–21. (In Russ.)
6. Sannikova L.V. Blockchain in corporate governance: problems and prospects. *Pravo i ekonomika = Law and Economics*. 2019;(4):27–36. (In Russ.)
7. Frolov A.V., Titova A.A., Vereshchagina E.A. Electronic voting without declassification of confidential information. *Promyshlennyye ASU i kontroly = Industrial Automated Control Systems and Controllers*. 2022;(6):41–48. (In Russ.)
8. Tataryshkina I.S., Tyurin M.I. On the issue of blockchain application in corporate management. *Pravo i ekonomika = Law and Economics*. 2023; (11):9–24. (In Russ.)
9. Bela S.B. Development of corporate governance using electronic voting services. *Upravlencheskie nauki = Managerial Sciences*. 2020;10(2):74–87. (In Russ.)
10. Dushaeva A.A. What is a smart contract? What awaits us in the future? *Yuridicheskaya nauka: istoriya i sovremennost' = Legal Science: History and Modernity*. 2018;(1):57–62. (In Russ.)
11. Genkin A., Mikheev A. Blockchain: how it works and what awaits us tomorrow. Moscow: Al'pina Publisher; 2018. 592 p. (In Russ.)
12. Bondar K.A. Blockchain technology and the emergence of smart contracts in modern reality. *Problemy nauki = Problems of Science*. 2020;(6):71–73. (In Russ.)
13. Trubochkina N.K., Polyakov S.K. Electronic voting system based on Blockchain technology using a smart contract. *Informacionnye tekhnologii = Information Technologies*. 2019;(2):75–85. (In Russ.)
14. Ben Ayed A.A conceptual Secure Blockchain – Based Electronic Voting System. *International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA)*. 2017;9(3):1–9.
15. Arutyunov V.V., Avraleva I.Yu. Blockchain technology. The beginning, the present, the future. *Vestnik RGGU. Seriya: Informatika. Informacionnaya bezopasnost'. Matematika = RGGU Bulletin. Series: Information Science. Information Security. Mathematics*. 2021;(4):30–46. (In Russ.)
16. Evsyukov D.S., Lebedenko A.V. Mechanism for establishing the validity of actions in systems built on a decentralized blockchain system. (In Russ.) Available at: <https://lektsia.com/18x5206.html?ysclid=m1rxlcdag270118001> (accessed 10.06.2024).

17. ThatsTheSpirit. Available at: <https://github.com/ThatsTheSpirit/nextjs-smartcontract-voting-system> (accessed 10.06.2024).

18. Efremov V.V., Efremova I.N., Yemelyanova N.A. On methods of digital information processing in medicine. In: *Nauka i obrazovanie v zhizni sovremennogo obshchestva: Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii = Science and education in the life of modern society: Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference*. Vol. 7. Tambov: Konsalt-ingovaya kompaniya «Yukom»; 2015. P. 57–59. (In Russ.)

19. Sidorov D.P., Kamaeva A.A. Blockchain technology and the possibilities of its application in the educational process. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo = Educational Technologies and Society*. 2019;(3):94–101. (In Russ.)

20. Nemchenko S.A., Sokhina S.A., Petrik E.A., Efremova I.N. Social information portal for students of Russian universities in the form of a mobile application «Offset». *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Lingvistika i pedagogika = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2023;(3):158–173. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the Authors

Герасев Алексей Александрович, инженер,
Компьютерная академия TOP,
г. Курск, Российская Федерация.
e-mail: 1999bag@gmail.com,
ORCID: 0009-0000-4339-4060

Alexey A. Gerasyov, Ingeneer, TOP Computer
Academy, Kursk, Russian Federation,
e-mail: 1999bag@gmail.com,
ORCID: 0009-0000-4339-4060

Ефремова Ирина Николаевна, кандидат
технических наук, доцент кафедры
программной инженерии, Юго-Западный
государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: efremova-in@inbox.ru,
ORCID: 0000-0001-5644-2674

Irina N. Efremova, Candidate of Sciences
(Engineering), Associate Professor
of the Department of Program Engineering,
Southwest State University,
Kursk, Russian Federation,
e-mail: efremova-in@inbox.ru,
ORCID: 0000-0001-5644-2674

Архипова Изабелла Сергеевна, магистрант
кафедры программной инженерии,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: izabella00arhipova@mail.ru,
ORCID: 0009-0003-6018-9191

Izabella S. Arhipova, Undergraduate
of the Department of Program Engineering,
Southwest State University,
Kursk, Russian Federation,
e-mail: izabella00arhipova@mail.ru,
ORCID: 0009-0003-6018-9191

Камаллов Руслан Наврузович, магистрант
кафедры программной инженерии,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ruslan18.01@mail.ru,
ORCID: 0009-0007-0435-2758

Ruslan N. Kamalov, Undergraduate
of the Department of Program Engineering,
Southwest State University,
Kursk, Russian Federation,
e-mail: ruslan18.01@mail.ru,
ORCID: 0009-0007-0435-2758