

Перспективы использования технологии блокчейн в сфере городского транспорта

В.Н. Трегубов

Аннотация - Технология блокчейн обладает значительным потенциалом для эффективного использования в сфере транспорта и логистики. Существующие исследования показывают, что широкое внедрение этой технологии и выработка стандартов ее применения на транспорте позволяет повысить качество транспортного обслуживания и даже сформировать цифровые цепи поставок, реализуя надежный и эффективный вариант традиционных цепей поставок с эффективным механизмом обеспечения их цифровой безопасности. Возможно, что в будущем использование технологии блокчейн станет отраслевым стандартом в обеспечении надежности и безопасности в транспортных системах. В статье нами обобщены ключевые направления использования технологии блокчейн в сфере городского транспорта, описаны особенности применения этой технологии в современных условиях. Также были определены направления дальнейших теоретических исследований в данной области и представлено концептуальное видение механизмов формирования стимулов совместной деятельности в рамках интеллектуальной транспортной системы города на основе блокчейна. Для эмпирического анализа были использованы результаты нескольких транспортных проектов, созданных на основе технологии блокчейн в транспортной сфере. В заключении представлена авторская концепция системы обеспечения баланса интересов для стабильного функционирования транспортной системы на основе блокчейна. Ключевым в создании данной концепции является возможность формирования информационной среды, которая позволит всем участникам без избыточного контроля со стороны регулятора максимально полно удовлетворять потребности пассажиров, оказывать необходимые услуги и получать прибыль.

Ключевые слова — блокчейн, городской транспорт, децентрализация, интеллектуальная транспортная система, баланс интересов

I. ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений развития систем информационной поддержки городской логистики является использование технологии блокчейн, которая демонстрирует высокие темпы развития и широко используется в различных сферах, в том числе и на транспорте [1,2].

В условиях цифровой экономики для оптимизации собственных расходов компании разрабатывают экономически эффективные решения в области логистики, в том числе и в сфере городского транспорта. Подобные решения должны объединять поставщиков логистических услуг, источники финансовых средств, заказчиков логистических услуг и потребителей. Затраты на логистику (логистические издержки) по данным исследований в настоящее время могут составлять до 30% от конечной стоимости продукта, поэтому их минимизация является важнейшей задачей логистического управления. Существенную проблему представляет и недостоверность информации, которая ухудшает качество логистического процесса, искажает возможность отслеживания движения продукции в реальном времени, информация в сети поставок становится разрозненной, и слабо структурированной.

Возможным решением проблемы недостоверности является использование технологии блокчейн. Блокчейн построен по определенным правилам и состоит из последовательной цепочки блоков, в которых происходит сохранение полезной информации. Каждый блок хранит метку момента времени, когда он был создан, а также ссылку на предыдущий блок. Все блоки связаны между собой в единую цепочку. Криптографические алгоритмы предполагают соблюдение правил добавления новых блоков цепочки, а также позволяют отслеживать изменения существующих блоков и гарантировать их целостность и неизменность. Подобный подход называют распределенным реестром, и это название отражает тот факт, что подобная структура является децентрализованной, то есть не существует центрального регулятора, который мог бы распоряжаться блоками по собственному желанию и вносить изменения без их подтверждения большинством участников [1].

Технология блокчейн обладает функциональными возможностями, которые позволяют обеспечить надежное фиксирование и хранение любой информации без теоретической возможности их нелегального изменения, так называемые смарт-контракты [3]. Сохраненные в реестре договоренности могут быть всегда проверены регулятором и подтверждены. Преимуществом является и то, что система блокчейн строится на основе открытых технологий, совместима с другими информационными системами и обеспечивает высокую степень безопасности хранения данных [4]. На практике технология смарт-контрактов реализуется в виде распределенного реестра, который состоит из блоков, содержащих в себе

¹ Статья поступила 17 июня 2022.
Трегубов Владимир Николаевич - СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
(email: tregubovvn@outlook.com)

детали отдельных транзакций. Все транзакции объединены в хронологическом порядке в виде цепочки [5].

Ряд исследователей указывают на недостатки в использовании системы блокчейн, в частности, подобны механизм реализации хранилища информации является требовательным к используемому хранилищу информации и выполняет хранение полной копии всех данных у каждого участника, в том числе и полной истории всех изменений. Хранение полной истории изменений ведет к тому, что размер хранилища быстро увеличивается по мере роста количества участников в системе и увеличению их активности. Рост числа участников системы также ведет к увеличению времени выполнения операций и возрастанию стоимости отдельной операции [6].

II. ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

A. Исследование публикаций по теме блокчейн в сфере городского транспорта

Исследование потенциала использования технологии блокчейн в сфере транспорта и логистики показывает, что широкое внедрение технологии и выработка стандартов ее применения позволит повысить достоверность используемой информации, повысить качество транспортного обслуживания, а затем такие транспортные сети могут трансформироваться в цифровые цепи поставок как надежный и эффективный вариант классических цепей поставок. Без использования технологии блокчейн или других схожих технологии обеспечить надежность и безопасность системы доставки продукции в будущем станет невозможно.

В сфере транспорта перспективы использования технологии блокчейн активно изучались с 2017 года. В российском сегменте появилась публикация [7] с обзором технологий блокчейн для транспортных систем. Статья рассматривает применение блокчейн в транспортной индустрии, описано, как с использованием модели распределенного реестра реализовать надежное хранилище информации в сфере транспорта. Подобные системы могут хранить различную информацию, например, об условиях эксплуатации транспорта, что можно применять в приложениях страховой телематики.

Активно исследования прикладного использования блокчейн выполняются для железнодорожной отрасли. Например, в исследовании [8] приводятся результаты применения комплексного подхода цифровых преобразований для оптимизации экономических потоков при смешанной перевозке грузов на стыке "порт-железная дорога". Результаты применения технологии блокчейн подтверждает ее эффективность в управлении смешанными транспортными системами. Применение технологии блокчейн обосновано на четко формализованном бизнес-процессе, реализованном в форме распределенного реестра, с учетом потребностей всех участников смешанной перевозки грузов. Разработан комплексный подход применения технологии блокчейн в смешанной перевозке грузов на стыке "порт-железная дорога", который позволяет сократить сроки доставки [8].

Ключевыми преимуществами цифровой цепи поставок с использованием технологии блокчейн будет: повышение рентабельности логистических услуг, повышение ценности совместной логистической деятельности, которая выгодна всем субъектам логистической цепи в том числе и компания поставщикам и сотрудникам и клиентам [9].

Зарубежные исследования по данной тематике включают гораздо более широкий спектр тем исследований. Например в [10] приведен всесторонний обзор технических аспектов, вызовов и решения на базе блокчейна для основных подсистем общественного транспорта. Исследования сфокусированы на улучшение использования общественного транспорта в городской зоне, позволяют выявить подходы их совершенствования на основе технологии блокчейн, что эффективно для будущего развития текущих систем управления. Авторы систематизируют более двух тысяч научных статей, опубликованных с 2018 года и до настоящего времени по данной тематике. Ключевые слова, использованные авторами для анализа: «блокчейн», «общественный транспорт», «городские перевозки». Полученные результаты тесно связаны с технологиями, услугами, методами управления и использования транспорта, а также влиянием городского транспорта на окружающую среду.

Нами также был выполнен поиск публикаций по технологии блокчейн в Web of Science, Scopus и ScienceDirect, по ключевым словам, «blockchain» и «transportation» (рис. 1). Видно, что тренд положительный и количество публикаций ежегодно возрастает. Традиционно много логистических технологий строится на широком использовании цифровых коммуникаций, поэтому практическая польза от внедрения блокчейн технологий в логистике активно исследуется [11,12].

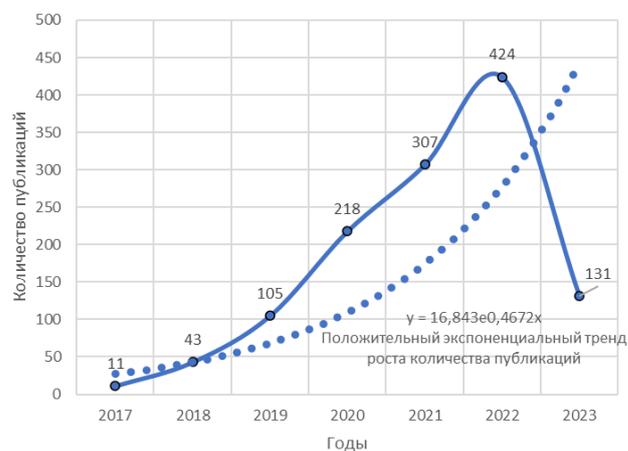


Рис. 1. Динамика публикаций по теме использования блокчейн в сфере городского общественного транспорта

Перспективы технологии блокчейн также состоят во внедрении интернета вещей (IoT) [6,13] и в развитии так называемый автономной логистики [14], когда объекты логистического процесса (например, контейнеры) самостоятельно в необходимых ситуациях принимают решения о дальнейших логистических операциях. Для повышения степени структурированности информации исследователи рекомендуют использовать механизмы электронной маркировки на базе технологии блокчейн. Например, технология распределенной книги (ТРК)

позволяет создать специализированные решения для отслеживания продуктов в режиме реального времени и их анализа управление аккредитивами и отображения ситуация в наглядном виде. Эта технология использует подход на основе общего цифрового регистра с непрерывным обновлением списка всех транзакций. Система на базе ТРК позволит конечным потребителям иметь возможность отслеживать процесс отгрузки в режиме реального времени, анализировать процесс движения груза по электронной карте. Децентрализованная книга транзакций сохраняет записи обо всех операциях, которые происходят с продуктом в процессе его транспортировки [15].

Страхование транспортных средств и грузов также отмечается как перспективная сфера использования блокчейна. Исследуют варианты реализации механизмов страхования на базе умных контрактов. Смарт-контракт позволяет автоматизировать процесс выполнения страховых действий и транзакции в блокчейн регистр. Автоматизированная система на основе смарт-контрактов определяет какие транзакции в распределенном реестре будут выполняться после того, как выполнялись определённые страховые условия, либо когда завершены предшествующие шаги. Таким образом создается комплексная транзакция, которая выполняется полностью, только в случае, когда были должным образом выполнены все предыдущие транзакции и соблюдены все условия смарт-контракта. Этот механизм является криптографически защищенным, а блокчейн реестры позволяют выполнять определенные действия без участия человека как посредника. Данный механизм достаточно удобен для страхования, так как страховая компенсация выплачивается гарантированно при соблюдении определенных условий [16].

Таким образом, следует отметить, что технологии распределенного реестра блокчейн в сфере транспорта и логистики в настоящее время находятся на стадии своего активного развития и конкурируют с традиционной информационной системой, построенной на основе централизованных баз данных. Несмотря на все преимущества, которые мы рассмотрели выше, решения на базе блокчейна имеют существенные недостатки, например, низкую скорость обновления данных и существенный рост требований по использованию памяти так как информация дублируется для всех узлов.

Ключевое преимущество, связано с высокой степенью надежности хранения информации без зависимости от центрального узла, что позволяет перевесить указанные недостатки и обеспечить формирование эффективных информационных систем транспортной поддержки на базе технологии блокчейн. Преимущества децентрализации выливаются и в существенный недостаток снижения управляемости, так как отсутствует центральная структура, которая могла бы выполнять роль модератора разрешая конфликты операций. Также отмечается высокая стоимость блокчейн систем, что приводит к низкой экономической целесообразности использования технологии в небольших проектах [17].

V. Описание проектов использования блокчейн в сфере транспорта

Существует также ряд успешных и не очень примеров использования технологии блокчейн в логистической и транспортной сфере. Рассмотрим кратко несколько примеров.

1) Информационная система хранения достоверной информации об эксплуатации транспорта

Компания Ryder [18] с помощью технологии блокчейн реализовала систему хранения отчетов, которые заполняют водители грузовых машин. В отчете водитель указывает состояние транспортного средства, а также все проведенные с ним технические регламентные работы. С помощью распределенного реестра в компании хранится полная история всех поездок и операции по обслуживанию автомобиля в течение всего жизненного цикла. В результате упрощается задача хранения информации единого централизованного органа, который бы отвечал за процедуру добавления и хранения информации. Также пользователи системы могут быть гарантированно уверены в том, что в историю технического обслуживания автомобиля не были внесены правки, автомобиль находится в исправном состоянии и вовремя обслуживался. Также система позволяет определить, что автомобиль пригоден для конкретных видов перевозок, так как из истории можно узнать, что он уже выполнял похожие перевозки в прошлом.

2) Транспортный портал на основе технологии блокчейн

Транспортный портал компании IBM [19] выделяет целую группу проектов, которые могут быть реализованы на основе технологии блокчейн. При этом определенные основные приоритеты развития технологии в транспортной индустрии:

- использование распределенного реестра для надежного сохранения информации о техническом обслуживании, ремонтах и использованных запасных частях на автомобиле;

- формирование программ лояльности нового типа, когда в распределенном реестре сохраняется вся информация о выполненных всеми участниками действиях, в рамках программы лояльности, что создает высокопрозрачную среду для всех заинтересованных лиц;

- уменьшение использования бумажных документов и замена их электронными аналогами высокой степени защищенности и уровня доверенности.

C. Описание стартапов с использованием технологии блокчейн в сфере транспорта

Позитивные прогнозы развития новых видов городского транспорта активизируют деятельность небольших технологических компаний, который запускают стартапы в этой сфере, в том числе и с использованием технологии блокчейн. На основе анализа сайтов этих компаний, их цифрового следа, а также уже существующих исследований [20] нами выполнено сравнение нескольких компаний уже вышедших на рынок городской мобильности с технологиями которые основаны на использовании блокчейна. Кратко рассмотрим их осо-

бенности.

1) *Информационная система для поддержки сервиса по взаимной аренде транспорта от компании Mixrent.*

Компания Mixgent создала систему на основе блокчейн, которая объединяет владельцев и пользователей транспортных средств для упрощения процесса аренды. Информация о транзакциях сохраняется в распределенной базе данных и не может быть изменена. Система позволяет сравнивать предложения аренды и получить экономию до 25%. Пользователи могут получить скидку до 35%, используя внутреннюю валюту системы MIX токены. Бета-версия системы уже работает и имеет более 12000 участников и 9500 транспортных единиц в нескольких странах. Компания планирует выход на рынки Австралии и Южной Кореи.

2) *Система каршеринга от компании BitCab*

Компания относится к пионерам каршеринга на основе технологии блокчейн. Ими была разработана экосистема каршеринга, предложены собственные методы обеспечения лояльности пользователей, а также разработана технологическая система, которая обеспечит привлечение новых пользователей. Низкие тарифы, безопасность транзакций для пользователей, а также эффективная рейтинговая система являются преимуществами данной компании. Недостатки проекта и его риски заключаются в отсутствии подробной дорожной карты с описанием перспектив развития проекта, а также перенос даты размещения криптовалюты на бирже. Перенос даты ICO может свидетельствовать о технических проблемах в реализации проекта, однако проект официально не закрыт, и авторы планируют его дальнейшее развитие.

3) *Система каршеринга от компании Darenta*

Компания разработала собственную оригинальную платформу для каршеринга с возможностью отправлять и получать платежи с использованием криптовалют. Платформа использует технологию блокчейн и смарт-контракты и предназначена для людей кто планирует арендовать или сдавать свой автомобиль в аренду. Недостатком проекта является слабое развитие сообщества, низкий уровень проработанности крипто токена. В настоящее время данная разработка является одним из самых успешных проектов в области каршеринга, которому удалось реализовать механизм успешной продажи собственных токенов. Разработчики вышли с токенами на несколько криптобирж, в том числе крупную биржу Coinmarketcap.

4) *Система каршеринга от компании Gitto Project Web*

Платформа для аренды автомобилей по модели каршеринг которая использует криптовалюту. Компания предлагает возможность зарабатывать деньги для криптоинвесторов. Компания рассматривает свою деятельность как эксперимент и ищут различные варианты реализации технологии блокчейн в транспортной сфере. ICO было несколько раз отложено и до сих пор не про-

ведено, в настоящее время сайт проекта не работает, а разработчики не отвечают на электронную почту.

На основе анализа дорожных карт описанных проектов нами в 2020 году был выполнен анализ их перспективности в соответствии с предлагаемым нами алгоритмом, в результате была определена степень риска инвестиций в каждый из описанных проектов. Для анализа использовалась авторская методика, которая представлена в [21] В таблице 2 представлены результаты анализа, а также итоговая рекомендация по инвестированию в проект.

В результате только два проекта получили предварительную рекомендацию по инвестированию, однако, для реального инвестора требуется более глубокое изучение этих проектов, определения текущей динамики и перспектив для принятия окончательного решения. В 2023 году мы нашли данные проекты и проверили точность рекомендации. Действительно, в настоящее время проекты, по которым были даны отрицательные заключения, не функционируют.

ТАБЛИЦА 1. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РИСК ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ПРОЕКТЫ

Название проекта	Наличие команды	Существование юридического лица	Наличие внутренней валюты	Качество дорожной карты	Итоговая рекомендация по инвестированию
Mixrent	Есть	Существует	Нет	Высокое	Да
BitCab	Есть	Существует	Нет	Среднее	Нет
Darenta	Есть	Существует	Есть	Высокое	Да
Gitto Project Web.	Нет	Нет	Нет	Низкое	Нет

III. Блокчейн в системе городского пассажирского транспорта

В настоящее время существует несколько реальных примеров использования технологии блокчейн в системах общественного транспорта. Например, в городе Вена, была внедрена система продажи билетов на общественном транспорте на основе блокчейна [22]. Система позволяет пассажирам приобретать и подтверждать свои билеты с помощью мобильного приложения, которое связано с сетью блокчейн. Система гарантирует, что билеты надежно защищены и не могут быть дублированы или подделаны. Исследователи указывают следующие преимущества использования блокчейн в сфере общественного транспорта:

- каждый платеж за проезд будет защищен;
- повышение доверия людей к использованию общественного транспорта;
- возможность повышения эффективности городского трафика;
- снижение использования личных автомобилей;
- снижение выбросов парниковых газов и уровня загрязнения воздуха;
- снижение аварийности на дорогах.

С нашей точки зрения более значимыми преимуществами может быть ее использование для создания безопасной и надежной децентрализованной интеллектуальной транспортной системы городского общественного транспорта (ИТС ГПТ). Однако с исследовательской

точки зрения следует выделить ряд ключевых проблем, которые необходимо разрешить, в первую очередь, чтобы технология блокчейн смогла полностью реализовать свой потенциал в транспортной сфере.

В этом разделе мы обобщим ключевые направления использования технологии блокчейн на основе анализа публикаций [1,22–25] и сформулируем проблемы становления технологии в сфере городского пассажирского транспорта, на которые указывают ведущие исследователи. Также мы кратко обсудим потенциальные направления дальнейших теоретических исследований в данной области. На рисунке представлено концептуальное видение механизмов формирования стимулов совместной деятельности в рамках системы ИТС ГПТ. Рассмотрим каждый из аспектов по отдельности с учетом перспектив использования технологий блокчейн для их реализации.

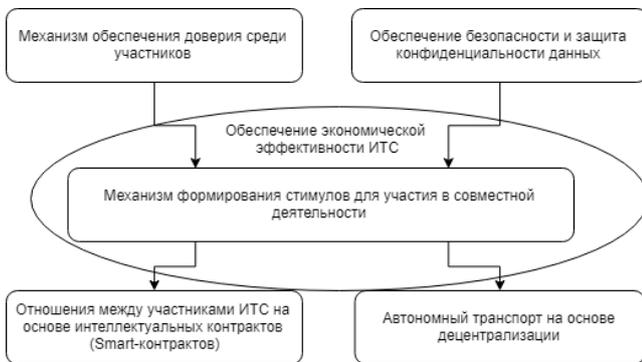


Рис. 2. Направления исследований децентрализованных технологий в сфере городского транспорта

А. Механизмы децентрализации в системе городского пассажирского транспорта

Реестры на основе блокчейн достаточно надежны и затраты на их создание невелики. Благодаря смарт-контрактам доверие между сторонами будет увеличиваться во время транзакции. Эта новая распределенная и децентрализованная система позволяет снизить затраты за счет устранения посредников, за счет чего они показывают более низкие транзакционные издержки, по сравнению с традиционными системами. Рассмотрим перспективные элементы этой системы.

1) Автономный транспорт на основе децентрализации.

Автономный транспорт достаточно давно является перспективной областью развития городского транспорта и идеальным объектом для реализации с использованием децентрализованного подхода [26]. Основными компонентами технологии блокчейн являются одноранговые системы с распределенной координацией на основе консенсуса и экономическим вознаграждением за вклад в поддержание функционирования все сети. Такая система является хорошей аналогией и естественным способом моделирования сложных городских транспортных систем, состоящих из автономных элементов. Каждый элемент транспортной системы (например, устройство, подключенное к интернету вещей, транспортное средство или объект транспортной инфраструктуры) можно рассматривать как автономный агент в рамках системы

блокчейн. Большинство узлов могут напрямую взаимодействовать друг с другом через специальные протоколы обмена информацией в децентрализованных приложениях, в результате взаимодействия образуются децентрализованные автономные структуры (DAO) [27], а на макроуровне они образуют децентрализованные автономные системы (DAS). Выполняя исследования в этом направлении, можно создавать модели микроуровня, исследуя индивидуальное поведение транспортных агентов и описывая механизмы взаимодействия между автономными агентами, а также на макроуровне на уровне системы самоорганизующихся агентов, саморазвивающихся и адаптивных систем DAO и DAS [28].

2) Механизмы формирования стимулов для участия в совместной деятельности.

По существу, решение задачи достижения консенсуса между конкурирующими агентами, может рассматриваться как решение задачи обеспечения совместного функционирования для большого количества транспортных средств. Каждое транспортное средство является конкурирующим агентом с собственным набором целей, поэтому механизмы, стимулирующие достижения консенсуса со всеми участниками, должны быть разработаны таким образом, чтобы индивидуальное поведение каждого транспортного средства, направленное на максимизацию скорости перемещения по транспортной сети, соответствовало бы общесистемной цели обеспечения безопасной и надежной системы. Подобная модель может использоваться для агрегирования вычислительных ресурсов в процессе решения сложных транспортных проблем, например проблемы эффективного управления и контроля транспортировки в реальном времени.

3) Механизм обеспечения доверия среди участников.

Система обеспечения доверия к каждому участнику ИТС ГОТ, построенная на технологии блокчейн, она также играет важную роль в формировании децентрализованной транспортной системы без посредников. Формирование доверительной среды позволяет использовать различные сценарии взаимодействия, в том числе, безопасную оплату услуг и обмен информацией между участниками. Подобное доверие гарантируется архитектурой блокчейн системы, ее криптоустойчивостью, наличием механизмов проверки транзакций через подтверждение большинством и, следовательно, может рассматриваться как достоверное. Высокая степень доверенности внутри системы может значительно снизить структурную сложность и, в свою очередь, информационную сложность ИТС ГОТ, позволяя свободно распределять деньги и активы между компаниями. Например, на основе доверия в одноранговой сети любые автомобили могут быть проданы и зарегистрированы у новых владельцев непосредственно через внутренние приложения на основе блокчейн без вовлечения централизованных систем.

4) *Договорные отношения между участниками на основе интеллектуальных контрактов (смарт-контрактов).*

Смарт-контракт является ключевой концепцией блокчейн, которая позволяет выполнить трансформацию статических данные в разнообразные алгоритмические конструкции, используя продвинутое подходы, например, машинное обучение, аналитику больших данных и т. д. Смарт-контракт формирует бизнес-логику высокого уровня в ИТС ГПТ для создания доверительной внутренней среды и повышения автономности принятия решений. Использование смарт-контрактов также значительно снижает структурную сложность ИТС ГПТ, уменьшает влияние человеческого фактора. Построенные на смарт-контрактах системы могут выступать в качестве программных агентов от имени своего создателя. Реализации конкретных интеллектуальных контрактов является сложной задачей, так как требует создания системы управления и контроля ИТС ГПТ на основе блокчейн. Несмотря на то, что технология блокчейн демонстрирует сильную устойчивость к рискам и угрозам безопасности, но используемые механизмы шифрования необходимо еще усилить для использования в ИТС ГОТ с большим количеством подключенных устройств, чтобы защитить систему от возможности хакерской атаки.

В. Обеспечение баланса интересов на основе технологии блокчейн

В современной транспортной системе центральным объектом представления транспортной услуги является конкретный житель города, выступающий в одной из ролей: пассивной роли пассажира, роли жителя, не использующего транспорт, но испытывающего его негативное влияние, либо в активной роли водителя.

Современные подходы к менеджменту городских транспортных систем ориентированы на его реализацию в виде универсальной модели управления. Для этого необходимо выделить ключевых участников транспортной системы, определить существующие связи между ними, а также установить их приоритетные их интересы и цели [29,30].

Эффективная транспортная системы должна обеспечить социальную справедливость в распределении и использовании имеющихся у города дорожно-транспортных ресурсов между всеми участниками системы. Классическое представление социальной системы основана на выделении четырех ключевых субъектов каждый из которых обладает собственными интересами, которые формулируются в виде целей, а отношения, между которыми определяет предпочтительный вектор развития системы. Ключевым субъектом транспортной системы является потребитель, в данном случае это пассажир, который обладает определенными транспортными потребностями и имеет намерение по возможности удовлетворить свои потребности [31].

Наличие спроса обуславливает возникновение предложения, поэтому вторым субъектом являются транспортные компании, которые могут удовлетворить объективно существующие потребности. Отношения между пассажирами и транспортными компаниями требуют формирования определенной информационной и регу-

ляционной среды, в которой находится и наделенный властью регулятор, в качестве которого в большинстве случаев выступает государство. Регуляция необходимо для обеспечения возможности для всех участников удовлетворить свои интересы в существующей институциональной системе отношений.

В определенном смысле участники являются конкурентами или антагонистами. Отдельный участник может принадлежать к одной или нескольким из перечисленных групп субъектов, а его первичным желанием является удовлетворение собственных интересов, либо минимизация ущемления своих прав. Поиск баланса интересов является важной задачей обеспечение стабильного развития транспортной системы. Ключевым в данном смысле является формирование институциональной среды, которая позволит всем участникам без избыточного контроля со стороны регулятора максимально полно удовлетворять свои потребности, оказывать необходимые услуги и получать прибыль.

Рассмотрим особенности формирования баланса интересов с использованием технологии блокчейн на городском транспорте, учитывающую потребности различных участников. В таблице 2 систематизированы потребности внедрения технологии блокчейн для различных групп стейкхолдеров, а также определена степень их заинтересованности в использовании и реализации данной технологии.

Таблица 2. Потребность внедрения технологии блокчейн для различных групп стейкхолдеров

Категория	Потребности, решаемые через технологию блокчейн	Степень заинтересованности в использовании блокчейн
Жители города, активно пользующиеся городским транспортом и владельцы автомобилей	Потребность в безопасности, эффективности использования общественного и личного транспорта, эффективную систему оплаты проезда, наличие электронных сервисов.	Высокая
Жители города, мало использующие городскую транспорт	Повысить доступность транспортных услуг без владения транспортом (каршеринг), снизить загрязнения от транспорта, уменьшить количество транспорта в городе обеспечив более эффективное использование	Средняя
Транспортные компании	Повысить эффективность собственного транспорта, увеличить количество пассажиров, повысить безопасность финансовых операций	Средняя
Государственные органы	Обеспечить достоверность сбора информации об использовании транспорта, расширить предложение транспортных услуг в городе, повысить безопасность финансовых транзакций	Высокая

В система общественного транспорта можно выделить следующих субъектов, каждый из которых будет иметь собственные выгоды от реализации технологии блокчейн в транспортной системе:

- жители города, которые могут выступать в двух ролях (пользователи транспорта, потребители услуг которым необходимо перемещение из одного пункта в другой);

- жители города, которые не пользуются транспортом, но испытывают негативные последствия от функционирования транспортной системы;

- транспортные компании, обслуживающая потребителей и представляющая транспортные услуги независимо от вида их собственности;

- регулирующий орган в лице государства который обеспечивает защиту прав потребителей услуг, так и прочих жителей города и создает и социальные возможности для функционирования транспортных компаний.

Базовые потребности пользователей транспорта лежат в сфере получения доступа к транспортным услугам, которые отвечают требованиям безопасности, приемлемой стоимости и необходимого уровня комфорта. Каждая из этих потребностей может быть более глубоко изучена и рассмотрена, например методами социологического анализа, методами анкетного опроса и т.д. Подобные исследования позволяют выявить требуемую структуру городских перевозок с учетом текущего демографического состава, а также определить степень удовлетворенности пассажиров существующей транспортной системой, а также установить перспективные направления дальнейшего развития. Внедрение технологии блокчейн обеспечит повышение безопасности, что в свою очередь скажется на эффективности использования общественного и личного транспорта, и позволит создать эффективную систему оплаты проезда.

Жители города, которые не являются пассажирами, но подвержены влиянию транспортной системы являются самым сложным объектом для анализа. Их интересы определить достаточно трудно, но в целом они сводятся к тому, чтобы существующая система городского транспорта не ущемляла их образа жизни и оказывала минимальное влияние на окружающую среду и т.д.

Исследование показывает достаточно высокую степень противоречивости интересов внутри групп и указывают, что в целом их интересы представляют собой совокупность индивидуальных интересов противоположных интересам пользователей транспорта. Например, таким интересом может быть желание запретить парковку автомобилей во дворе дома. Для этой категории жителей внедрение технологии блокчейн позволит повысить доступность транспортных услуг, возможность его использования без владения транспортом (каршеринг), уменьшить количество транспорта в городе обеспечив его более эффективное использование и тем самым снизить загрязнения от транспорта,

Транспортные компании являются поставщиками транспортных услуг и ориентированы на извлечение прибыли и ее максимизацию. Традиционно в сфере общественного транспорта сосуществовали различные формы собственности и механизмы управления, в част-

ности, государственный, рыночный или смешанный. Но по большому счету вид собственности только изменяет источники финансовых потоков и устанавливает размер финансовой поддержки со стороны государства, например, для оказания низкорентабельных социальных услуг. Приоритетными интересами таких компаний является оптимизация транспортного процесса, повышение его эффективности для увеличения эффективности бизнеса. Использование блокчейн позволит увеличить степень контроля за транспортом, повысить безопасность финансовых операций и т.д.

Интересы государства выражаются членами элитной группы регионального или муниципального уровня, они обладают определенными политическими интересами и хотят как можно дольше удерживать власть, более подробно эта концепция рассмотрена в [32]. Общественный транспорт является актуальной темой политической борьбы, в том числе и в плане привлечения инвестиционных ресурсов, поэтому возникает существенная противоречивость в действиях и намерениях органов власти. В самом широком смысле государственные интересы в сфере транспорта должны заключаться в обеспечении справедливости использования имеющихся ресурсов, обеспечение устойчивости и стабильности функционирования транспорта, снижения издержек, расширение сферы использования.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология блокчейн может быть эффективно использована в приложениях, ориентированных на городской транспорт. Цель данной статьи - предоставить обзор существующей литературы, касающейся использования данной технологии в сфере транспорте, а затем представить концепцию системы формирования баланса интересов в системе общественного транспорта построенную на основе механизмов блокчейн.

Проведенное исследование было направлено на определение важных аспектов в рассматриваемой области, описывая преимущества использования технологии блокчейн в сфере городского транспорта. В ходе исследования был выполнен анализ нескольких прикладных проектов использования технологии блокчейн в логистической и транспортной сфере. На основе анализа дорожных карт этих проектов был выполнен анализ их перспективности в соответствии с предлагаемым нами алгоритмом, в результате была определена степень риска инвестиций в каждый из рассмотренных проектов.

Систематический анализ, проведенный в исследовании, положительно характеризует перспективу использования технологий блокчейн в сфере городского транспорта. Были определены возможные направления использования децентрализованных технологий в сфере городского пассажирского транспорта, что позволило сформулировать проблему обеспечения баланса интересов. Использование блокчейна позволит обеспечить достоверность сбора информации внутри такой системы, расширить количество транспортных услуг в городе, повысить безопасность финансовых транзакций, что положительно скажется на развитии системы городского транспорта.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Yuan Y., Wang F.Y. Towards blockchain-based intelligent transportation systems // IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC. IEEE, 2016. Vol. 213, № 1. P. 2663–2668.
- [2] Dorri A., Kanhere S.S., Jurdak R. Blockchain in internet of things: Challenges and Solutions // Ann. Pure Appl. Log. 2016. Vol. 45, № 2 PART 1. P. 129–137.
- [3] Karinsalo A., Halunen K. Smart Contracts for a Mobility-as-a-Service Ecosystem // 2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C). IEEE, 2018. Vol. 3, № 1. P. 135–138.
- [4] Oh J., Shong I. A case study on business model innovations using Blockchain: focusing on financial institutions // Asia Pacific J. Innov. Entrep. 2017. Vol. 11, № 3. P. 335–344.
- [5] Perlman L. Distributed Ledger Technologies and Financial Inclusion Focus Group Technical Report. 2017.
- [6] Atlam H.F. et al. Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions // Int. J. Intell. Syst. Appl. 2018. Vol. 10, № 6. P. 40–48.
- [7] Намиот Д.Е. Приложения блокчейн на транспорте / Д. Е. Намиот, О. Н. Покусаев, В. П. Куприяновский, А. В. Акимов // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5, № 12. – С. 130-134.
- [8] Неманова, Н. А. Концептуальная схема применения технологии блокчейн в логистической деятельности организаций железнодорожного транспорта / Н. А. Неманова // Ученые записки Международного банковского института. – 2019. – № 2(28). – С. 136-150.
- [9] Цифровые цепи поставок и технологии на базе блокчейн в совместной экономике / В. П. Куприяновский, С. А. Сиянгов, А. А. Климов [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5, № 8. – С. 80-95. .
- [10] Enescu F.M. et al. A Review of the Public Transport Services Based on the Blockchain Technology // Sustainability. 2022. Vol. 14, № 20. P. 13027.
- [11] Hompel M., Rehof J., Wolf O. Cloud computing for logistics // Springer International Publishing. 2015. 139 p.
- [12] Kamalahmadi M., Parast M.M. A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research // Int. J. Prod. Econ. Elsevier BV, 2016. Vol. 171. P. 116–133.
- [13] Conoscenti M., Vetro A., De Martin J.C. Blockchain for the Internet of Things: A systematic literature review // Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA. 2017.
- [14] Engesser V. et al. Autonomous Delivery Solutions for Last-Mile Logistics Operations: A Literature Review and Research Agenda // Sustainability. 2023. Vol. 15, № 3. P. 2774.
- [15] The open mobility system - executive summary our vision of the future: seamless mobility as a service [Electronic resource]. URL: https://www.omos.io/wp-content/uploads/whitepaper/OMOS_concept_paper.pdf.
- [16] Shetty A. et al. Block Chain Application in Insurance Services: A Systematic Review of the Evidence // SAGE Open. 2022. Vol. 12, № 1. P. 215824402210798.
- [17] Conley J.P. Blockchain and the Economics of Crypto-Tokens and Initial Coin Offerings // Vanderbilt Univ. Dep. Econ. Work. Pap. 2017. Vol. 17–00008, № 2017. P. 1–18.
- [18] Krichen, M., Ammi, M., Mihoub, A., & Almutiq, M. (2022). Blockchain for Modern Applications: A Survey. *Sensors*, 22(14), 5274. <https://doi.org/10.3390/s22145274>
- [19] Blockchain in Trucking Alliance Seeks to Revolutionize the Transport Industry [Electronic resource]. URL: <https://bitcoinmagazine.com/articles/blockchain-trucking-alliance-seeks-revolutionize-transport-industry/>.
- [20] 10 Most Remarkable Transport Sharing Startups on Blockchain [Electronic resource]. URL: <https://hackernoon.com/10-most-remarkable-transport-sharing-startups-on-blockchain-227fdc37a908>.
- [21] Трегубов В.Н., Агафонова В.Н. Риски участников инновационных финансовых систем в криптоэкономике и способы их минимизации // Инновационная деятельность. 2018. № 1. С. 58–67.
- [22] Zheng Z. et al. Blockchain challenges and opportunities: A survey // Int. J. Web Grid Serv. Inderscience Publishers, 2018. Vol. 14, № 4. P. 352–375.
- [23] Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things // IEEE Access. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2016. Vol. 4. P. 2292–2303.
- [24] Sun J., Yan J., Zhang K.Z.K. Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities // Financ. Innov. Springer Nature, 2016. Vol. 2, № 1. P. 26.
- [25] Hofmann E., Strewé U.M., Bosia N. Concept—Where Are the Opportunities of Blockchain-Driven Supply Chain Finance? // Supply Chain Finance and Blockchain Technology. Springer International Publishing, 2018. P. 51–75.
- [26] Hjalmarsson-Jordanius A. et al. Autonomous Transport: Transforming Logistics through Driverless Intelligent Transportation // Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board. 2018. Vol. 2672, № 7. P. 24–33.
- [27] Bahga A., Madiseti V.K. Blockchain Platform for Industrial Internet of Things // J. Softw. Eng. Appl. 2016. Vol. 09, № 10. P. 533–546.
- [28] Трегубов В.Н., Морозов Э.В. Инновационные логистические технологии внутригородских транспортных перемещений в урбанистических системах // Инновационная деятельность. СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2016. № 3. С. 43–51.
- [29] Chowdhury S. et al. Public transport users' and policy makers' perceptions of integrated public transport systems // Transp. Policy. Elsevier Ltd, 2018. Vol. 61, № September 2017. P. 75–83.
- [30] Thao V.T. et al. Are statutory passenger watchdogs effective in representing passenger interests in public transport? // Transp. Policy. Elsevier Ltd, 2017. Vol. 58, № 5, 2016. P. 1–9.
- [31] Евсеева А.И. Новая городская мобильность: тенденции развития транспортных систем // Государственное управление. Электронный вестник. 2016. № 59. С. 238–266.
- [32] Katkova M., Tregubov V. The Role and Influence of Information Exchange on Creation of Networks / ed. Popkova E.G. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 1130–1137.

Prospects for using blockchain in urban transport

V.N. Tregubov

Abstract — Blockchain technology has significant potential for effective use in transportation and logistics. Existing research shows that the widespread implementation of this technology and the development of standards for its use in transport can improve the quality of transport services and even form digital supply chains, implementing a reliable and efficient version of traditional supply chains with an effective mechanism to ensure their digital security. It is possible that in the future, the use of blockchain technology will be the industry standard and ensure the reliability and security of product delivery systems. In this article we summarized the key directions of blockchain technology use in the sphere of urban transport and described the peculiarities of its application in modern conditions. It also defined the directions of further theoretical research in this area and presented a conceptual vision of the mechanisms of shaping the incentives for cooperation in the framework of the intelligent transport system of the city based on the blockchain. The results of the development and implementation of several transport projects based on the use of blockchain technology in the logistics industry were used for the empirical analysis. In conclusion, we present the author's concept of the system for the balance of interests for the stable development of the transport system based on the blockchain. The key to the creation of this concept is the possibility of forming an information environment that will allow all participants to meet the needs of passengers, provide the necessary services and generate profit without excessive control from the regulator.

Keywords - Academic English, Microsoft Word add-ins, information support for academic writing, Writefull for Word, Ref-n-Write, Mendeley Cite

REFERENCES

- [1] Yuan Y., Wang F.Y. Towards blockchain-based intelligent transportation systems // IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC. IEEE, 2016. Vol. 213, № 1. P. 2663–2668.
- [2] Dorri A., Kanhere S.S., Jurdak R. Blockchain in internet of things: Challenges and Solutions // Ann. Pure Appl. Log. 2016. Vol. 45, № 2 PART 1. P. 129–137.
- [3] Karinsalo A., Halunen K. Smart Contracts for a Mobility-as-a-Service Ecosystem // 2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C). IEEE, 2018. Vol. 3, № 1. P. 135–138.
- [4] Oh J., Shong I. A case study on business model innovations using Blockchain: focusing on financial institutions // Asia Pacific J. Innov. Entrep. 2017. Vol. 11, № 3. P. 335–344.
- [5] Perlman L. Distributed Ledger Technologies and Financial Inclusion Focus Group Technical Report. 2017.
- [6] Atlam H.F. et al. Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions // Int. J. Intell. Syst. Appl. 2018. Vol. 10, № 6. P. 40–48.
- [7] Namiot D., Pokusaev O., Kupriyanovsky V., Akimov A. Blockchain applications for transport industry // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – V. 5, № 12. – P. 130-134.
- [8] Nemanova, N. A. Conceptual diagram of applying blockchain technology in the logistics activities of the organizations of railway transport // Proceedings of the International Banking Institute. – 2019. – № 2(28). – P. 136-150.
- [9] Kupriyanovsky V., Sinyagov S., Klimov A., Petrov A., Namiot D. Digital supply chains and blockchain-based technologies in a shared economy // Int. J. Open Inf. Technol. 2017. Vol. 5, № 8. P. 80–95.
- [10] Enescu F.M. et al. A Review of the Public Transport Services Based on the Blockchain Technology // Sustainability. 2022. Vol. 14, № 20. P. 13027.
- [11] Hompel M., Rehof J., Wolf O. Cloud computing for logistics // Springer International Publishing. 2015. 139 p.
- [12] Kamalahmadi M., Parast M.M. A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research // Int. J. Prod. Econ. Elsevier BV, 2016. Vol. 171. P. 116–133.
- [13] Conoscenti M., Vetro A., De Martin J.C. Blockchain for the Internet of Things: A systematic literature review // Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA. 2017.
- [14] Engesser V. et al. Autonomous Delivery Solutions for Last-Mile Logistics Operations: A Literature Review and Research Agenda // Sustainability. 2023. Vol. 15, № 3. P. 2774.
- [15] The open mobility system - executive summary our vision of the future: seamless mobility as a service [Electronic resource]. URL: https://www.omos.io/wp-content/uploads/whitepaper/OMOS_concept_paper.pdf.
- [16] Shetty A. et al. Block Chain Application in Insurance Services: A Systematic Review of the Evidence // SAGE Open. 2022. Vol. 12, № 1. P. 215824402210798.
- [17] Conley J.P. Blockchain and the Economics of Crypto-Tokens and Initial Coin Offerings // Vanderbilt Univ. Dep. Econ. Work. Pap. 2017. Vol. 17–00008, № 2017. P. 1–18.
- [18] Krichen, M., Ammi, M., Mihoub, A., & Almutiq, M. (2022). Blockchain for Modern Applications: A Survey. *Sensors*, 22(14), 5274. <https://doi.org/10.3390/s22145274>
- [19] Blockchain in Trucking Alliance Seeks to Revolutionize the Transport Industry [Electronic resource]. URL: <https://bitcoinmagazine.com/articles/blockchain-trucking-alliance-seeks-revolutionize-transport-industry/>.
- [20] 10 Most Remarkable Transport Sharing Startups on Blockchain [Electronic resource]. URL: <https://hackernoon.com/10-most-remarkable-transport-sharing-startups-on-blockchain-227fdc37a908>.
- [21] Tregubov V.T., Agafonova V.T. Risks of participants of innovative financial systems in the crypto-economy and ways to minimize them // Innovative activities. 2018. № 1. P. 58–67.
- [22] Zheng Z. et al. Blockchain challenges and opportunities: A survey // Int. J. Web Grid Serv. Inderscience Publishers, 2018. Vol. 14, № 4. P. 352–375.
- [23] Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things // IEEE Access. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2016. Vol. 4. P. 2292–2303.
- [24] Sun J., Yan J., Zhang K.Z.K. Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities // Financ. Innov. Springer Nature, 2016. Vol. 2, № 1. P. 26.
- [25] Hofmann E., Strewé U.M., Bosia N. Concept—Where Are the Opportunities of Blockchain-Driven Supply Chain Finance? // Supply Chain Finance and Blockchain Technology. Springer International Publishing, 2018. P. 51–75.
- [26] Hjalmarsson-Jordanius A. et al. Autonomous Transport: Transforming Logistics through Driverless Intelligent Transportation // Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board. 2018. Vol. 2672, № 7. P. 24–33.
- [27] Bahga A., Madiseti V.K. Blockchain Platform for Industrial Internet of Things // J. Softw. Eng. Appl. 2016. Vol. 09, № 10. P. 533–546.
- [28] Tregubov V.N., Morozov E.V. Innovative logistic technologies of intra-urban transport movements in urban systems // Innovative activities, 2016. № 3. P. 43–51.
- [29] Chowdhury S. et al. Public transport users' and policy makers' perceptions of integrated public transport systems // Transp. Policy. Elsevier Ltd, 2018. Vol. 61, № September 2017. P. 75–83.
- [30] Thao V.T. et al. Are statutory passenger watchdogs effective in representing passenger interests in public transport? // Transp. Policy. Elsevier Ltd, 2017. Vol. 58, № 5, 2016. P. 1–9.
- [31] Evseeva A.I. New urban mobility: trends in transport systems development // Public Administration. E-journal (Russia). 2016. № 59. P. 238–266.
- [32] Katkova M., Tregubov V. The Role and Influence of Information Exchange on Creation of Networks / ed. Popkova E.G. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 1130–1137.