

УДК 004.75:[61+004.42]

СИСТЕМЫ БЛОКЧЕЙН В IT-МЕДИЦИНЕ

Катко М.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Вишняков В.А. – доктор технических наук, профессор кафедры ИКТ

Аннотация. В материалах доклада рассматриваются возможности и перспективы применения технологии блокчейн в IT-медицине. Рассмотрены математические модели и схемы передачи медицинских данных при использовании блокчейн. Обобщены проблемы и недостатки применения блокчейн-технологии в IT-медицине.

Ключевые слова: блокчейн, IT-медицина, электронных медицинские карты, потенциал применения блокчейн, конфиденциальность данных

Введение. Блокчейн – это распределенный реестр, который обеспечивает способ записи информации и совместного использования сообществом, в котором каждый участник ведет свою собственную копию информации, все участники должны проверять любые обновления коллективно. С помощью блокчейна криптология заменяет сторонних посредников в качестве хранителя доверия, при этом все участники блокчейна запускают сложные алгоритмы для подтверждения целостности информации.

Современная электронная медицина (e-health) сталкивается с проблемами безопасности данных, отсутствием доверия между участниками системы и сложностью обмена медицинской информацией. Блокчейн-технология, благодаря своей децентрализованной природе, криптографической защите и неизменяемости данных, предлагает решения этих проблем [1].

Цель данной статьи – дать краткое описание работы блокчейн, проанализировать текущее состояние и перспективы применения блокчейна в IT-медицине, а также обозначить проблемы внедрения технологии.

Основная часть. Блокчейн опирается на: хеш-функции (SHA-256, Кэскад) – обеспечивают целостность данных; алгоритмы консенсуса (Proof of Work, Proof of Stake, PBFT) – гарантируют согласованность данных в сети. В медицинских блокчейн-системах применяются алгоритмы консенсуса: Proof of Authority (PoA) – для быстрой валидации транзакций (подходит для EHR – Electronic Health Records); Delegated Proof of Stake (DPoS) – баланс между скоростью и децентрализацией [9]. Блокчейн позволяет хранить хэши записей в цепочке, а сами данные – в IPFS (InterPlanetary File System); контролировать доступ через смарт-контракты.

Данные и трафик в блокчейне шифруются с использованием протоколов высочайших стандартов безопасности (ECC, АЕС). API играют важную роль в конфиденциальности и безопасности данных здравоохранения, обеспечивая безопасную передачу информации о пациентах между системами [2].

В сфере здравоохранения используется большое число умных медицинских устройств, которые постоянно собирают и отслеживают различную информацию. Блокчейн обеспечивает постоянный контроль за такими устройствами, который сводит к минимуму какие-либо несанкционированные манипуляции с ними [3].

Для кодировки и защиты данных медицинского характера при организации медицинского обслуживания на базе блокчейн-платформы в наибольшей степени подходит технология умных контрактов (смарт-контракты). Эффективность данной технологии с точки зрения обеспечения защиты данных пациента заключается в том, что доступ к ним обеспечивается только после его согласия. Технология умных контрактов обеспечивает достоверность и защиту передаваемых данных, а также разделяет информационные потоки на общедоступные (в обезличенной форме) и требующие разрешения на их передачу третьим лицам (персонализированные) [4].

Преимущества использования блокчейн в здравоохранении [1]:

1. Децентрализация – отсутствие центрального узла, хранящего и управляющей информацией (у всех участников равные права, поэтому совершение операций проводится между ними напрямую);
2. Конфиденциальность данных – блокчейн неизменяемая структура, обязательно применяются криптографические алгоритмы шифрования, хеширования и аутентификации;
3. Ограничение доступа – только владельцев информации может управлять доступом к своим данным;
4. Надежность – записи блоки блокчейна хранятся на всех узлах сети, что минимизирует их утрату;

5. Проверка данных – без доступа к информации, хранящейся внутри блока, можно проверить ее целостность и неизменность.

Обобщенную модель управления медицинскими данными можно представить в виде [1]:

$$M_{mic} = \{M_{cehr}, M_{cct}, M_{dma}, M_{cbi}, M_{rpm}\},$$

где M_{cehr} – управление электронными медицинскими картами; M_{cct} – управление цепочками поставок лекарств и борьба с контрафактом; M_{dma} – анализ медицинских данных; M_{cbi} – проведение клинических и биомедицинских исследований; M_{rpm} – удаленный мониторинг пациентов.

В таблице 1 приведены самые актуальные направления для интеграции блокчейн-технологии в сфере IT-медицины на сегодняшний день [1, 3 – 4].

Таблица 1 – Направление применения блокчейн в IT-медицине

№	Направление	Проблема	Оптимизация	Примеры
1	Управление электронными медицинскими картами (ЭМК)	Целостность данных, контроль доступа	Обеспечивает безопасное хранение и передачу данных между субъектами	MedRec, платформа Panacea, Платформа Akiri
2	Контроль цепочки поставок лекарств	Контроль подлинности товаров	Прозрачное документирование, отслеживание товара	ADLTTM, TraceRX, Компания MediLedger
3	Телемедицина	Целостность и конфиденциальность данных	Защищает данные пациентов при удаленных консультациях	Solve.Care MyClinic
4	Исследования и клинические испытания	Целостность и конфиденциальность данных	Гарантирует достоверность данных, сбор данных с медицинских устройств, автоматизация процессов	Платформа CTRR, компания Chronicled
5	Подтверждение квалификации медицинского персонала	Фальсификация документов	Гарантирует достоверность документов	Протокол блокчейна R3 Corda
6	Регулирование страховых споров	Большие временные затраты, фальсификация документов	Повышение прозрачности, снижению случаев мошенничества, автоматизация обработки обращений	Компания MetLife

Пользователи занимают различные позиции в системе и могут просматривать только те записи, к которым они получили доступ. Пациенты могут добавлять записи с помощью клиентской программы, которая вызывает код цепочки для фиксации транзакции в сети. После фиксации транзакции в сети блокчейна обновленные транзакции распространяются по сети и гарантируют, что каждая транзакция по сети распространяется среди всех участников системы. Ни одна транзакция не может быть изменена или удалена неавторизованными пользователями. Транзакции применяются только к предыдущему хэшу с временной меткой, поэтому сеть полностью безопасна. Записи изменяются и доступны любому пользователю блокчейн-сети. Поставщики услуг, включая медиков и сотрудников лабораторий, могут запрашивать необходимые данные через сеть.

На примере использования электронных медицинских карт можно рассмотреть схему передачи медицинских данных. Первоначально данные генерируются из носимого или медицинского устройства пациента, передаются в блокчейн через API и в конечном итоге в EHR очень прозрачным способом. Таким же образом данные будут возвращены пациенту или медицинскому работнику. Любые действия с данными должны быть согласованы с другими заинтересованными сторонами.

На рисунке 1 показан поток данных от их источника (пациента) до электронной медицинской карты (EHR) [5].



Рисунок 1 – Схема передачи медицинских данных

Схема состоит из 6 компонентов:

1 Сбор данных пациента. Этот компонент отвечает за сбор данных от пациента из различных источников, включая медицинские приборы, носимые устройства и поставщиков медицинских услуг и т. д.

2 Шифрование и хранение данных. Этот компонент получает, записывает и хранит зашифрованные медицинские данные пациента в блокчейн-сети.

3 Предоставления медицинских услуг. Этот компонент предоставляет медицинские услуги поставщикам медицинских услуг, пациентам и другим на основе данных о здоровье пациента хранящихся в блокчейне. Эти услуги могут включать телемедицину, удаленный мониторинг и т. д.

4 Приложений для здравоохранения. Этот компонент, которые позволяют медицинским работникам поставщикам медицинских услуг получить доступ к медицинским данным пациентов, хранящимся в блокчейне. Эти приложения выступают в виде мобильных приложений, веб-порталов и электронных медицинских карт (EHR).

5 Управление и регулирование. Данный компонент обеспечивает надзор и управление системы, обеспечивая доступ к медицинским данным с соблюдением нормативных требований, конфиденциальности и стандартов безопасности.

6 Получение вознаграждений. Этот компонент стимулирует заинтересованные стороны, поощряя обмен медицинскими данными и использование предоставляемых услуг. Эти стимулы могут быть в виде собственной криптовалюты либо в виде скидок.

Такая схема призвана обеспечить безопасную и прозрачную платформу для сбора, хранения и обмена медицинскими данными пациентов, а также предоставить поставщикам медицинских услуг и пациентам возможность доступа к этим данным и их использования для улучшения результатов медицинского обслуживания.

Несмотря на существующие препятствия, блокчейн открывает значительные перспективы для оптимизации процессов в сфере наук о жизни. Ключевым вызовом на пути к широкому внедрению является необходимость трансформации взглядов руководителей в частном и государственном секторах, а также политиков, наряду с адаптацией управленческих подходов. По мере развития технологии и появления успешных кейсов, демонстрирующих снижение рисков, ожидается увеличение темпов ее освоения в ближайшие пять лет. Это, в свою очередь, позволит блокчейну в полной мере реализовать свой потенциал в рамках экосистемы наук о жизни [6].

Барьерами для широкого применения блокчейна в здравоохранении являются также проблемы масштабируемости, задержки передачи данных, взаимодействия между различными системами, безопасности данных и конфиденциальности. Эти препятствия требуют комплексного решения для успешного внедрения блокчейн-технологий в здравоохранении. В качестве первостепенного решения могут выступить вопросы правового регулирования.

В России уже несколько лет используются медицинские электронные карты пациентов, активно развивается сегмент телемедицины. При этом на государственном уровне технология блокчейн не используется, но рассматривается как один из возможных вариантов [7].

Заключение. Блокчейн обладает значительным потенциалом для трансформации электронной медицины, обеспечивая безопасность, прозрачность и автоматизацию. Но остаются вызовы, связанные с масштабируемостью и регуляцией. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию алгоритмов и интеграцию с существующими медицинскими системами. Приведены математические модели и схема передачи медицинских данных.

Список использованных источников:

1. Вишняков В. А. *Технология блокчейн в образовании и ИТ-медицине: модели, алгоритмы, программные средства* : [монография] / В. А. Вишняков, Д. А. Качан. – Минск : РИВШ, 2023. – 184 с.
2. *Blockchain for Healthcare: How to Enhance Data Privacy and Security in Patient Information Transfers* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mpost.io/blockchain-for-healthcare-how-to-enhance-data-privacy-and-security-in-patient-information-transfers/>. Дата доступа: 01.04.2025
3. Вишняков В.А. *Использование технологии блокчейн в ИТ-медицине* // Вишняков В.А. / Системный анализ и прикладная информатика. 2024, № 3. – С. 48-53.
4. Борисов, И. В. Блокчейн-платформа как инструмент цифровизации процессов управленческой деятельности в здравоохранении / И. В. Борисов // Вестник евразийской науки. – 2023, Т.15. № 1.
5. Mehak Maqbool Memon , Manzoor Ahmed Hashmani, Filmann Taput Simpao, Anthony Cinco Sales, Neil Quinones Santillan, Dodo Khan. *Blockchain in Healthcare: A Comprehensive Survey of Implementations and a Secure Model Proposal* //Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: A // Pakistan Academy of Sciences Physical and Computational Sciences 60(3). 2023. – С. 1-13.
6. Райт Ч., Джоши Р. Блокчейн в здравоохранении и науки о жизни // PreScouter, 2020.
7. Берсенева Е.А., Умнов С.В., Умнов М.С., Агамов З.Х. *Технология блокчейн как компонент цифровизации здравоохранения* // Профилактическая медицина. 2023;26(4):95-99.

UDC 004.75:[61+004.42]

BLOCKCHAIN SYSTEMS IN IT-MEDICINE

Katsko M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Scientific supervisor: Vishnyakov V.A. – Doctor of Technical Sciences, professor at the department of ICT

Annotation. The report considers the possibilities and prospects of blockchain technology application for IT-medicine. Mathematical models and schemes of medical data transmission when using blockchain are considered. Problems and disadvantages of blockchain technology application in IT-medicine are summarized.

Keywords: blockchain, IT-medicine, electronic health records, potential applications of blockchain, data privacy.