

УДК 334.78

DOI 10.52575/2687-0932-2023-50-3-552-568

Механизм управления блокчейн-платформой: теоретические подходы к проблеме

Ярошевич Н.Ю.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

E-mail: iarnat@mail.ru.ru

Аннотация. Блокчейн приобретает свою популярность и широкое использование. Возможность решать множество сложных технологических, экономических и производственных задач делает данную технологию подрывной и системной, меняющей деятельность не только отдельных фирм, но и платформ, рынков. Необходимость систематизации и теоретического осмысления происходящих изменений, с одной стороны, популяризация и распространения знаний о блокчейн, с другой – делают исследования в этой области особо актуальными. Данное исследование направлено на развитие теоретических положений управления сложной цифровой блокчейн-платформой. Методологическую базу работы составили технологические, институциональные и теории управления сложными системами. Использовались методы семантического и сравнительного анализа, формализации и систематизации. Информационную базу исследования составили теоретические и эмпирические исследования российских и зарубежных авторов, посвященные описанию использования и развития блокчейн-платформ в разных областях человеческой жизни. Изучение блокчейна как объекта управления позволило выявить теории, через призму которых возможно идентифицировать особенности базовых элементов в его управлении. В рамках технологических теорий раскрывается подрывной и системный характер данной инновации, основные принципы управления. Контекст институциональных теорий позволил выявить целевые, организационные и структурные особенности. Методологические подходы, заложенные в теориях управления сложными системами, позволили раскрыть предмет, форму и цикл управления в блокчейн. Результатом исследования является разработанный механизм управления блокчейн-платформы. Его использование может стать основанием для дальнейших теоретических и прикладных исследований в области изучения особенностей управления сложными цифровыми платформами.

Ключевые слова: механизм управления, блокчейн, платформа, теоретические подходы, цифровизация, консенсус, децентрализованное управление

Для цитирования: Ярошевич Н.Ю. 2023. Механизм управления блокчейн-платформой: теоретические подходы к проблеме. Экономика. Информатика, 50(3): 552-568. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-552-568

Blockchain Platform Management Mechanism: Theoretical Approaches to the Problem

Natalya Yu. Yaroshevich

Ural State University of Economics

62/45 8 Marta/Narodnoy Voli St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

E-mail: iarnat@mail.ru.ru

Abstract. Blockchains are gaining in popularity and widespread use. The ability to solve many complex technological, economic, and production tasks makes this technology disruptive and systemic, changing the activities of not only individual firms but also platforms and markets. The need for systematization and theoretical understanding of the ongoing changes, on the one hand, popularization and dissemination of

knowledge about blockchain, on the other, make research in this area particularly relevant. This study aims to develop theoretical principles for managing a complex digital blockchain platform. The methodological basis of this work was the technological, institutional, and management theories of complex systems. Semantic and comparative analyses, formalization, and systematization were used. The information base of the study was made up of theoretical and empirical studies by Russian and foreign authors devoted to describing the use and development of blockchain platforms in various areas of human life. The study of blockchain as an object of management has made it possible to identify basic theories through the prism of which it is possible to identify the features of the basic elements in its management. The subversive and systemic nature of this innovation and the basic principles of management are revealed within the framework of technological theories. The context of institutional theories makes it possible to identify target, organizational, and structural features. Methodological approaches embedded in the theories of management of complex systems have allowed us to reveal the subject, form, and cycle of management in the blockchain. The results of this research are a developed model of the blockchain platform management mechanism. Their use can become the basis for further theoretical and applied research in the field of studying the management features of complex digital platforms.

Keywords: governance mechanism, blockchain, platform, theoretical approach, digitalization, consensus, decentralized governance

For citation: Yaroshevich N.Y. 2023. Blockchain Platform Management Mechanism: Theoretical Approaches to the Problem. *Economics. Information technologies*, 50(3): 552-568 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-552-568

Введение

Блокчейн – современная цифровая технология ведения деловых реестров, выполнения и документирования транзакций равноправными участниками без привлечения посредников. В массовом сознании блокчейн в основном ассоциируется с криптовалютами и их майнингом, но эта технология уже сейчас находит очень широкое использование за пределами финансового сектора. Блокчейн¹ применяется в различных сферах жизни: от государственного и корпоративного управления до науки, образования и культуры [Генкин, Михеев, 2018; Свон, 2022] в качестве инновационных сетевых платформ, реализующих крупные межнациональные промышленные проекты². А использование смарт-контрактов, токенизации активов, децентрализованных приложений, возможность сочетания с искусственным интеллектом и интернетом-вещей вызывает существенные изменения в системах управления на разных уровнях (государства и бизнеса) и в повседневной жизни каждого из нас.

Эти изменения связаны с особой алгоритмизацией процессов децентрализации транзакций (использование алгоритмов консенсуса), что существенно снижает транзакционные издержки, меняет сложившиеся институты, принципы и методы в работе любой сложной экономической системы.

В современной экономике блокчейн становится примером демонстрации ограниченности, а в ряде случаев и ущербности традиционных подходов к управлению экономическими системами. Сложность, использование иных подходов к управлению, формирование рекреационных бизнес-моделей, увеличение скорости и формы накопления ресурсов, передачи информации приводит к необходимости пересмотра ряда теоретических положений к описанию и пониманию работы блокчейн.

Развитие положений теории управления блокчейн становится актуальной исследовательской задачей, решаемой в плоскости поиска соответствий и значимых различий в существующих теориях управления цифровыми платформами.

¹ Здесь и далее блокчейн и блокчейн-платформа понимаются как синонимы в контексте децентрализованной платформы управления сложными системами (экономическими и социальными), соответствующую уровню 3.0. и 4.0.

² Наиболее известным проектом межнациональной промышленной блокчейн-платформы является <https://seele.pro/>

Таким образом, целью исследования становится развитие теоретических положений управления сложной цифровой блокчейн-платформой. Достижение поставленной цели реализуется путем решения следующих задач:

- 1) Описание блокчейн как объекта управления;
- 2) Формирование теоретической платформы для выявления особенностей и значимых параметров управления блокчейн;
- 3) Представить методологический подход к моделированию механизма управления блокчейн.

Блокчейн как объект управления

Блокчейн является прежде всего технологией. Соответственно, как и любую технологию ее можно рассматривать через призму шумпетерианского подхода к инновациям. В работе К. Кристенсена [2004] (последователя и продолжателя дела Й. Шумпетера) введено понятие «подрывная инновация» (disruptive innovation) которая описывается как инновация меняющая соотношение ценностей на рынке¹. Старые продукты становятся неконкурентоспособными, отмирают старые рынки, появляются абсолютно новые, с новыми формами и принципами функционирования конкуренции.

Блокчейн является радикальной подрывной инновацией широкого применения.

Радикальность этой технологии определяется отсутствием сколь близких аналогов, с одной стороны, а с другой – масштабностью технологических изменений, которые несет за собой ее внедрение.

Подрывной характер раскрывается в возможности развивать на основе этой технологии принципиально новые, эффективные бизнес-модели управления, регулирования, потребления, межорганизационного взаимодействия. Что приводит к формированию «голубых океанов» [Kim, Mauborgne, 2014], морей, рек, озер и т.д. – т.е. новых рынков, сегментов, ниш с отсутствием конкуренции.

Масштабность технологии определяется способностью блокчейн выступать основанием для развития сопутствующих и производных цифровых решений. Которые в дальнейшем могут сформировать многоуровневые межотраслевые экосистемы, обладающие потенциалом саморазвития. Использование блокчейна во многих отраслях экономики и целей управления характеризует его как технологию широкого применения [Pilkington, 2016; Kane, 2017; Bekar, Carlaw, Lipsey, 2018], способную существенно повысить совокупную производительность всех факторов производства.

Блокчейн является сложной системой [Dos Santos, 2017; Conte de Leon et al, 2017]. Системный характер раскрывается в присутствии всех значимых признаков: целостность, структурированность, наличие границ, наличие связей с внешней средой и эмерджентность.

Целостность блокчейна определяется включенностью участников в технологический процесс обмена транзакциями.

Структура блокчейна строится на двух уровнях управления: офлайн (ончейн, внешнее) и онлайн (офчейн, внутреннее) управление. Где офлайн управление представляет собой надплатформенную надстройку взаимодействия заинтересованных участников блокчейн, а онлайн отвечает за реализацию заложенных соглашений криптографическим инструментарием.

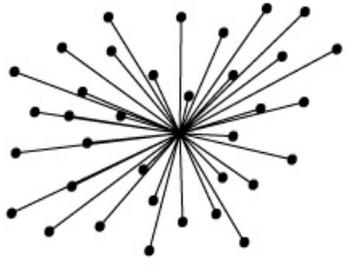
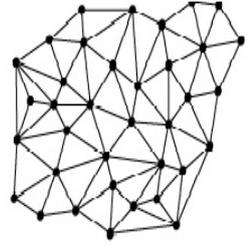
В рамках структуры описание блокчейн строится в терминах архитектуры и дизайна. Архитектура определяется количеством участников, условиями входа и их целями в блокчейн. Выделяют три типа архитектуры блокчейн платформ: частный блокчейн, публичный блокчейн, объединенный блокчейн или блокчейн консорциума. Архитектура представляет собой прообраз организационной структуры и сочетает в себе элементы офчейн и ончейн

¹ В качестве примера такой инновации можно привести, например, электронную почту, которая пришла на смену обычному письму, или банковская карта, как средство платежа, пришедшая на смену бумажным купонам.

управления. Выбор архитектуры происходит в ончейн формате, а вот уже криптографическая реализация происходит офчейн. Дизайн и характеристики каждого структурного типа блокчейн-платформы представим в таблице 1.

Таблица 1
 Table 1

Типы архитектуры блокчейн: сравнительный анализ
 Types of blockchain architecture: comparative analysis

Параметры	Частный блокчейн	Публичный блокчейн	Блокчейн- консорциум
Дизайн			
Количество участников (разрешение на доступ к информации)	Ограничено	Неограничено	Ограничено и неограничено (возможно и то, и другое одновременно)
Контроль и управление (механизм консенсуса)	Осуществляется ограниченным количеством авторизованных пользователей – централизованно	Любым участником, зарегистрированным в сети – децентрализованно	Предварительно согласованными центрами – частично децентрализованно
Уровень асимметрии участников	Присутствует на уровне прав доступа к информации, властной асимметрии разной этимологии	Отсутствует	Может присутствовать и отсутствовать одновременно в разных узлах блокчейн

Источник: составлено автором
 Source: compiled by the author

Структуризация участников, отношения, которые складываются между ними в офлайн и онлайн взаимодействиях, позволяет рассматривать блокчейн как институт и экоплатформу.

Эмерджентность блокчейна проявляется в существенной трансформации процесса создания ценности и транзакционного обмена, прежде всего за счет возможности полностью исключить участие посредников в этом процессе.

Таким образом, можно выделить три теоретические проекции управления блокчейн: как подрывную инновацию, как сложную систему и как институт. Научный поиск теорий, описывающих особенности управления блокчейном, будет находиться в обозначенных контекстах.

Теоретическая платформа развития управления блокчейном

Теоретическая платформа развития основных принципов и механизма управления блокчейн строится путем коллаборации экономических теорий, раскрытие которых происходит через призму выявленных проекций блокчейна как объекта управления (рис.1).



Рис. 1. Теоретическое поле развития управления в блокчейн
 Fig. 1. Theoretical field for the development of governance in the blockchain

Источник: составлено автором
 Source: compiled by the author

В первом случае основными теориями, описывающими особенности в управлении блокчейн как подрывной инновации, раскрываются в теории экономического развития Й. Шумпетера [2008], теории подрывной инновации К Кристенсена [2004] (представленных выше, в части описания блокчейн как объекта управления) и теории системных инноваций [Geels, 2004].

Не только подрывной характер блокчейн технологии, но и ее системный характер позволяет определить целевую направленность ее внедрения. Так, по мнению [Sterrenberg et al., 2013, с. 9] «системные инновации направлены на институциональную реорганизацию целых систем, а не отдельных продуктов или процессов», что и реализуется в блокчейн-платформах. В рамках теории системных инноваций можно выделить следующие значимые принципы в управлении блокчейн:

1. Множественность – реализуется как возможность привлечения большого количества участников с активной инновационной функцией совершенствования как процесса, так и конечного продукта [Bogers et al., 2010; E. von Hippel, Schreier, 2006; Faulkner, Runde, 2009];

2. Интерактивность на всех этапах инновационного процесса и сложности, определяемой поведением участников как отдельных субъектов процесса, так и наличием системных эффектов [Kline, Rosenberg, 1986; Mitchell, 2011];

3. Технологическая сложность, которая предполагает высокую рисковость, что и определяет консолидационный характер системных инноваций в рамках сложных кооперационных форм взаимодействий в рамках блокчейн-платформ, (и это скорее СПО (саморегулируемые организации) и различные производные варианты) [Dequech, 2008]. Необходимость создания и развития соответствующей институциональной среды, стимулирующей развитие блокчейн.

4. Самообучение является основанием развития блокчейн-платформ. В таких системах присутствуют все формы активного обучения: обучение через действие [Argow, 1962], обучение через использование и через взаимодействие [Lundvall, 1988], одно или многоциклическое обучение [Argyris, Schon, 1978]. Во многом именно форма активного обучения является определяющим институциональным каркасом блокчейн-платформы.

Блокчейн-платформа представляет собой с одной стороны технологию хранения и передачи транзакций, с другой институт взаимодействий создателей, участников этой цифровой системы, что позволяет нам использовать целый пул институциональных теорий: теории транзакционных издержек, теории контрактов, теория консенсуса.

С точки зрения теории транзакционных издержек блокчейн – регулятивная и институциональная технология осуществления транзакций, без участия посредников, что позволяет радикально снизить транзакционные издержки. Таким образом, организационной особенностью блокчейн является прямое взаимодействие, при высоком уровне доверия участников, без потери в достоверности (искажения) и сохранности информации во всех сферах жизни общества (от государственного администрирования, до нотариата и медицинского обслуживания). Алгоритмы блокчейн выстраивают доверительную (все транзакции видны, подтверждены соответствующими записями в реестре и доступны всем участникам блокчейн) распределенную систему обмена. Так, по мнению Davidson et al., [2018] блокчейн можно поставить в один ряд с такими институтами, как рынок, государство, фирма. С высокой долей вероятности можно утверждать, что блокчейн может стать источником появления новых форм институтов, транзакций, контрактов, бизнес-моделей, обладающих высоким уровнем взаимного доверия.

При этом возможность сочетать технологии блокчейн с другими цифровыми технологиями (например, искусственным интеллектом, интернетом-вещей) позволяет развивать интерактивные организации рыночного типа – платформы. В работе MacDonald et al. [2018] такие платформы определены как «спонтанные организации» – альтернативный вид общепринятому типу организации, основное отличие которых будет заключаться в изменении подходов к формированию транзакционной ценности платформенного предложения – где роль и ценность посредничества будет заключаться в повышении качества и разнообразия предоставляемых услуг. Так, в банковской сфере, это будут не просто финансовые транзакции, а аналитические и контрольные функции расходов, доходов, совершаемых операций, геолокационные и персонифицированные предложения управления финансами – в общем все те услуги, что мы уже сейчас получаем в современном банкинге (который уже сложно вместить в классическую банковскую услугу и управление банком) [McMillan, 2014].

В рамках контрактной теории блокчейн – представляет собой систему отношений в форме смарт-контрактов [Иващенко, Шаститко, Шпакова, 2019]. Смарт-контракты – технологическая форма координации взаимодействия в рамках блокчейн-платформ.

Заключение и реализация смарт-контрактов имеет следующие значимые организационные особенности:

- смещение затрат в *ex ante* – период, который предполагает необходимость инвестиции в технологии и обучение персонала;
- высокая роль человеческого фактора (масштабный рост потерь при проектировании блокчейн и формировании условий смарт-контрактов) при заключении контрактов, и полное его отсутствие при их исполнении [Giancaspro, 2017];
- высокие требования к информационной безопасности связаны с необходимостью подтверждать достоверность на этапе сбора и анализа информации (особенно при сочетании блокчейн технологии и интернета-вещей (информации с датчиков, чипов). Данное условие является обязательным условием исполнения смарт-контрактов участниками.

В основе управления сложной технологической и институциональной системой блокчейн используется консенсус. Раскрывается этот термин и его содержание в рамках теории консенсуса¹.

В рамках теории, консенсус рассматривается как *состояние* (коллективное решение), к которому может приходиться группа (организация) в результате дискуссии; как *стратегия*, которая используется в ходе принятия решения; как *требование*, которому должно (причем

¹ Автор позволил себе отнести данную теорию к институциональным, трактуя термин «консенсус» как форму координации взаимодействий субъектов экономической системы.

априорно) удовлетворять итоговое решение; как *общий принцип*, положенный в основу структурирования группы (организации) [Карпов, 2011]. Все это находит свое развитие в алгоритмах консенсуса¹ блокчейн.

Так, например, «состояние» определяется выполнением алгоритмом консенсуса следующих правил (принципов) [Бауэр, Смирнов, 2020]: достижения максимальной степени согласия всех взаимодействующих сторон (как офлайн, так и онлайн); взаимная заинтересованность и равноправие участников блокчейн. Выбор того или иного алгоритма² для управления отражает стратегию развития блокчейн, а его смена предполагает и смену стратегии³. Консенсус как «общий принцип» определяется характерными свойствами алгоритмов: структурные свойства, свойства блока и вознаграждения, свойства безопасности и производительности. Анализ источников [Baliga, 2017; Alqahtani, Demirbas, 2021; Xiao at al., 2020] позволил выявить следующие основные «требования» (условия) консенсуса в блокчейн: наличие единого соглашения, наличие субъектности и общей экономической мотивации, единство норм и технологических стандартов. При этом реализация этих базовых условий по-разному проявляется в разных типах дизайна (структуры) блокчейн-платформ (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Институциональные условия среды взаимодействия
 формирования алгоритмов консенсуса в блокчейн
 Institutional conditions of the interaction environment
 for the formation of consensus algorithms in the blockchain

Условия формирования алгоритма консенсуса	Частный блокчейн	Публичный блокчейн	Блокчейн- консорциум
Наличие единого соглашения всех участников блокчейн-платформы	Соглашение инициируется централизованно, участником обладающей властью, формируемой по разным основаниям (рыночная, институциональная, инновационная), но признаваемой и принимаемой всеми остальными участниками.	Соглашение инициируется децентрализованно, доверие между участниками формируются технологическими правилами (протоколами) подтверждения действий в блокчейн. Протоколы, встроенные в блокчейн гарантируют, что передаваемые данные достоверны и актуальны.	Соглашение в разных областях блокчейн могут быть носить как централизованный, так децентрализованный характер (т.е. быть закрытыми при частном блокчейне, так и открытыми при публичном). Сочетания и дизайн будет определяться структурными особенностями промышленного рынка.

¹ Консенсус – представляет собой технологические, институциональные и управленческие нормы принимаемые всеми участниками блокчейн. Описание работы (задач, решаемых консенсусом) проводится через пример классической модели «византийских генералов». Формула модели выглядит следующим образом. Византийская армия, состоит из некоторого количества (n) легионов, каждым, из которых командует генерал, а также у армии есть главнокомандующий, которому подчиняются генералы легионов. Армия окружает город с целью нападения. Благоприятный исход войны зависит от действий генералов каждого легиона. Генералам необходимо связаться, чтобы прийти к единому соглашению о том, атаковать город или нет. Однако среди генералов могут быть предатели, в том числе главнокомандующий. Предатель может посылать приказы разного содержания разным генералам. Таким образом, задача сводится к нахождению консенсуса в случаях частичной неопределенности и вероятной недостоверности поступающей информации [Castro, Liskov, 2002]

² <https://vc.ru/crypto/590486-algoritmy-konsensusa-chto-eto-i-kakie-byvayut>

³ Переход Ethereum на Proof-of-Stake (PoS): все, что нужно знать. <https://forklog.com/cryptorium/perehod-ethereum-na-proof-of-stake-pos-vse-chto-nuzhno-znat#:~:text=%D0%97%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BC%20Ethereum%20%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8F%D0%B5%D1%82%20%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%81%D1%83%D1%81%D0%B0,-%D0%A1%D0%B5%D0%B9%D1%87%D0%B0%D1%81%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F&text=%D0%93%D1%80%D1%8F%D0%B4%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D0%B6%D0%BD%D0%BE%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B8%D1%82%D1%8C%20%D1%8D%D1%82%D0%B8,%D1%83%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D1%82%20%D0%BD%D0%B0%2099%2C95%25.>

Окончание табл. 2
End table 2

Условия формирования алгоритма консенсуса	Частный блокчейн	Публичный блокчейн	Блокчейн- консорциум
Наличие субъектности и общей экономической мотивации всех участников	Алгоритмы консенсуса в блокчейн существуют только в условии соответствия (принимаются и разделяются всеми участниками) целей всех участников, и их экономической выгоды. Технологически реализуется консенсусный блокчейн – протокол предлагает вознаграждение за хорошее поведение (соблюдение соглашений) и наказание злоумышленников (несоблюдение правил).		
Единство норм и правил (единой культуры блокчейн)	Существующие правила и нормы признаются и разделяются всеми участниками блокчейн-платформы.		
Отказоустойчивость	Алгоритм консенсуса обеспечивает отказоустойчивость, согласованность и надежность блокчейна. То есть управляемая система будет работать неограниченное время даже в случае сбоев и угроз.		

Источник: составлено автором
Source: Compiled by the author

Таким образом, алгоритмы в блокчейн это, прежде всего, институциональные условия взаимодействия участников, реализуемые через разные технологические процессы. Разнообразие технологических решений и определяет тип алгоритма консенсуса. При этом, количество алгоритмов постоянно пополняется. Это связано, с разнообразием решаемых задач в блокчейн и технологической (прежде всего программной – на уровне использования алгоритмов ИИ) эволюцией.

Опираясь к блокчейн как сложной экономической системе, мы можем использовать следующий пул теорий: теорию экосистемного управления, теорию управления сложными системами, концепцию ценностной цепочки.

Достаточно часто блокчейн позиционируют как цифровую экоплатформу [Werner, Frost, Zarnekow, 2020; Jiang at al., 2018; Wang at al., 2019; Schmeiss, Hoelzle, Tech, 2019]. Отсутствие на сегодняшний день сложившейся теории экосистемного управления существенно осложняет ее использование применительно к блокчейн. Но ряд сформированных положений и подходов позволяет нам описать некоторые особенности управления. Так в работе Константиныди и др., [2020] приводится классификация типов экосистем, где экосистема рассматривается: 1) как совокупность фирм-партнёров; 2) как единая площадка для организации производства и продажи товаров и услуг; 3) как саморазвивающаяся организация, которая управляется как «живой организм» или «бирюзовые организации» [Тесленко, 2020], что в полной мере может быть использовано и к характеристикам блокчейн платформ.

Согласно Лалу Ф. [2016] основными принципами управления бирюзовыми организациями являются: открытые и ясные ценностные установки, децентрализация управления, максимальное сокращение центрального офиса; доверие вместо контроля; прозрачность и открытость информации; развитые механизмы обратной связи; свобода самоорганизации в принятии решений, экспериментах и новаторства.

В рамках экосистемного управления выделяются следующие подсистемы управления: объектная – предприятия, производящие товары в рамках экосистемы; средовая – предприятия-поставщики услуги; процессная – производитель разного вида работ; проектная – предприятие самая система. В рамках блокчейн платформ также присутствуют указанные подсистемы, но средовая подсистема будет состоять из предприятий, оказывающих услуги, непосредственно участвующих в создании добавленной ценности (а не выполняющих посреднические функции) [Кобылко, 2019].

В рамках экосистемного подхода к управлению появляется новая функция «дирижирование» [Кабылко, 2021, с. 140], которая трактуется как «координация разрозненных элементов экосистемы при сохранении относительной самостоятельности каждого из участников». В блокчейн данная функция находит свою реализацию в алгоритме консенсуса, при голосовании пользователей, выборе делегатов, которые будут ответственны за все аспекты проведения транзакций [Bach, Mihaljevic, Zagar, 2018; Chaudhry, Yousaf, 2018].

Наличие большого количества независимых участников, сочетание множества цифровых технологий, многоуровневость (наличие онлайн и офлайн уровней) управления, присутствие признаков сложной системы позволяет нам использовать теорию управления сложными системами [Молчанов, Молчанова, 2022; Колесников, Веселов, Попов, 2006; Виттих, 2000].

Положения теории управления сложными системами, раскрытые в работе А.П. Караваева [2003], позволяют описать предмет управления и форм управления блокчейн.

Так, описание блокчейн как сложного единого субъекта управления формируется путем:

- определения состава участников и границ платформы (элементы – кто?);
- идентификации типа архитектуры блокчейн (частный, публичный или блокчейн-консорциум);
- выбора алгоритма консенсуса в блокчейн, отражает институциональные, технологические и другие нормы, правила, технологические стандарты в совместной деятельности;
- определения мотивационных предпочтений участников блокчейн;
- информированности – информация о параметрах среды (при условии использования технологий интернета вещей);
- упорядочивания функционирования (последовательности, условий получения информации и процессов принятия решений) определяется соответствующим типом алгоритма консенсуса.

Таким образом, предмет управления блокчейн будет складываться из следующих элементов, реализуемых на офлайн и онлайн уровне. К элементам офлайн уровня относятся: определение состава, границ блокчейн и его архитектуры, выбор алгоритма консенсуса; форм и объемов интеграции цифровых технологий. К элементам онлайн уровня будет относиться: трансформация и динамика развития архитектуры, алгоритма консенсуса, возможность технологической интеграции искусственного интеллекта и интернета вещей в блокчейн платформу.

Так, согласно [Баранова, Чуйкин, 2017] блокчейн – «это система, в которой все ее участники зависят друг от друга, и именно эта зависимость позволяет системе существовать и развиваться». То есть, представляет собой коллективную форму управления. В теории управления сложными экономическими системами присутствует следующая классификация форм управления (рис. 2).

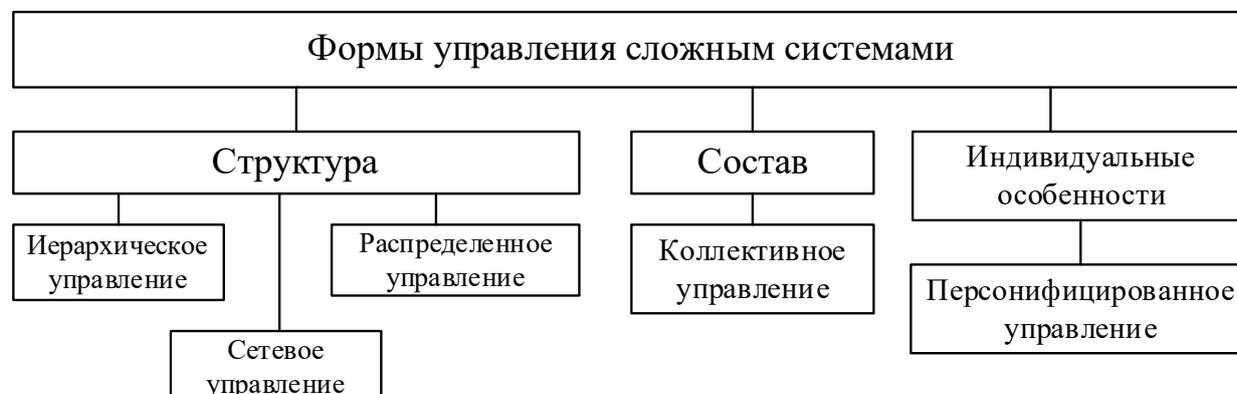


Рис. 2. Классификация форм управления сложными экономическими системами
Fig. 2. Classification of forms of management of complex economic systems

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

Иерархическое управление представляет собой структуру с единым управляющим центром (метацентр), распределенное управление или матричная форма предполагает присутствие нескольких центров (метацентров) принятия решений, сетевое управление является адаптивной и динамической формой, где участники реализуют множество функций, а роль центра принятия решений может передаваться в зависимости от ситуации и реализовываться разными участниками системы.

Типы дизайна блокчейна можно сопоставить с формами управления структурой следующим образом [Bevir, 2010; Chohan, 2017] (таблица 3).

Таблица 3
Table 3

Типы дизайна и формы управления структурой блокчейн
Types of design and forms of governance of the blockchain structure

Тип дизайна	Частный блокчейн	Публичный блокчейн	Блокчейн-консорциум
Форма управления	Иерархическое управление	Распределенное, сетевое управление	Распределенное, сетевое управление

Источник: составлено автором на основе [Bevir, 2010; Chohan, 2017]

Source: compiled by the author on the basis of [Bevir, 2010; Chohan, 2017]

Наиболее сложной задачей исследования является идентификация базового механизма управления в блокчейн. По мнению автора, наиболее подходящим методологическим решением этой исследовательской задачи является концепция ценностной цепочки М. Портера [2007]. Данный выбор не является случайным. Так согласно [Скиннер, 2015; Domínguez, Roseiro, 2020; Paardenkooper, 2019; Angelis, Da Silva, 2019; Morkunas, Paschen, Boon, 2019] одной из целей использования технологии блокчейн является повышение добавленной стоимости в продукте или услуги. Так, в работе [Bauer at al., 2020] схема создания добавленной стоимости укрупненно выглядит следующим образом (рис. 3).



Рис. 3. Укрупненная схема создания добавленной стоимости в блокчейн

Fig. 3. An enlarged scheme for creating added value in the blockchain

Источник: составлено автором на основе [Bauer at al., 2020]

Source: compiled by the author on the basis of [Bauer at al., 2020]

При этом, блокчейн может быть как инфраструктурной платформой управления бизнес-процессом создания стоимости [Schlecht, Schneider, Buchwald, 2021], так и технологией создания дополнительной стоимости (чаще при условии сочетания с технологиями искусственного интеллекта и интернета-вещей) [Khezr at al., 2019].

Представить схему ценностной цепочки с участием блокчейн можно следующим образом (рис. 4).

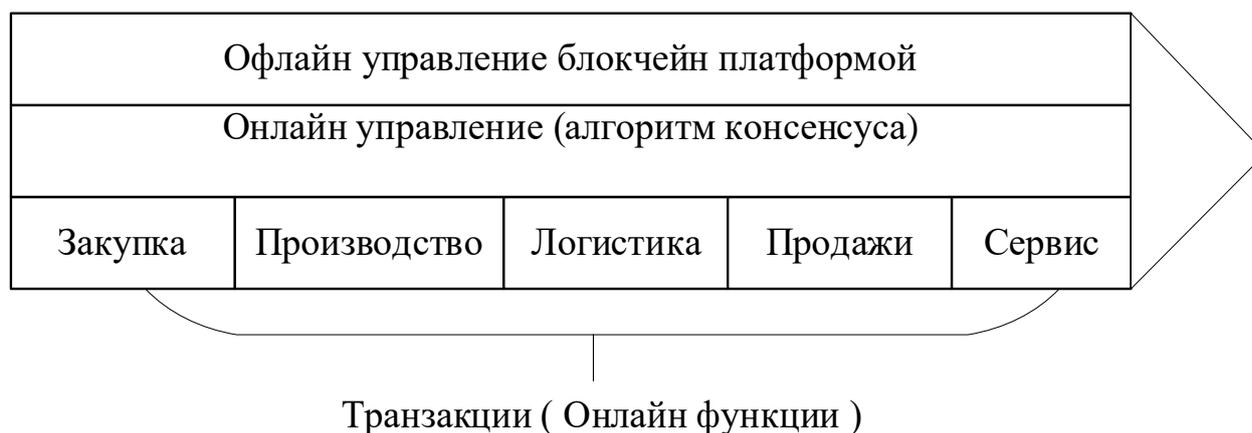


Рис. 4. Модель ценностной цепочки на основе блокчейн-платформы
Fig. 4. Model of the value chain based on the blockchain platform

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

В производственной цепочке вспомогательные виды деятельности реализуются на офлайн и онлайн уровне. Офлайн уровень предполагает стратегическое и проектное управление при разработке концепции и целей блокчейн платформы, определение типа архитектуры, выбор алгоритмов консенсуса, позиционирование платформы на соответствующем рынке. Онлайн управление реализуется через механизм выбранного алгоритма консенсуса (что определяет скорость, уровень надежности, полноты и роли участников платформы в принятии решений).

На уровне основных видов деятельности в производственной цепочке блокчейн выполняет инфраструктурную функцию передачи транзакций (в широком смысле этого слова, предполагая не только реализацию финансовой части обмена, но и передачу любого рода информации).

Таким образом, модель ценностной цепочки является достаточно удобным методическим инструментарием для описания процессов создания добавленной стоимости в различных формах, моделях блокчейн платформ.

Представленный анализ параметров и особенностей управления блокчейн через призму экономических теорий позволяет сформировать базовые положения механизма управления.

Моделирование основных параметров механизма управления в блокчейн

Формирование механизма управления строится в рамках методологии управления сложными экономическими системами, представленной в работе Новикова Д.А. [2011, с. 8]. Она представляет собой последовательное описание следующих базовых элементов:

1. Определение существенных характеристик блокчейн как объекта управления.
2. Выявление принципов управления в блокчейн.
3. Формирование логической структуры управления в блокчейн, включая: предмет, цикл, результат, структура).

В качестве интеграции результатов научного исследования представим основные элементы механизма управления блокчейн платформой (рис. 5).

Представленная систематизация элементов механизма управления блокчейн-платформой может стать основанием для идентификации и развития дальнейших направлений теоретического и методического изучения управленческих особенностей этой подрывной технологии.



Рис. 5. Основные элементы механизма управления блокчейн-платформой
 Fig. 5. Main elements of blockchain platform management mechanism

Источник: составлено автором
 Source: compiled by the author

Заключение

Активное развитие технологии блокчейн в современной экономике приводит к необходимости осмысления, выявления особенностей и формирования теоретических, методических подходов к ее управлению. Решение этой задачи строится в рамках проекции существующих положений экономических теорий на технологические, организационные и управленческие особенности в блокчейн.

Технологические, системные и институциональные особенности развития блокчейн-платформ позволили выделить пул соответствующих теорий, используемых как теоретическое основание для сопоставления и поиска в контексте описания основных элементов механизма управления в блокчейн платформах.

Так, в ходе исследования выявлены следующие значимые особенности в управлении блокчейн-платформами:

– основными принципами управления в блокчейн являются принципы множественности, интерактивности, технологической сложности и сочетаемости, самоучаемости и взаимного доверия, децентрализации и консенсуса;

– структура управления в блокчейн представлена разными типами дизайна: частным, публичным, блокчейн-консорциумом и коллективной формой принятия стратегических и тактических решений;

– предмет управления раскрывается на двух уровнях управления: офлайн и онлайн;

– базовый механизм управления в блокчейн строится в рамках модели ценостной цепи и раскрывается путем определения технологических характеристик блокчейн, реализации его возможностей для решения задач и создания добавленной ценности. При этом блокчейн может быть и технологической инфраструктурой для обмена и платформой для создания добавленной, персонифицированной стоимости продукта или услуги.

Оперирование к представленной модели механизма управления блокчейн-платформой позволит исследователю найти новые теоретические и методические поля для исследования и популяризации этой подрывной технологии, развивать новые научные школы, образовательные продукты, совершенствовать механизмы и формы государственного регулирования и корпоративного управления, межорганизационного и межстранового взаимодействия.

Список источников

- Генкин А., Михеев А. 2018. Блокчейн: как это работает и что ждет нас завтра. М.: Альпина Паблишер. 592 с.
- Кристенсен К.М. 2004. Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. Изд-во: Альпина Бизнес Букс, 240 с.
- Лалу Ф. 2016. Открывая организации будущего М. Манн, Иванов и Фербер. 432 с.
- Молчанов, М. А. 2018. Теория управления экономическими системами : учебник / М.А. Молчанов, В.А. Молчанова. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 307 с.
- Новиков Д.А. 2011. Методология управления. М.: Лиبرоком,, 128 с.
- Портер М. 2019. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов. М.: Альпина Бизнес Букс: Компания XXI век., 453 с.
- Свон М. 2022. Блокчейн. Схема новой экономики. Олимп-Бизнес, 240 с.
- Скиннер К. 2018. ValueWeb. Как финтех-компании используют блокчейн и мобильные технологии для создания интернета ценностей М.: Манн, Иванов и Фербер, 416 с.
- Шумпетер Й.А. 2008. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия М.: Эксмо. 864 с.
- Argyris C., Schon D. 1978. Organizational Learning: A theory of action perspective, Addison-Wesley, Reading MA, 344 p.
- Kim W.C., Mauborgne R. 2014. Blue ocean strategy, expanded edition: How to create uncontested market space and make the competition irrelevant. Harvard business review Press, 256 p.
- McMillan J. 2014. The End of Banking: Money, Credit, and the Digital Revolution. Zero/One Economics GmbH, 248 p.

Список литературы

- Баранова О.А., Чуйкин К.А. 2017. Принцип технологии blockchain, и ее влияние на социально-экономическую сферу. Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2(13): 329-331.
- Бауэр В.П., Смирнов В.В. 2020. Институциональные особенности разработки конкурентоспособной криптовалюты. Финансы: теория и практика, 24 (5): 84-99.
- Виттих В.А. 2000. Эволюционное управление сложными системами. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2(1): 53-65.
- Иващенко Н.П., Шаститко А.Е., Шпакова А.А. 2019. Смарт-контракты в свете новой институциональной экономической теории. Журнал институциональных исследований, 11(3): 64-83.
- Кобылко А.А. 2021. Функции управления в бизнес-экосистемах. Журнал «ЭКО», 8 (566): 127-150.
- Караваев А.П. 2003. Модели и методы управления составом активных систем. М.: ИПУ РАН, 151 с.

- Карпов А.В. 2011. Основные типы консенсуса в процессах принятия групповых решений. Вестник Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова. Серия гуманитарные науки, 3: 78-84.
- Кобылко А.А. 2019. Особенности управления экосистемой на примере инфокоммуникационных организаций. Экономика и качество системы связь, 4: 3–10.
- Колесников А.А., Веселов Г.Е., Попов А.Н. 2006. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: КомКнига, 240 с.
- Константиниди Х.А., Грибок Н.Н., Воробьева М.А., Артюшкова А.Ю., Зинченко Н. В. 2020. Компания как экосистема: актуальные инструменты управления. Краснодар: ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ - филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 146 с.
- Тесленко И.Б. 2020. Бирюзовая модель организации: особенности подхода к управлению персоналом. Modern science, (11-3): 211-215.
- Alqahtani S., Demirbas M. 2021. Bottlenecks in blockchain consensus protocols. In 2021 IEEE International Conference on Omni-Layer Intelligent Systems (COINS): 1-8.
- Angelis J., Da Silva E. R. 2019. Blockchain adoption: A value driver perspective. Business Horizons, 62(3): 307-314.
- Arrow K. 1962. The economic implications of learning by doing. Review of Economic Studies, 29: 155-173.
- Bach L. M., Mihaljevic B., Zagar M. 2018. Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO): 1545-1550.
- Baliga A. 2017. Understanding blockchain consensus models. Persistent, 4(1): 14.
- Bauer I., Zavolokina L., Leisibach F., Schwabe G. 2020. Value creation from a decentralized car ledger. Frontiers in Blockchain, 2: 30.
- Bekar C.T., Carlaw K.I., Lipsey R. 2018. General purpose technologies in theory, application and controversy: a review. Journal of Evolutionary Economics, 28: 1005-1033.
- Bevir M. 2011. Democratic governance. British Journal of Sociology, 62(3): 551-552.
- Bogers M., Afuah A., Bastian B. 2010. Users as innovators: A review, critique, and future research directions. Journal of Management, 36(4): 857–875.
- Castro M., Liskov B. 2002. Practical Byzantine fault tolerance and proactive recovery. ACM Transactions on Computer Systems (TOCS), 20(4): 398-461.
- Chaudhry N., Yousaf M.M. 2018. Consensus algorithms in blockchain: Comparative analysis, challenges and opportunities. In 2018 12th International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST): 54-63).
- Chohan U. W. 2017. The Decentralized Autonomous Organization and Governance Issues. SSRN Electronic Journal. Available online at: <https://ssrn.com/abstract=3082055> (accessed March 15, 2023).
- Conte de Leon D., Stalick A.Q., Jillepalli A. A., Haney M.A., Sheldon F.T. 2017. Blockchain: properties and misconceptions. Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship, 11(3): 286-300.
- Davidson S., De Filippi P., Potts J. 2018. Blockchains and the economic institutions of capitalism. Journal of Institutional Economics, 14 (4): 639-658.
- Dequech D. 2008. Varieties of uncertainty: a survey of the economic literature. Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia. 200807211223070
- Domínguez J.P., Roseiro P. 2020. Blockchain: a brief review of agri-food supply chain solutions and opportunities. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 9(4): 95-106.
- Dos Santos R.P. 2017. On the philosophy of Bitcoin/Blockchain technology: is it a chaotic, complex system? Metaphilosophy, 48 (5): 620-633.
- Faulkner P., Runde J. 2009. On the identity of technological objects and user innovations in function. Academic Management Review, 34(3): 442–462.
- Franke N., Von Hippel, E., Schreier M. 2006. Finding commercially attractive user innovations: A test of lead-user theory. Journal of product innovation management, 23(4): 301-315.
- Giancaspro M. 2017. Is a ‘smart contract’ really a smart idea? Insights from a legal perspective. Computer Law & Security Review, 33(6): 825–835.
- Jiang S., Cao J., Wu H., Yang Y., Ma M., He J. 2018. Blochie: a blockchain-based platform for healthcare information exchange. In 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SmartComp): 49-56.

- Kane E. 2017. Is blockchain a general purpose technology? Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2932585>
- Kheyr S, Moniruzzaman M, Yassine A, Benlamri R. 2019. Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Review and Directions for Future Research. *Applied Sciences*, 9(9): 1736. <https://doi.org/10.3390/app9091736>
- Kline S.J., Rosenberg N. 1986. An Overview of Innovation, in R. Landau and N. Rosenberg (eds) *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academies Press, Washington DC, 275–305.
- Lage O. 2019. Blockchain: from industry 4.0 to the machine economy. In *Blockchain and Distributed Ledger Technology (DLT)*. DOI: 10.5772/intechopen.88694
- Lundvall B-A. 1988. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation, in Dosi., G. et al., (eds), *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter, 349-369.
- Mitchell, M. 2011. Complexity: A Guided Tour. *Physics Today*, 63(2): 47.
- Morkunas V. J., Paschen, J., Boon, E. 2019. How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3): 295-306.
- Paardenkooper K. 2019. Creating value for small and medium enterprises with the logistic applications of blockchain. In *International conference on digital technologies in logistics and infrastructure (ICDTLI 2019)*: 269-274.
- Pilkington M. 2016. Blockchain technology: principles and applications. *Research handbook on digital transformations*. Edward Elgar Publishing: 225-253.
- Schlecht L., Schneider S., Buchwald, A. 2021. The prospective value creation potential of Blockchain in business models: A delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, 166: 120601.
- Schmeiss J., Hoelzle K., Tech R. P. 2019. Designing governance mechanisms in platform ecosystems: Addressing the paradox of openness through blockchain technology. *California Management Review*, 62(1): 121-143.
- Sterrenberg L., Andringa J., Loorbach D., Raven R., Wieczorek A. 2013. Low-carbon transition through system innovation: Theoretical notions and applications. *Industrial Engineering and Innovation Sciences*, 67 p.
- Wang Z., Yang L., Wang Q., Liu D., Xu Z., Liu S. 2019. ArtChain: Blockchain-enabled platform for art marketplace. In *2019 IEEE international conference on blockchain (blockchain)*: 447-454.
- Werner J., Frost S., Zarnekow R. 2020. Towards a taxonomy for governance mechanisms of blockchain-based platforms. In *Proceedings of the 28th European Conference on Information Systems (ECIS), An Online AIS Conference, June 15-17, 2020*. https://aisel.aisnet.org/ecis2020_rp/26
- Xiao Y., Zhang N., Lou W., Hou Y. T. 2020. A survey of distributed consensus protocols for blockchain networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2): 1432-1465.

References:

- Baranova O.A., Chuikin K.A. 2017. The principle of blockchain technology, and its impact on the socio-economic sphere. *Actual problems of aviation and cosmonautics*, 2(13): 329-331. (in Russian)
- Bauer V.P., Smirnov V.V. 2020. Institutional features of the development of a competitive cryptocurrency. *Finance: theory and practice*, 24 (5): 84-99. (in Russian)
- Vittikh V. A. 2000. Evolutionary management of complex systems. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2(1): 53-65. (in Russian)
- Ivashchenko N.P., Shastitko A. E., Shpakova A. A. 2019. Smart contracts in the light of a new institutional economic theory. *Journal of Institutional Studies*, 11(3): 64-83. (in Russian)
- Kobylko A.A. 2021. Management functions in business ecosystems. *Journal "ECO"*, 8 (566): 127-150. (in Russian)
- Karavaev A. P. 2003. *Models and methods for controlling the composition of active systems*. M.: IPU RAS, 151 p. (in Russian)
- Karpov A.V. 2011. The main types of consensus in group decision-making processes. *Bulletin of Yaroslavl State University named after PG Demidov. Humanities Series*, 3: 78-84. (in Russian)
- Kobylko A.A. 2019. Ecosystem management features on the example of infocommunication organizations. *Economics and quality of the communication system*, 4: 3-10. (in Russian)
- Kolesnikov A. A., Veselov G. E., Popov A. N. 2006. *Synergetic methods of control of complex systems: theory of system synthesis*. Moscow: KomKniga, 240 p. (in Russian)

- Konstantinidi H.A., Mushroom N.N., Vorobyeva M.A., Artyushkova A. Yu., Zinchenko N.V. 2020. A company as an ecosystem: current management tools. Krasnodar: Federal State Budgetary Institution "Russian Energy Agency" of the Ministry of Energy of Russia Krasnodar Central Research Institute - branch of the Federal State Budgetary Institution "REA" of the Ministry of Energy of Russia, 146 p. (in Russian)
- Teslenko I.B. 2020. Turquoise model of the organization: features of the approach to personnel management. *Modern science*, (11-3): 211-215. (in Russian)
- Alqahtani S., Demirbas M. 2021. Bottlenecks in blockchain consensus protocols. In 2021 IEEE International Conference on Omni-Layer Intelligent Systems (COINS): 1-8.
- Angelis J., Da Silva E. R. 2019. Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*, 62(3): 307-314.
- Arrow K. 1962. The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29: 155-173.
- Bach L. M., Mihaljevic B., Zagar M. 2018. Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO): 1545-1550.
- Baliga A. 2017. Understanding blockchain consensus models. *Persistent*, 4(1): 14.
- Bauer I., Zavolokina L., Leisibach F., Schwabe G. 2020. Value creation from a decentralized car ledger. *Frontiers in Blockchain*, 2: 30.
- Bekar C.T., Carlaw K.I., Lipsey R. 2018. General purpose technologies in theory, application and controversy: a review. *Journal of Evolutionary Economics*, 28: 1005-1033.
- Bevir M. 2011. Democratic governance. *British Journal of Sociology*, 62(3): 551-552.
- Bogers M., Afuah A., Bastian B. 2010. Users as innovators: A review, critique, and future research directions. *Journal of Management*, 36(4): 857–875.
- Castro M., Liskov B. 2002. Practical Byzantine fault tolerance and proactive recovery. *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)*, 20(4): 398-461.
- Chaudhry N., Yousaf M. M. 2018. Consensus algorithms in blockchain: Comparative analysis, challenges and opportunities. In 2018 12th International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST): 54-63).
- Chohan U.W. 2017. The Decentralized Autonomous Organization and Governance Issues. *SSRN Electronic Journal*. Available online at: <https://ssrn.com/abstract=3082055> (accessed March 15, 2023).
- Conte de Leon D., Stalick A. Q., Jillepalli A. A., Haney M. A., Sheldon F. T. 2017. Blockchain: properties and misconceptions. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 11(3): 286-300.
- Davidson S., De Filippi P., Potts J. 2018. Blockchains and the economic institutions of capitalism. *Journal of Institutional Economics*, 14 (4): 639-658.
- Dequech D. 2008. Varieties of uncertainty: a survey of the economic literature. *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia*. 200807211223070
- Domínguez J. P., Roseiro P. 2020. Blockchain: a brief review of agri-food supply chain solutions and opportunities. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 9(4): 95-106.
- Dos Santos R. P. 2017. On the philosophy of Bitcoin/Blockchain technology: is it a chaotic, complex system? *Metaphilosophy*, 48 (5): 620-633.
- Faulkner P., Runde J. 2009. On the identity of technological objects and user innovations in function. *Academic Management Review*, 34(3): 442–462.
- Franke N., Von Hippel, E., Schreier M. 2006. Finding commercially attractive user innovations: A test of lead-user theory. *Journal of product innovation management*, 23(4): 301-315.
- Giancaspro M. 2017. Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective. *Computer Law & Security Review*, 33(6): 825–835.
- Jiang S., Cao J., Wu H., Yang Y., Ma M., He J. 2018. Blochie: a blockchain-based platform for healthcare information exchange. In 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (smartcomp): 49-56.
- Kane E. 2017. Is blockchain a general purpose technology? Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2932585>
- Khezri S., Moniruzzaman M., Yassine A., Benlamri R. 2019. Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Review and Directions for Future Research. *Applied Sciences*, 9(9): 1736. <https://doi.org/10.3390/app9091736>

- Kline S.J., Rosenberg N. 1986. An Overview of Innovation, in R. Landau and N. Rosenberg (eds) *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academies Press, Washington DC, 275–305.
- Lage O. 2019. Blockchain: from industry 4.0 to the machine economy. In *Blockchain and Distributed Ledger Technology (DLT)*. DOI: 10.5772/intechopen.88694
- Lundvall B-A. 1988. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation, in Dosi., G. et al., (eds), *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter, 349-369.
- Mitchell, M. 2011. Complexity: A Guided Tour. *Physics Today*, 63(2): 47.
- Morkunas V. J., Paschen, J., Boon, E. 2019. How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3): 295-306.
- Paardenkooper K. 2019. Creating value for small and medium enterprises with the logistic applications of blockchain. In *International conference on digital technologies in logistics and infrastructure (ICDTLI 2019)*: 269-274.
- Pilkington M. 2016. *Blockchain technology: principles and applications*. Research handbook on digital transformations. Edward Elgar Publishing: 225-253.
- Schlecht L., Schneider S., Buchwald, A. 2021. The prospective value creation potential of Blockchain in business models: A delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, 166: 120601.
- Schmeiss J., Hoelzle K., Tech R. P. 2019. Designing governance mechanisms in platform ecosystems: Addressing the paradox of openness through blockchain technology. *California Management Review*, 62(1): 121-143.
- Sterrenberg L., Andringa J., Loorbach D., Raven R., Wiczorek A. 2013. Low-carbon transition through system innovation: Theoretical notions and applications. *Industrial Engineering and Innovation Sciences*, 67 p.
- Wang Z., Yang L., Wang Q., Liu D., Xu Z., Liu S. 2019. ArtChain: Blockchain-enabled platform for art marketplace. In *2019 IEEE international conference on blockchain (blockchain)*: 447-454.
- Werner J., Frost S., Zarnekow R. 2020. Towards a taxonomy for governance mechanisms of blockchain-based platforms. In *Proceedings of the 28th European Conference on Information Systems (ECIS), An Online AIS Conference, June 15-17, 2020*. https://aisel.aisnet.org/ecis2020_rp/26
- Xiao Y., Zhang N., Lou W., Hou Y. T. 2020. A survey of distributed consensus protocols for blockchain networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2): 1432-1465.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ярошевич Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики предприятий, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Natalya Yu. Yaroshevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Enterprises Economics Dept, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation