

ВИШНЯКОВ В.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ИТ-МЕДИЦИНЕ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Предметом исследований является использование технологии блокчейн в ИТ-медицине. Цель статьи – провести анализ использования технологии блокчейн в ИТ-медицине, проанализировать ее использование в мире, предложить модели: направления блокчейн в медицине и электронного маркетинга. Рассмотрены основные направления использования технологии блокчейн в медицине. Определено применение и перспективы использования блокчейн в медицинских учреждениях России и развитых стран мира. Проведен анализ различных проектов. Технологии блокчейн позволяют перенести работу на цифровой носитель, оцифровать все данные и работать со всеми документами в рамках большой глобальной информационной системы. Преимущества: децентрализация, личное владение медицинскими данными, доступность и надежность, прозрачность и доверие, проверяемость данных. Разработана модель информационного управления в ИТ-медицине с использованием блокчейн, включающая управление электронными медицинскими картами; управление цепочками поставок лекарств и борьба с контрафактом; анализ медицинских данных; проведение клинических и биомедицинских исследований; удаленный мониторинг пациентов. Разработана структура интернет-маркетинга на базе распределенной системы с использованием портала подсистем поставок и распределением лекарств для удовлетворения потребностей пациентов для различных медицинских учреждений Республики Беларусь, с поддержкой интеллектуальных агентов и блокчейн-технологий.

Ключевые слова: *сети блокчейн, ИТ-медицина, анализ проектов, модель блокчейн в медицине, интернет маркетинг в фармакологии*

Введение

За последние 10 лет технология блокчейн набрала огромную популярность практически с нуля. Блокчейн уже успешно применяется во многих сферах, в том числе, в здравоохранении. Считается, что она предоставляет большие возможности для совершенствования и услуг из-за распределенного, децентрализованного характера и таких функций, как постоянство записи в блоках и возможность запуска смарт-контрактов. Эти особенности делают продукты или услуги, основанные на технологии блокчейн, отличными от разработок Интернета, и представляют особый интерес для экономики в целом и ИТ-медицины в частности. В сфере ИТ-медицины деятельность, которая может быть улучшена технологией блокчейн, включает: электронные медицинские карты, сбор и управление данными, отслеживание цепочки поставки лекарств, медицинское страхование, удаленный мониторинг пациентов [1].

Способность блокчейн создавать структуры управления данными, в которых пользователи имеют больше прав собственности и контроля, может снизить затраты медицинских организаций на управление данными. Криптовалюты, основанные на блокчейне, могут использоваться для облегчения платежей в некоторых медицинских учреждениях [2].

Краткие основы блокчейн

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. Информация может представлять собой транзакции, контракты, активы, идентификационные данные или практически все остальное, что может быть описано в цифровой форме. Каждое обновление – это новый «блок», добавляемый в конец «цепочки». С помощью блокчейна криптология заменяет сторонних посредников в качестве хранителя доверия, при этом все участники блокчейна запускают сложные алгоритмы для подтверждения целостности информации.

Первым известным блокчейном был Биткойн, который также является названием первой широко используемой децентрализованной криптовалюты [3]. Существуют другие блокчейны, имеющие широкое применение, такие как Ethereum [4], IPFS или Overstock и др.

Основные составляющие технологии блокчейн на примере Биткойна: криптография, транзакции, протокол, цепочка блоков и доказательство работы (майнинг) [5]. В Bitcoin используется криптография на эллиптических кривых. Применены технологии хэширование электронной цифровой подписи, шифрование с открытым и закрытым

ключами, поиски консенсуса при формировании новых блоков.

Транзакция, это сложная структура с входами и выходами. Входы, это транзакции, на которые ссылаются. Выходы, упрощенно, это адреса, на которые будут переведены средства. В Биткойне: входы – это транзакции, пополняющие биткойн-адрес, а выходы – это суммы, которые переводятся на другие биткойн-адреса. Для работы с транзакциями существует собственный язык Script [4]. Для работы с транзакциями используется специальный протокол.

Структура блока включает: версию блока, хэш предыдущего блока, хэш всех транзакций блока, дату и время создания блока, параметры nonce и bits, которые записываются при майнинге (доказательство работы), число транзакций в блоке и их список. Майнинг – деятельность по поддержанию распределенной платформы и созданию новых блоков с возможностью получить вознаграждение в форме эмитированной валюты.

Использование БЧ в ИТ-медицине

Блокчейн хорошо подходит для хранения и управления электронными медицинскими картами, записями и информацией о здоровье пациента. Решения на базе блокчейн делают записи о данных пациента быстродоступными, обеспечивают безопасность и целостность информации, а также помогают упростить медицинскую отчетность. Шифрование данных обеспечивает конфиденциальность и безопасность записей [6].

Сбор и управление данными. В сфере здравоохранения используется большое число умных медицинских устройств, которые постоянно собирают и отслеживают различную информацию. Блокчейн обеспечивает постоянный контроль за такими устройствами, который до минимума исключает какие-либо манипуляции с ними, организацию объективной очередности пациентов.

Отслеживание цепочек поставок лекарств. Фармацевтические компании постоянно борются с распространением поддельных лекарств, пытаются завоевать доверие среди потребителей. Блокчейн открывает новые возможности в отслеживании медицинских препаратов в цепочке поставок. Системы позволяют отследить каждый этап поставки лекарства: от производителя до потребителя. Это помогает не допустить попадание поддельных препаратов на рынок, а также предотвратить потери и кражи.

Медицинское страхование. Блокчейн уже успешно применяется в сфере страхования. Медицинские страховки не являются исключением. Блокчейн помогает сократить время обработки страховых заявок, автоматизируя процессы с помощью смарт-контрактов. Хранение медицинской и страховой информации в неизменяемом реестре

помогает компаниям устранить риски мошенничества.

Удаленная диагностика. Блокчейн позволяет оптимизировать процесс сбора данных о здоровье пациента удаленно, с помощью различных мобильных устройств и датчиков. Блокчейн также помогает анализировать данные и является эффективным хранилищем с возможностью предоставления доступа нескольким учреждениям, сопровождающим пациента. IoT-инфраструктура состоит из множества связанных между собой устройств, и блокчейн ускоряет обмен данными. Параллельно AI может анализировать данные и посылать медицинским учреждениям информацию о состоянии здоровья пациента.

Одной из наиболее ценных характеристик блокчейн сетей является обеспечение неизменности, целостности данных. Это дает возможность, для медицинских целей, сохранить неизменными все данные.

Приватность. На базе блокчейн сетей возможно построить автоматические правила доступа к данным, выдающие и(или) ограничивающие такой доступ по различным событиям.

Доверие. Доверие внутри блокчейн сетей обеспечивается децентрализованной природой блокчейна, его алгоритмами консенсуса, на базе которых принимаются решения о включении данных в блокчейн сеть или получении доступа к ним.

Также наблюдается рост числа поддельных лекарств, по состоянию на 2010 год их объем оценивался примерно в 75 миллиардов долларов. Блокчейн предоставляет возможность сканировать лекарства с помощью штрих-кода и вводить их в защищенный цифровой блок на каждом этапе цепочки поставок. Этот реестр может быть просмотрен производителями, дистрибьюторами и пациентами в любой момент времени. Последствия намного выходят за рамки цепочки поставок фармацевтической продукции.

Блокчейн в медицине России. Объединенная медицинская корпорация при содействии Внешэкономбанка разработала программу мониторинга оборота лекарств в больницах, которая работает на базе облачной платформы Microsoft Azure на ее сервисе Ethereum Blockchain as a Service. Программа была запущена в России, в Новгородской области. Внедрение мониторинга позволило отслеживать дорогие лекарства, закупаемые за счет новгородского бюджета. Благодаря использованию блокчейн система мониторинга хранит подробную информацию о назначенных лекарствах, которую невозможно подменить.

Компания DeepMind, которая специализируется на вопросах искусственного интеллекта, разрабатывает на базе блокчейн-технологий реестр медицинских данных пациентов больниц. Специфика реестра заключается в том, что создаваемой

системой будут управлять медицинские учреждения, а также эксперты по работе с данными [7].

Зарубежные исследования

Эстония стала первой страной, внедрившей блокчейн в национальных масштабах. Фонд электронного здравоохранения eHealth Foundation Эстонии действует с 2008 года. В 2016 году eHealth Foundation объединился с Guardtime, компанией, которая специализируется на обеспечении безопасности данных. Guardtime помогли фонду внедрить KSI (Keyless signature infrastructure) технологию, обеспечивающую масштабные проверки подлинности данных без опоры на централизованный доверенный орган [8].

В проекте находится более 1 миллиона записей о пациентах и их данных. Инфраструктура KSI обеспечивает высокую безопасность медицинских данных, их сохранность и целостность. При любом изменении медицинской информации, блокчейн KSI автоматически создает обновленную запись, что предотвращает любую бесконтрольную манипуляцию над данными, будь то их преднамеренное изменение или удаление.

Платформа RokitDok представляет собой набор API-интерфейсов и дает разработчикам и пользователям доступ к более 700 торговым партнерам. Решение было разработано для систем здравоохранения, страховых компаний, медицинских цифровых компаний и других организаций с целью оптимизации бизнес-процессов в сфере здравоохранения.

Платформа представляет собой модульный маркетплейс состоящий из 5 компонентов: управление идентификационной информацией, управление льготными выплатами, оценка рисков неплатежеспособностями, маркетплейс и управление претензиями.

Решения RokitDok работают на основе блокчейн платформы DokChain, построенной совместно с Intel на базе Hyperledger Sawtooth Lake. DokChain представляет собой блокчейн платформу как сервис. Ее основными особенностями являются [9]: автономное и автоматическое вынесение решений по спорным вопросам страховых выплат; событийное управление цепочками поставок, например, доставка лекарств пациентам при возникновении необходимости; автоматизация рабочих процессов помощью смарт-контрактов.

FarmaTrust разрабатывает быстрое, масштабируемое и безопасное блокчейн решение, которое автоматизирует все этапы отслеживания фармацевтической продукции в цепочках поставок [10]. Созданная компанией блокчейн система Zoі помогает минимизировать затраты и ресурсы, необходимые для полноценного отслеживания препаратов. Платформа интегрируется с существующими корпоративными программными решениями и помогает

сократить вероятность дестабилизации существующих бизнес-процессов, например из-за срыва или задержки поставок товаров. Решение построено на публичном блокчейне Ethereum. Также компания успешно проводила запуски PoS на частных версиях Ethereum: Tomochain и Quorum. Платформа использует реестр для хранения данных об отслеживании медицинских препаратов, смарт контракты для автоматизации исполнения поставок легальных продуктов и искусственный интеллект для предсказания потребностей в лекарствах.

LumenLab – подразделение крупной страховой компании Metlife, расположенное в Сингапуре, запустило пилотную блокчейн платформу Insurechain для автоматизации страховых выплат [11]. Приложение Vitana, работающее на блокчейн-платформе Insurechain, создано для обеспечения финансовой защиты беременных женщин с риском возникновения гестационного диабета. Через это приложение пациент подает заявку на оформление страхового полиса. В случае, если у пользователя будет обнаружен диабет, произойдет автоматическая страховая выплата суммой \$500. Благодаря лежащей в основе приложения технологии блокчейн, оформление страхового полиса занимает лишь несколько минут, а страховые выплаты происходят автоматически, без участия пациентов. Vitana была создана при активном участии таких крупных корпораций как SwissRe, Cognizant и Vault Dragon, которые помогли LumenLab с проектированием, разработкой и внедрением проекта.

Платформа Bramble – это маркетплейс для покупки и продажи медицинских услуг. Решение дает пользователям доступ к предложениям различных инновационных медицинских услуг, созданных поставщиками напрямую, с указанием подробностей, стоимости и условиями для потребителей или сотрудников медицинской сферы [12]. Преимущества Bramble: могут появляться новые рынки с высококласными поставщиками; потребители смогут покупать услуги, основываясь на стоимости, качестве и репутации; интеграция с различными страховыми планами.

Signal stream – это распределенная платформа для автоматизации бизнес-процессов между несколькими участниками [13]. Платформа дает возможность собирать данные из различных систем, создавать отчеты и является источником достоверной информации для обеспечения работы учреждений здравоохранения. Автоматическое отслеживание сложных взаимодействий между участниками призвано обеспечить эффективность и прозрачность деловых отношений в сфере здравоохранения. Платформа Signal stream позволяет: снизить административную нагрузку, связанную со сложными рабочими процессами; отслеживать исполнения контрактов в режиме реального времени.

Применение блокчейн в медицине, позволит повысить уровень доверия между участниками. В своем исследовании Bisresearch прогнозирует, что с помощью блокчейн систем к 2025 году индустрия здравоохранения сможет сэкономить около \$100 млрд. за счет сокращения расходов, связанных с утечкой данных, поддержкой IT инфраструктуры, мошеннических действий, страховых махинаций, и другого.

Модель и система применения блокчейн в ИТ-медицине

Рассмотрим две задачи. Постановка первой задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать эффективную интеллектуальную технологию для обеспечения подтверждения достоверности медицинских документов на основе технологии распределенных реестров с использованием умных контрактов, а также определить модели информационного управления для ИТ-меди-

цины. Для второй задачи надо разработать модель интернет маркетинга, чтобы сбалансировать потребности пациентов в необходимых лекарствах и поддержать это равновесие технологией блокчейн [14].

Тогда обобщенную модель для ИПВМ M_{mic} представим в виде:

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

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.

Рассмотрим структуру распределенной системы с использованием портала системы поставок и распределением лекарств (ПСФ) для удовлетворения пациентов для различных медицинских учреждений Республики Беларусь, которая работает с поддержкой интеллектуальных агентов и применением блокчейн технологий (рисунок 1) [14].

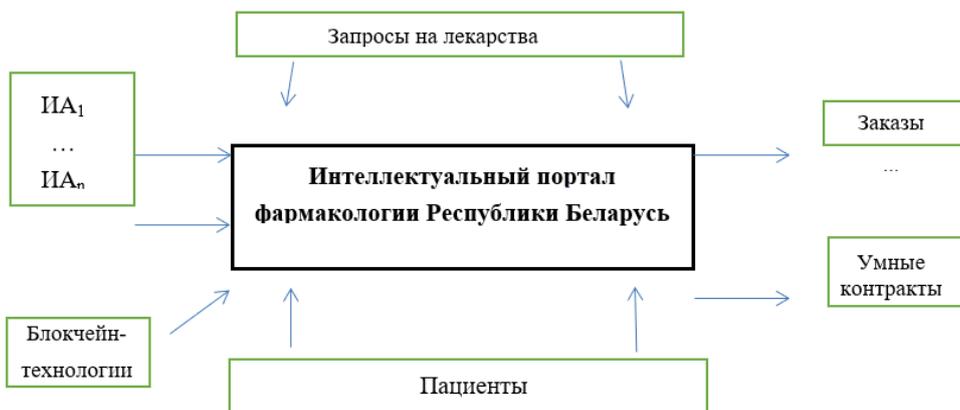


Рисунок 1. Структура системы интернет-маркетинга фармакологии

ПСФ в своем составе имеет базу знаний с алгоритмом самообучения и редактором, интеллектуальный решатель, подсистему объяснений, интерфейс ИА1...ИА_n, подсистему подтверждения достоверности на основе блокчейн. Интеллектуальные агенты ИА1...ИА_n сканируют сайты медицинских учреждений и исследовательских центров (для определения потребностей в лекарствах) и сайты компаний поставщиков лекарств (данные об имеющейся номенклатуре) и формируют базу знаний портала для поставок лекарств. Решатель находит совпадения и выдает предложения для требуемого перечня и количества лекарственных препаратов (включая прогнозные потребности), объединяя интересы пациентов, аптек и медицинских учреждений.

В результате договоров формируются умные контракты, которые поддерживаются блокчейн. Эта технология гарантирует достоверность документов по производству лекарств, а также подтверждение юридически значимых действий по их распространению в случае дефицита.

Заключение

1. Рассмотрены основные направления использования технологии блокчейн в медицине. Определено применение и перспективы использования блокчейн в медицинских учреждениях России и развитых стран мира. Проведен анализ различных проектов. Технологии блокчейн все чаще используются в медицине, они позволяют перенести работу на цифровой носитель, оцифровать все данные и работать со всеми документами в рамках большой глобальной информационной системы. Преимущества использования блокчейн в ИТ-медицине: децентрализация, личное владение медицинскими данными, доступность и надежность, прозрачность и доверие, проверяемость данных.

2. Разработана на базе теории множеств модель информационного управления в ИТ-медицине с использованием технологии блокчейн, включающая управление электронными медицинскими картами; управление цепочками поставок лекарств

и борьба с контрафактом; анализ медицинских данных; проведение клинических и биомедицинских исследований; удаленный мониторинг пациентов.

3. Разработана структура интернет-маркетинга на базе распределенной системы с использова-

нием портала подсистем поставок и распределением лекарств для удовлетворения потребностей пациентов для различных медицинских учреждений Республики Беларусь, которая работает с поддержкой интеллектуальных агентов и применением блокчейн-технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Топ 5 блокчейн проектов в сфере здравоохранения** [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://digiforest.io/blog/blockchain-projects-in-healthcare-part2>. – Дата доступа : 10.03.2023.

2. **Блокчейн в медицине и фармацевтике: полный обзор возможностей** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/u/613021-pavel-svirsky/179894-blokcheyn-v-medicine-i-farmaceutike-polnyy-obzor-vozmozhnostey>. – Дата доступа: 10.04.2023.

3. **Introducing Blockchain Impact Award Winner Chronicled** [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.newsweek.com/2019/03/08/introducing-blockchain-impact-award-winner-chronicled-1339358.html>. – Access date: 30.05. 2023.

4. **Как работает Эфириум?** [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<https://habr.com/ru/post/407583/> – Дата доступа: 20.06.2023.

5. **Zero-Knowledge Supply Chain Blockchain, MediLedger** [Electronic resource]. – Access mode : [youtube.com/watch?v=mNfeO0F_zLg](https://www.youtube.com/watch?v=mNfeO0F_zLg). – Access date: 30.07. 2023.

6. **Hashed Health – Reformatting the Healthcare Narrative with Blockchain Technology** [Электронный ресурс]. – Access mode: <https://medium.com/@bbrodkin09/hashed-health-reformatting-the-healthcare-narrative-with-blockchain-technology-bd6e7c663e53>. – Access date: 15.08.2023.

7. **Куракова, Н.Г.** Технологии блокчейн в здравоохранении: позиции России на глобальном публикационном ландшафте / Н.Г. Куракова, О.В. Черченко, Л.А. Цветкова // Врач и информационные технологии. – 2021. – № 1. – С. 25-39.

8. **Estonian eHealth Foundation** [Electronic resource]. – Access mode: <https://ee.linkedin.com/company/estonian-ehealth-foundation>. – Access date: 10.09. 2023.

9. **PokitDok** [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.linkedin.com/company/pokitdok>. – Access date: 20.09. 2023.

10. **FarmaTrust** [Electronic resource]. – Access mode: <https://medium.com/@farmatrust>. – Access date: 30.09. 2023.

11. **Insure Chain Network** [Electronic resource]. – <https://insurechain.network/>. – Access date: 10.10. 2023.

12. **Bramble** [Electronic resource]. – <https://www.linkedin.com/company/brmbl>. – Access date: 20.09.

13. **Signal stream** [Electronic resource]. – <https://signal.stream/en/>. – Access date: 25.10.23.

14. **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.

REFERENCES

1. **Top 5 blockchain projects in the field of healthcare** [Electronic resource]. – Access mode : <https://digiforest.io/blog/blockchain-projects-in-healthcare-part2>. – Access date : 10.03.2023.

2. **Blockchain in medicine and pharmaceuticals: a complete overview of the possibilities** [Electronic resource]. – Access mode: <https://vc.ru/u/613021-pavel-svirsky/179894-blokcheyn-v-medicine-i-farmaceutike-polnyy-obzor-vozmozhnostey>. – Access date: 10.04.2023.

3. **Introducing Blockchain Impact Award Winner Chronicled** [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.newsweek.com/2019/03/08/introducing-blockchain-impact-award-winner-chronicled-1339358.html>. – Access date : 30.05. 2023.

4. **How does Ethereum** [Electronic resource]. – Access mode :<https://habr.com/ru/post/407583/> – Access date: 20.06.2023.

5. **Zero-Knowledge Supply Chain Blockchain, MediLedger** [Electronic resource]. – Access mode: [youtube.com/watch?v=mNfeO0F_zLg](https://www.youtube.com/watch?v=mNfeO0F_zLg). – Access date: 30.07. 2023.

6. **Hashed Health – Reformatting the Healthcare Narrative with Blockchain Technology** [Electronic resource]. – Access mode: <https://medium.com/@bbrodkin09/hashed-health-reformatting-the-healthcare-narrative-with-blockchain-technology-bd6e7c663e53>. – Access date: 15.08.2023.

7. **Kurakova, N. G.** Blockchain technologies in healthcare: Russia's Position on the global publishing landscape / N. G. Kurakova, O. V. Cherchenko, L. A. Tsvetkova // Doctor and Information Technologies. – 2021. – No. 1. – Pp. 25-39.

8. **Estonian eHealth Foundation** [Electronic resource]. – Access mode: <https://ee.linkedin.com/company/estonian-ehealth-foundation>. – Access date: 10.09. 2023.

9. **PokitDok** [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.linkedin.com/company/pokitdok>. – Access date: 20.09. 2023.

10. **FarmaTrust** [Electronic resource]. – Access mode: <https://medium.com/@farmatrust>. – Access date: 30.09. 2023.
11. **Insure Chain Network** [Electronic resource]. – <https://insurechain.network/>. – Access date: 10.10. 2023.
12. **Bramble** [Electronic resource]. – <https://www.linkedin.com/company/brmbl>. – Access date: 20.09.
13. **Signal stream** [Electronic resource]. – <https://signal.stream/en/>. – Access date: 25.10.23.
14. **Vishniakou, U. A.** Blockchain technology in education and IT medicine: models, algorithms, software tools. Monograph. / V. A. Vishnyakov, D. A. Kachan. – Minsk: Riga, 2023. – 184 p.

VISHNIAKOU U.A.

THE USE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN IT-MEDICINE

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

The subject of research is the use of blockchain technology in IT medicine. The purpose of the article is to analyze the use of blockchain technology in IT medicine, analyze its use in the world, and propose models: the directions of blockchain in medicine and electronic marketing. The main directions of using blockchain technology in medicine are considered, the application and prospects of using blockchain in medical institutions of Russia and developed countries of the world are determined. The analysis of various projects is carried out. Blockchain technologies allow you to transfer work to a digital medium, digitize all data and work with all documents within a large global information system. Advantages: decentralization, personal ownership of medical data, accessibility and reliability, transparency and trust, verifiability of data. A model of information management in IT medicine using blockchain has been developed, including the management of electronic medical records; drug supply chain management and anti-counterfeiting; analysis of medical data; conducting clinical and biomedical research; remote monitoring of patients. The structure of Internet marketing has been developed on the basis of a distributed system using a portal of subsystems for the supply and distribution of medicines to meet the needs of patients for various medical institutions of the Republic of Belarus, with the support of intelligent agents and blockchain technologies.

Keywords: *blockchain networks, IT-medicine, projects analysis, blockchain model in medicine, Internet marketing in pharmacology*



Вишняков Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор, профессор БГУИР, кафедра ИКТ. Область научных интересов: информационное управление и безопасность, электронный бизнес, интеллектуальные системы управления, сети интернет вещей, блокчейн. Член 2-х докторских Советов по защите диссертаций. Автор более 500 научных работ, в том числе 8 монографий (2 на английском языке), 4-х учебных пособий с грифом Министерства образования, 8-и томного учебного комплекса «Информационный менеджмент», 195 научных статей.

Vishniakou Uladzimir Anatolyevich. Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of BSUIR, Department of ICT. Research interests: information management and security, electronic business, intelligent control systems, IoT network. Member of 2 doctoral Councils for the defense of dissertations. Author of more than 470 scientific papers, including 6 monographs (1 in English), 4 textbooks with the stamp of the Ministry of Education, 8-volume educational complex "Information Management", 175 scientific articles.

E-mail: vish2002@list.ru

Shaya Bahaa, master of technical science, PhD-student of ICT department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. Research interests: information management and intelligent control systems.