

# Аспекты создания методологии управления цифровыми финансовыми активами

**Цель исследования** — выделить ключевые аспекты, необходимые для формирования методологии проектирования систем управления торговыми операциями над криптовалютами. Методология проектирования систем управления цифровыми активами определяет набор правил использования методов, моделей и алгоритмов, требуемых для построения систем, решающих комплексную проблему управления торговыми операциями над активами цифровой экономики. Для этого исследуются динамика и тренды ценообразования цифровых инвестиционно-финансовых активов для выявления особенностей и специфических закономерностей криптовалюты, учитывающих математическую модель эмиссии в условиях динамичного рынка криптоактивов, функционирующего непрерывно и формирующего цикличность и волновые структуры.

**Материалы и методы.** Объектом исследования является динамика стоимостных показателей рынка цифровых финансовых активов и цифровых валют. Предметом исследования являются методы, модели и алгоритмы для автоматизированного мониторинга и управления цифровыми финансовыми активами и криптовалютами. Методологическую базу исследования составляют технологии блокчейн, методы моделирования и математической статистики, методы искусственного интеллекта. Статистическая информационная база исследований сформирована на основе истории котировок стоимостных показателей компании Tradingview с международных торговых биржевых площадок цифровых валют, а также интеграторами рынков криптоактивов Coinmarketcap и Coingecko.

Рассмотрены проблемы моделирования процессов в экономических системах, определена задача оптимального управления. Проводится критический анализ состояния в задачах экономического моделирования с учетом неопределенности, обусловленной социальными и психологическими причинами.

**Результаты.** В рамках предложенной методологии предлагается комплексное решение задачи управления цифровыми финансовыми активами и другими финансовыми инструментами,

построенными на блокчейн-технологии. В качестве объекта управления предлагаемой методологии выступают цифровые валюты, исходная информация — вектор параметров, определяющих чувствительность системы к возмущающим воздействиям внешней среды и требования к ожидаемым результатам управления. В соответствии с научной новизной исследования и методологией формируется набор взаимосвязанных этапов исследования, состоящий из упорядоченного каскада методов, моделей и алгоритмов, которые осуществляют предварительный анализ, обработку и прогнозирование финансовых временных рядов стоимостных показателей.

**Заключение.** Новые блокчейн-технологии и появление Chat GPT (generative pre-trained transformer, генеративный предварительно обученный трансформер) бросает все новые вызовы обществу, которое надеется задействовать такие решения в том числе для задач экономики.

С помощью безпрогнозных методов и искусственных нейронных сетей возможно проектировать программные системы, благодаря которым достигается повышение эффективности торговых операций при оптимальных рисках в автоматическом и автоматизированном режиме исполнения торговых поручений. Предложенная методология управления со вспомогательным интеллектуальным анализом временных рядов и применением комбинированного метода принятия решений, позволяет управлять портфелем нового класса актива цифровых валют, построенных на блокчейн-технологиях. Учитывая техническое сходство цифровых валют с цифровыми финансовыми активами, возможно использование методологии также и для создания систем управления ЦФА.

**Ключевые слова:** цифровые финансовые активы, цифровая валюта, криптовалюта, капитализация, методология управления криптовалютами, прогнозирование, принятие торговых решений, торговые роботы, торговые стратегии, моделирование экономических процессов, цифровая экономика.

Alexander Yu. Proskuryakov

Murom Institute (Branch), Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Murom, Russia

## Aspects of Developing A Methodology for Managing Digital Financial Assets

**The purpose** of the study is to highlight the key aspects necessary for the formation of a methodology for designing systems for managing trading operations over cryptocurrencies. The methodology of designing digital asset management systems defines a set of rules for using methods, models and algorithms required to build systems that solve the complex problem of managing trading operations over digital economy assets. For this purpose, the dynamics and trends of pricing of digital investment and financial assets are investigated to identify the peculiarities and specific patterns of cryptocurrency, taking into account the mathematical model of issuance in the conditions of a dynamic crypto-asset market, functioning continuously and forming cyclicity and wave structures.

**Materials and methods.** The object of the study is the dynamics of value indicators of the market of digital financial assets and digital currencies. The subject of the study is methods, models and algorithms for automated monitoring and management of digital financial assets and cryptocurrencies. The methodological basis of the research is

formed by blockchain technologies, modeling and mathematical statistics methods, artificial intelligence methods.

The statistical information base of the research is formed on the basis of the history of Tradingview's value quotations from international trading exchanges of digital currencies, as well as by Coinmarketcap and Coingecko cryptoasset market integrators.

Problems of modeling processes in economic systems are considered, the problem of optimal control is defined. A critical analysis of the state in the tasks of economic modeling is carried out, taking into account the uncertainty caused by social and psychological reasons.

**Results.** The proposed methodology offers a comprehensive solution to the problem of managing digital financial assets and other financial instruments based on blockchain technology. Digital currencies act as the management object of the proposed methodology, the initial information is a vector of parameters that determine the sensitivity of the system to the perturbing influences of the external environment and the requirements for the expected management results. In accordance

with the scientific novelty of the research and methodology, a set of interrelated research stages is formed, consisting of an ordered cascade of methods, models and algorithms that perform preliminary analysis, processing and forecasting of financial time series of value indicators. **Conclusion.** New blockchain technologies and the emergence of Chat GPT (generative pre-trained transformer) pose new challenges to society, which hopes to utilize such solutions, including for economic tasks.

With the help of prediction-free methods and artificial neural networks it is possible to design software systems, thanks to which it is possible to increase the efficiency of trading operations at optimal risks in automatic and automated mode of trade execution. The proposed

methodology of management with auxiliary intellectual analysis of time series and application of combined method of decision-making allows managing the portfolio of a new asset class of digital currencies based on blockchain technologies. Taking into account the technical similarity of digital currencies with digital financial assets, it is possible to use the methodology also for the creation of digital financial asset management systems.

**Keywords:** digital financial assets, digital currency, cryptocurrency, capitalization, cryptocurrency management methodology, forecasting, trading decisions, trading robots, trading strategies, economic process modeling, digital economy.

## Введение

На протяжении более десяти лет активно развиваются, совершенствуются и распространяются цифровые валюты [1]. Их высоких технологический уровень, а также вхождение в правовое поле [2] позволили сформировать готовые решения (финансовые инструменты) для создания цифровых финансовых активов (ЦФА) и цифровой национальной валюты как части цифровой экономики [3, 4]. По совокупности задействованных вложений текущая рыночная капитализация превысила бюджеты многих стран и составила более ста десяти триллионов в рублевом эквиваленте на июль 2023 года, постепенно продолжая рост (рис. 1).

Как видно из графика (логарифмическая шкала), представленного на рис. 1, общая капитализация рынка цифровых валют возрастает на среднесрочных и долгосроч-

ных интервалах времени с небольшими коррекционными движениями [5], коррелирующими с падением стоимости базового актива – биткоин.

Подобные экспоненциальные тренды роста рынка цифровых валют привели к широкому распространению их среди общества и спросу со стороны государства [6], однако скорость развития этих финансовых инструментов не позволила в полной мере сформировать устойчивую методологию управления ими. В связи с этим на подобных рынках наблюдаются высокие всплески, волатильность, инсайдерские модели поведения, что приводит к не эффективным торговым операциям, потере покупательской способности портфеля и повышенным рискам для инвесторов. Все это с учетом роста автоматизации и скорости движения капитала указывает на актуальность тематики исследования и как следствие обуславливает необ-

ходимость в создании новых математических и информационных методов управления цифровыми финансовыми активами, криптовалютами или цифровыми валютами. Указанные методы представляют собой научную новизну данной работы.

Традиционные подходы эконометрики [7, 8] к управлению активами базируются на классической оценке ценовых характеристик, учитывающих риски и целевые значения доходностей, позволяют распределять активы, используя изменения доли активов в портфеле [9–12].

В задачах прогнозирования в экономике также применяются статистические методы [13] и другие методы прогнозирования [14], непосредственно для криптовалют и биткоина можно выделить эмпирическую модель stock to flow [15, 16]. Кроме этого внимания заслуживают работы, посвященные исследованию финансовых временных рядов [17–21], а также волновому и циклическому анализу в экономике с учетом социодинамики [22–25]. Несмотря на достаточно обширный опыт вышеуказанных решений сложно выявить комплексный подход и найти известные решения для получения общей методологии управления активами, построенными на блокчейн решениях.

Отсутствие развитых инструментов управления активами, построенными на блокчейн-технологиях приводит к неэффективным торговым



Рис. 1. Капитализация цифровых валют с 2014 по 2023 года, триллионы рублей

Fig. 1. Capitalization of digital currencies from 2014 to 2023, trillions of rubles

операциям или бездействию, что носит характер высокого риска и может приводить к потерям. Такое противоречие формирует проблему проектирования систем управления криптоактивами.

Эта проблема вызвана крайне стремительной скоростью развития новых финансовых инструментов и ее решение является актуальной научной задачей. Ее решение требует проработки и поиска необходимых механизмов, а именно методов, моделей и алгоритмов эффективного управления криптоактивами. Для этого необходимо оценить перспективность и тренды в развитии нового поколения активов, построенных на блокчейн-технологиях.

### 1. Стоимостная оценка криптовалюты, тренды и традиционные подходы к управлению

Первая цифровая валюта или криптовалюта — биткоин [26] была создана в 2009 году, график ее стоимости представлен ниже на рис. 2. В основе первой цифровой валюты были заложены ведущие за последние 50 лет достижения в области математики и информационных технологий. Сюда можно отнести технологии пакетного обмена данными, шифрования, криптографии, цифровой подписи, распределенного обмена данными, технологии доказательства выполненной работы и другие.

Согласно приведенному графику на рис. 2 можно отметить долгосрочный повышающийся тренд на протяжении всего срока существования актива. Несмотря на периодические корректирующие движения, нижние точки минимумов никогда не перебивают предыдущих значений [27].

Вычислительная мощность или хэшрейт сети биткоин [28] за время своего существования также неизменно возрастает с

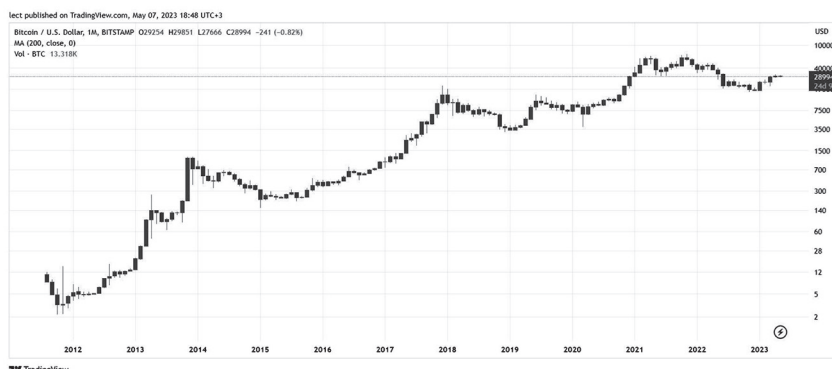


Рис. 2. Стоимость биткоин за период с 2012 по 2023 год, доллары США

Fig. 2. The cost of bitcoin for the period from 2012 to 2023, US dollars



Рис. 3. Вычислительная мощность сети биткоин с 2020 по 2023 года, Eh/s

Fig. 3. Computing power of the bitcoin network from 2020 to 2023, Eh/s

течением времени как показано на рис. 3.

Как приведено на рис. 3, вычислительная мощность сети биткоин за последние три года выросла практически в три раза и на конец июля 2023 года составляет более 360 экзахэшей в секунду, что составляет перебор  $36 \cdot 10^{19}$  значений за одну секунду совокупным оборудованием для добычи биткоина. Кроме этого, учитывается вычислительная сложность, которая несущественно снижается при неблагоприятных условиях снижения стоимости первого криптоактива как показано на графике рис. 4.

Как видно из графиков, представленных на рис. 4 при первом существенном снижении стоимости в августе 2021 года произошло активное сни-

жение вычислительной сложности, что привело к подключению большого числа нового, состоящего отчасти уже из старого не эффективного оборудования, которое вновь вышло на окупаемость. Однако, спустя некоторое время дальнейшее снижение стоимости не приводило к снижению вычислительной сложности, а напротив росло в отрицательной корреляции, что говорит об укреплении рынка обращения биткоина и цифровых криптоактивов в целом. На сегодняшний день существует уже несколько поколений цифровых валют, которые постоянно активно развиваются и совершенствуются множеством команд разработчиков.

Исследования природы нового актива имеющего деф-

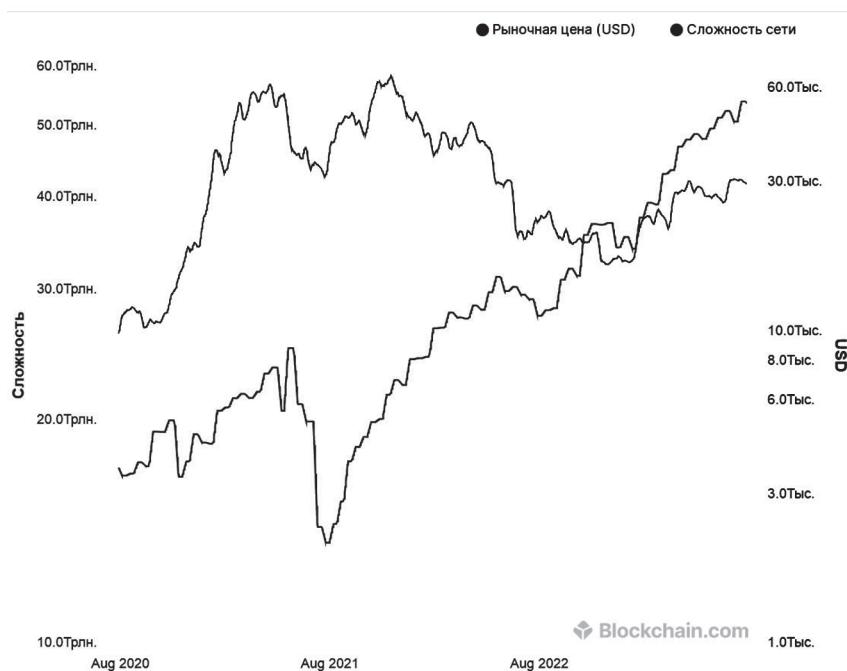


Рис. 4. Вычислительная сложность сети биткоин с августа 2020 года по июль 2023 года, логарифмическая шкала

Fig. 4. Computational complexity of the Bitcoin network from August 2020 to July 2023, logarithmic scale

ляционную модель эмиссии, возрастающую стоимостную динамику и растущую капитализацию указали на присутствие специфических особенностей и закономерностей криптоактивов.

## 2. Специфические особенности и закономерности цифровых валют и ЦФА, прогнозирование стоимости биткоин

В условиях становления цифровой экономики активно развивается направление цифровых валют и цифровых финансовых активов. Построенные на блокчейн-решениях активы формируют новые возможности и удобные решения для инвестиций со стороны массового сегмента и крупных инвесторов, а также для международного взаимодействия и сотрудничества [6, 29,30]. В качестве существенной отличительной черты криптоактива на примере биткоин можно выделить дефляционную модель эмиссии и уровень инфляции существенно ниже

доллара США [31] как показано на рис. 5.

Как видно из рис. 5 более 91% или 19,4 миллиона биткоин уже добыта и новые блоки

получается производить все менее эффективно, затрачивая все больше ресурсов. Инфляция при этом не превысила 2% при инфляции доллара США более 6% на период последних трех лет с 2021 по 2023 года. Стоимость добытых биткоинов в долларах США или инфляция биткоинов в фиатном измерении на момент добычи приведена на рис. 6.

Опираясь на графики из рис. 5 и 6 можно сделать вывод об устойчивом развитии актива, эффективно выполняющем функцию накопления и сохранения капитала. На примере цифровых валют или криптовалют можно выделить специфические особенности и закономерности [15, 16], свойственные новому типу финансовых активов. Здесь в отличие от других финансовых активов можно выделить зависимость воспроизводимого или добытого майнерами актива в соотношении к общему объему на рынке. Так как эмиссия биткоин сокращается в два раза каждые четыре года

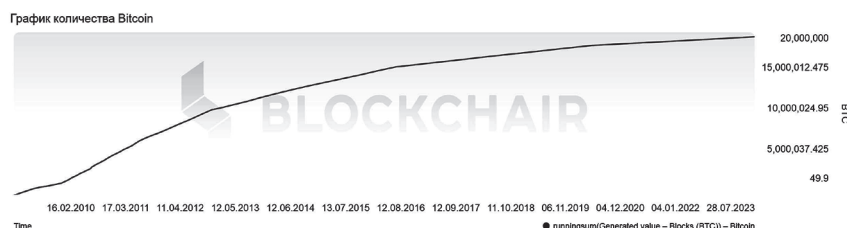


Рис. 5. Инфляция биткоин за период с 2010 года по 2023 год, BTC – биткоины

Fig. 5. Bitcoin inflation for the period from 2010 to 2023, BTC - bitcoins

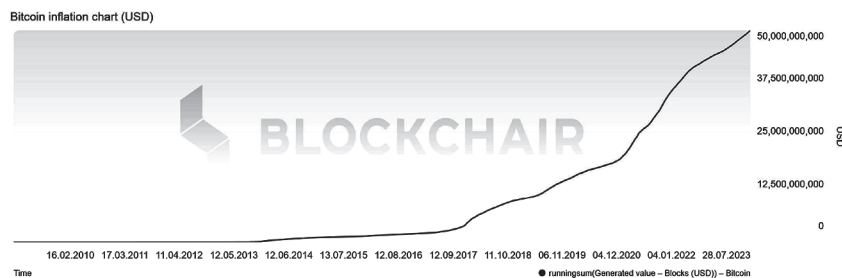


Рис. 6. Инфляция биткоин за период с 2010 года по 2023 год, USD – доллары США

Fig. 6. Bitcoin inflation for the period from 2010 to 2023, USD - US dollars



или каждые 210 тысяч блоков, то на среднесрочных и долгосрочных интервалах проявляется цикличность. Несмотря на вариационность рыночных движений, можно выделить общий тренд или закономерность и экстраполировать полученную модель на перспективу. Расчет в таком случае будет осуществляться следующим образом [15, 16]:

$$SF = \text{Stock} / \text{Flow}$$

$$M = e^{-1.84} SF^{3.36},$$

где  $M$  – прогнозируемая стоимость,  $SF$  – отношение произведенного актива за год (Stock) к общему числу (Flow).

Описанная эмпирическая модель получила название stock to flow (S2F). Экономическое моделирование с прогнозной оценкой стоимости биткоин в рублях приведён на графике (рис. 7) [32].

Как видно из графика, приведенного на рис. 7, стоимость биткоин в 2026 году составляет около 100 миллионов рублей, однако в последнем состоянии рынка и прогнозируемой стоимостной оценкой произошло существенное расхождение и эффективность модели была поставлена под сомнения. Также, цветом на графике (шкала справа) показано количество дней, предшествующих халвингу или сокращению награды в два раза майнерам за нахождение нового блока. Возможно произошло временное вариационное смещение, которое могло быть вызвано всплесками инфляции, курсов валют и другими внешними факторами, что будет компенсировано в дальнейшей перспективе. Если расхождения будут компенсированы подобно системам с задержанной обратной связью [33], возможна адаптация математической модели с учетом дополнительно введенных компенсирующих параметров, учитывающих дополнительные условия и состояния мировых рынков.

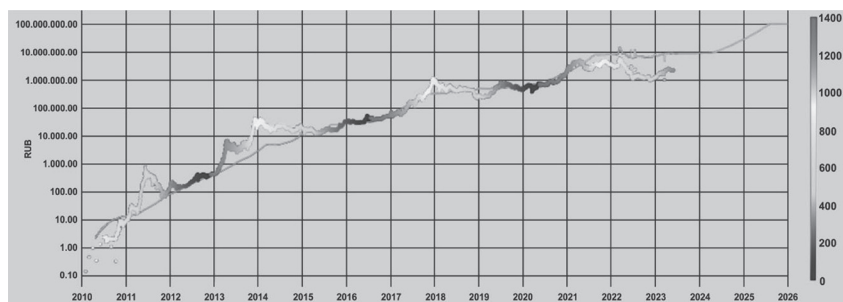


Рис. 7. Построение экономической прогнозной модели биткоин до 2026 г. на базе S2F, рубль

Fig. 7. Creating an economic predictive model of bitcoin until 2026 based on S2F, ruble

Все это легло в основу и базовые опорные фундаментальные аспекты создания методологии для проектирования систем управления торговыми операциями над активами, построенными на блокчейн-технологиях.

### 3. Аспекты создания методологии для проектирования систем управления ЦФА

Эффективность и специфика цифровых финансовых инструментов, построенных на блокчейн решениях зачастую вызвана строго математической ограниченной моделью эмиссии, спотовым видом актива, упрощенной процедурой ввода в обращение и отсутствием необходимости в приостановке торгов для осуществления сервисных расчетных операций [34]. Все это в совокупности с учетом множества других факторов дает основания к построению методологии для проектирования систем управления цифровыми валютами и цифровыми финансовыми активами (рис. 8).

С учетом вышесказанного возникает необходимость в оценке динамики и перспектив развития рынка цифровых валют, криптовалют, ЦФА и других финансовых инструментов, построенных на блокчейн решениях.

Последовательность взаимосвязанных этапов исследования формирует методологию

и научную новизну исследования, соответственно, и как представлено на рис. 8, в предложенной методологии можно выделить четыре основных области:

- подготовки и предварительной обработки данных;
- прогнозирования инвестиционно-финансовой информации;
- область, отвечающая за принятия торговых решений для роботов;
- моделирования и тестирования торговых стратегий, необходимая для апробации применяемых решений, контроля эффективности и аудита внедряемых параметров.

В качестве предварительной подготовки и обработки временных рядов возможно применение разновидностей низкочастотного анализа для сглаживания [19]. В качестве инструментов для предварительной обработки используется вейвлет-обработка временных рядов стоимостных показателей, трешолдинг в комбинации с искусственными нейронными сетями. Благодаря этому достигается повышение качества представления сигнала для дальнейшего анализа и прогнозирования. В качестве используемых моделей и методов прогнозирования финансовых временных рядов существуют решения, основанные на искусственных нейронных сетях и более глубоких моделях ИИ. В качестве базовой модели предлагается

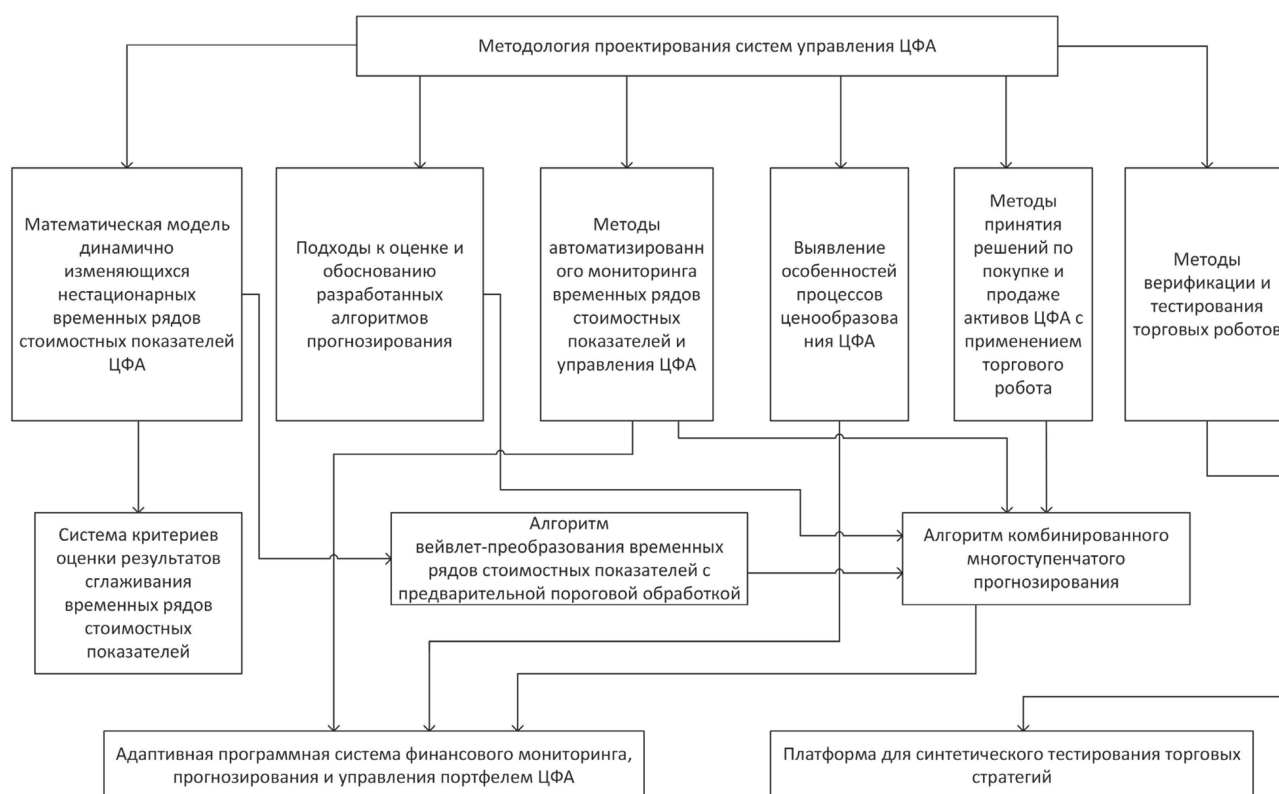


Рис. 8. Методология построения систем управления цифровыми валютами

Fig. 8. Methodology for creating digital currency management systems

многослойный персептрон, LSTM-модели и комплексные последовательные нейронные сети для интеллектуального анализа экономических паттернов и закономерностей, свойственных рынку активов, построенных на блокчейн-технологиях. Область, отвечающая за принятия решения, использует беспрогнозные методы в соответствии с трендом [35], однако учитывает «мнение» ИИ в применяемых алгоритмах, адаптивно подстраивая параметры под условия рынка. Последняя область моделирования и тестирования позволяет провести аналитику различных сценариев развития рынков и ответной реакции или поведения торговых роботов с оценкой эффективности при различных параметрах.

Верификация предложенной методологии потребовала решение новых порожденных задач, заключающихся в поиске и подборе оптимальных методов и инструментов, необхо-

димых для разработки систем управления криптоактивами.

#### 4. Методы и инструменты для разработки систем управления криптоактивами и цифровыми финансовыми активами

В рамках проектирования систем управления торговыми операциями над ЦФА и криптоактивами предполагается, что связь системы с централизованной (CEX, centralized exchange) или децентрализованной (DEX, decentralized exchange) обменной площадкой биржей устанавливается с помощью api (application programming interface, программный интерфейс приложения) протокола, в котором заложены команды биржи для каждого инструмента. Выполняя расчет на облачном вычислителе, система посылает торговое поручение на осуществление сделки в зависимости от состояния рын-

ка, объема задействованного депозита и более ранее проведенных сделок.

На рис. 9 представлена схема обмена данными внутри системы или схема взаимодействия компонентов системы с подписчиками сервиса, так как разрабатываемый в конечном счете программный продукт может предлагаться по принципу SaaS (software as a service, программное обеспечение как услуга).

Как показано на рис. 9 система может взаимодействовать с другими обменными площадками, используя api каждой конкретной площадки. Это требуется программирования каждой новой площадки, но впоследствии система функционирует автоматически. Показанные на рисунке обменные сервисы приведены в качестве примера и могут быть заменены на любые подходящие в рамках поставленной задачи, интересов инвестора и политической

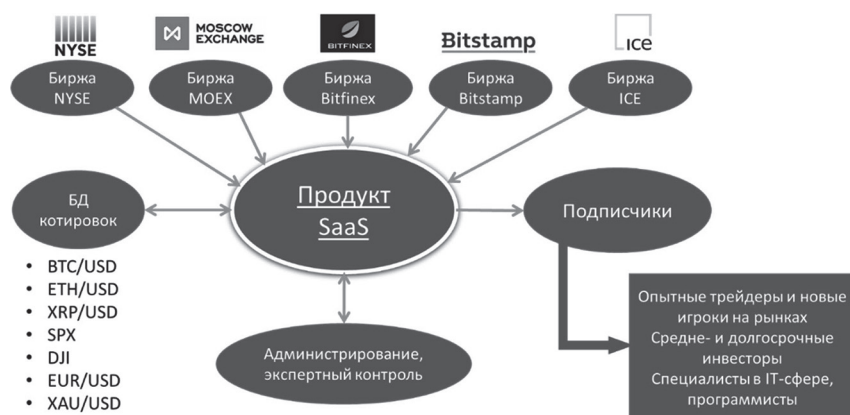


Рис. 9. Схема обмена данными в системе управления торговыми операциями над ЦФА

Fig. 9. Scheme of data exchange in the system for managing trading operations on digital financial assets

конъюнктуры рынка. База данных котировок содержит временные ряды стоимостных показателей за максимальный известный интервал времени минимально доступного тайм-фрейма, что может быть необходимо для математического анализа и прогнозирования трендов, что способствует поиску оптимальных параметров для регулировки автоматического торгового робота.

Для управления, администрирования, контроля и запуска новой сессии требуется команда оператора. Оператор выполняет функции запуска и остановки системы, в случае необходимости может вручную корректировать глобальные торговые параметры. Остановка системы может быть вызвана как необходимостью обновления ядра программного обеспечения робота, так и при пополнении и выводе депозита и других технических целей или сбое. Ошибка или сбой могут быть вызваны некорректным ответом обменной площадки, например, в случае внебиржевой сделки с указанием несуществующей цены или проблемами со связью, другой непредвиденной технической ситуацией на рынке.

После запуска торговой активной сессии система управления торговыми операциями над криптоактивами работает

непрерывно автоматически до тех пор, пока оператор не выполнит остановку. При этом система пошлет команду бирже и активные выставленные ордера будут автоматически сняты. Для контроля за состоянием системы и выполнением биржевых сделок используются два инструмента. Первый инструмент — это web-интерфейс системы для непосредственного мониторинга (контроля и управления), второй — подсистема уведомлений о выполненных сделках или ошибках. Подсистема уведомлений имеет функцию оповещения, однако управление возможно доба-

вить в качестве дополнительного функционала в перспективе. В качестве подсистемы оповещения может использоваться мессенджер с доступным, открытым и подходящим api-набором команд, например, Telegram.

Программно-методическое обеспечение системы управления инвестиционно-финансовыми активами цифровой экономики позволяет производить численное исследование и моделирование синтетических тестов торговых стратегий на исторических значениях стоимостных показателей для оценки реакции системы и ее эффективности при разных настройках, что обеспечивает возможность адаптивной подстройки параметров робота с учетом динамики рынка.

Платформа для синтетических тестов торговых стратегий относится к области моделирования и тестирования торговых стратегий, необходимой для апробации применяемых решений, контроля эффективности и аудита внедряемых параметров, как показано в приведенной методологии (рис. 8). Она функционирует в качестве встроенного модуля системы управления с аналогичным интерфейсом торгового робота

	UP	DOWN
X	0.01,0.03,0.05,0.08,0.13,0.21,0.34	0.01,0.02,0.03,0.05,0.08,0.13,0.21
Y	0.1,0.12,0.15,0.19,0.25,0.35,0.5	0.1,0.12,0.15,0.19,0.25,0.35,0.5
Z	0.06,0.05,0.04,0.03,0.02,0.01	0.06,0.05,0.04,0.03,0.02,0.01
Sessions	2017141201083500-20190812191459-80be8787 From: 2014-12-01 08:35:00 To: 2019-08-12 19:14:59 Base: 26.88% Quoted: 22.51% Sum: 49.38%	20150108050000-20160102015959-6a71db87 From: 2015-01-08 05:00:00 To: 2016-01-02 01:59:59 Base: 8.65% Quoted: 7.30% Sum: 15.94%
	20150108050000-20170102015959-75652b64 From: 2015-01-08 05:00:00 To: 2017-01-02 01:59:59 Base: 8.65% Quoted: 7.30% Sum: 15.94%	20160101010000-20180302015959-08edf809 From: 2016-01-01 01:00:00 To: 2018-03-02 01:59:59 Base: 3.42% Quoted: 3.30% Sum: 6.72%
	20170101001500-20170902002959-8f6ddfd2 From: 2017-01-01 00:15:00 To: 2017-09-02 00:29:59 Base: 3.42% Quoted: 3.51% Sum: 6.93%	20170101001500-20180902002959-8bdec708 From: 2017-01-01 00:15:00 To: 2018-09-02 00:29:59 Base: 3.42% Quoted: 3.51% Sum: 6.93%
	20170101010000-20180102015959-23b54431 From: 2017-01-01 01:00:00 To: 2018-01-02 01:59:59 Base: 4.28% Quoted: 4.52% Sum: 8.79%	20170101010000-20180302015959-8006a353 From: 2017-01-01 01:00:00 To: 2018-03-02 01:59:59 Base: 4.28% Quoted: 4.52% Sum: 8.79%
	20180302010000-20181123015959-1662a293e From: 2018-03-02 01:00:00 To: 2018-11-23 01:59:59 Base: 4.71% Quoted: 4.52% Sum: 9.23%	

Рис. 10. Различные конфигурации торгового робота с указанием полученного результата эффективности

Fig. 10. Various configurations of the trading robot indicating the result of efficiency



проведение тестов показывает результат с доступным портфелем и заданными параметрами как приведено на рис. 10.

С помощью экспериментальных результатов, показанных на рис. 10, становится возможным регулировка параметров торгового робота без проведения затяжных опытных тестов с эвристическим подбором в режиме реального времени.

Предлагаемое программно-методическое обеспечение решает поставленные задачи проектирования, разработки и конфигурирования систем управления торговыми операциями над криптоактивами. С учетом проведенных тестов становится возможным регулировка торговых роботизированных систем с учетом требуемых параметров доходностей и ценовых интервалов, учитывающих риски расходования депозита.

## Заключение

Таким образом, в рамках методологии предлагается комплексное решение задачи управления ЦФА и другими финансовыми инструментами, построенными на блокчейн-технологии. В соответствии с научной новизной исследования и методологией формируется набор взаимосвязанных этапов исследования, состоящий из каскада методов, моделей и алгоритмов, которые осуществляют предварительный анализ, обработку и прогнозирование финансовых временных рядов стоимостных показателей.

В отличие от традиционного подхода к управлению финансовыми инвестициями, где применяется фундаментальный и технико-экономический анализ инструмента и процесса, предложенная методология управления со вспомогательным интеллектуальным ана-

лизом временных рядов, позволяет в автоматизированном режиме управлять портфелем цифровых валют. Отличительной особенностью является применение комбинированного метода принятия решений, позволяющего повысить доходность портфеля и минимизировать риски потери покупательской способности актива.

С помощью безпрогнозных методов и искусственных нейронных сетей [19–21, 35] возможно проектировать программные системы, благодаря которым достигается повышение эффективности торговых операций при оптимальных рисках в автоматическом и автоматизированном режиме исполнения торговых поручений. Новые технологии и появление Chat GPT [36] бросает все новые вызовы обществу, которое надеется задействовать такие решения в том числе и для задач прогнозирования экономики.

## Литература

1. Cryptocurrencies and Blockchain Technology Applications. Ed. by Dac-Nhuong Le, Gulshan Shrivastava, Kavita Sharma. Beverly: Scrivener Publishing LLC, 2020. 295 с.
2. Федеральный закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Ларина О.И., Акимов О.М. Цифровые деньги на современном этапе: ключевые риски и направления развития // Финансы: теория и практика. 2020. Т. 24. № 4. С. 18–30.
4. Kuznetsova V.P., Bondarenko, I.A. The blockchain as a tool of the digital economy // Journal of Economic Regulation. 2018. № 9. С. 102–109.
5. Cryptocurrency Market Capitalization // CoinMarketCap [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://coinmarketcap.com/charts/> (Дата обращения: 02.04.2023).
6. ЦБ допустил экспериментальные криптовалютные платежи для внешних расчетов // РБК [Электрон. ресурс] Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/news/643d56589a7947bd349a2fe3?from=newsfeed> (Дата обращения: 21.05.2023).
7. Доугерти К. Введение в эконометрику. М.: ИНФРА-М, 2010. 465 с.
8. Тихомиров Н.П., Ушмаев О.С., Тихомирова Т.М. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа. Под ред. Е.В. Полиевой. М.: Экономика, 2011. 647 с.
9. Jahnke W. The Asset Allocation Hoax // Journal of Financial Planning. February 1997. С. 109–113.
10. Brinson G.P., Hood L.R., Beebower G.L. Determinants of Portfolio Performance // Financial Analysts Journal. 1986. № 42. С. 133–138.
11. Brinson G.P., Singer B.D., Beebower G.L. Determinants of Portfolio Performance II: An Update // The Financial Analysts Journal. 1991. Vol. 47. No. 3. С. 40–48.
12. Fabozzi F.J., Markowitz H.M. The Theory and Practice of Investment Management. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 704 с.
13. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования в экономике: учебное пособие М.: ЕАОИ, 2011. 171 с.
14. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей. Пер. с англ. Е.З. Демиденко. М.: Финансы и статистика, 1986. 133 с.
15. Bitcoin Stock-To-Flow Model: A Beginner's Guide [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://beincrypto.com/learn/bitcoin-stock-to-flow-model/>. (Дата обращения: 21.05.2023).
16. Ashmore D., Curry B. (ed.) Understanding The Bitcoin Stock-to-Flow Model. [Электрон. ресурс]. Официальный сайт ForbesAdvisor. Режим доступа: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/bitcoin-stock-to-flow-model/>. (Дата обращения: 18.05.2023).
17. Tsay R.S. Analysis of financial time series. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. 457 с.



18. Никифоров И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. М.: Наука, 1983. 199 с.

19. Проскуряков А.Ю., Кропотов Ю.А., Белов А.А., Ермолаев В.А. Патент на изобретение № 2600099. Способ нейросетевого прогнозирования изменения значений функции с её предварительной вейвлет-обработкой и устройство его осуществления. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации от 22 сентября 2016 г.

20. Proskuryakov A.Y., Kropotov Y.A. Forecasting the change in the parameters of time series and continuous functions // Procedia Engineering. 2017. № 201. С. 789–800.

21. Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю., Белов А.А. Метод прогнозирования изменений параметров временных рядов в цифровых информационно-управляющих системах // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 6. С. 1093–1100.

22. Матросов В.В., Шалфеев В.Д. Моделирование экономических и финансовых циклов: генерация и синхронизация // Известия вузов. ПНД. 2021. № 4 (29). С. 127–138.

23. Полунин Ю.А. Синтез методов нелинейной динамики и регрессионного анализа для исследования социально-экономических процессов // Проблемы управления. 2019. № 1. С. 32–44.

24. Prechter R.R. The Socionomic Theory of Finance. Gainesville: Socionomics Institute Press, 2016. 813 с.

25. Prechter R.R., Frost A.J. Elliott Wave Principle: Key to Market Behavior. Gainesville: New Classics Library, 2022. 260 с.

26. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [Электрон. ресурс] Режим доступа: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. (Дата обращения: 21.05.2023).

27. Платформа для технического анализа TradingView [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://ru.tradingview.com/chart/hU1TO67/?symbol=BITSTAMP%3ABTCUSD> (Дата обращения 28.03.2023)

28. Hash Rate — Blockchain [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.blockchain.com/en/charts/hash-rate?timespan=2years> (Дата обращения: 29.07.2023).

com/en/charts/hash-rate?timespan=2years (Дата обращения: 29.07.2023).

29. Спрос на криптовалюту для внешних расчетов // Официальный сайт РБК. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/news/6442126f9a79470b7e8b9006> (Дата обращения: 27.04.2023).

30. Замглавы ЦБ: криптовалюты займут свою нишу в международных расчетах // РБК [Электрон. ресурс] Официальный сайт РБК. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/news/64675b099a79470e02c817fd?from=newsfeed> (Дата обращения: 22.05.2023).

31. Bitcoin's inflation rate is now three times lower than U.S. dollar's [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://finbold.com/bitcoins-inflation-rate-is-now-three-times-lower-than-u-s-dollars/> (Дата обращения: 29.07.2023).

32. Bitcoin stock to flow model live chart [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://charts.bitbo.io/stock-to-flow/>. (Дата обращения: 25.05.2023).

33. Ермолаев В.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Построение моделей систем обмена информацией с дискретным и распределённым запаздыванием и задержанной обратной связью // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 3. С. 454–465.

34. Лон Вонг. Радикализируя ландшафт рынка ценных бумаг, второе издание 2019 [Электрон. ресурс] Режим доступа: [https://files.proximax.io/pub-research/Radicalizing\\_the\\_Equity\\_Market\\_Version\\_2.0\\_\(English\).pdf](https://files.proximax.io/pub-research/Radicalizing_the_Equity_Market_Version_2.0_(English).pdf). (Дата обращения: 05.06.2023).

35. Галанов В.А., Галанова А.В. Беспрогнозная торговля акциями как основа массового международного рынка торговых автоматов [Электрон. ресурс] // Международная торговля и торговая политика. 2017. №3 (11). С. 74–94. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/besprognoznaya-torgovlya-aktsiyami-kak-osnova-massovogo-mezhdunarodnogo-rynka-torgovyh-avtomatov> (Дата обращения: 07.05.2023).

36. Lopez-Lira A., Tang Y. Can ChatGPT Forecast Stock Price Movements? Return Predictability and Large Language Models [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://ssrn.com/abstract=4412788> (Дата обращения: 21.05.2023).

## References

1. Cryptocurrencies and Blockchain Technology Applications. Ed. by Dac-Nhuong Le, Gulshan Shrivastava, Kavita Sharma. Beverly: Scrivener Publishing LLC; 2020. 295 p.

2. Federal'nyy zakon ot 31.07.2020 N 259-FZ «O tsifrovyykh finansovykh aktivakh, tsifrovoy valyute i o vnesenii izmeneniy v otдел'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii» = Federal Law No. 259-FZ of July 31; 2020 “On Digital Financial Assets, Digital Currency and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”. (In Russ.)

3. Larina O.I., Akimov O.M. Digital money at the present stage: key risks and directions of development. Finansy: teoriya i praktika. = Finance: theory and practice. 2020; 24; 4: 18-30. (In Russ.)

4. Kuznetsova V.P., Bondarenko, I.A. The blockchain as a tool of the digital economy. Journal of Economic Regulation. 2018; 9: 102-109.

5. Cryptocurrency Market Capitalization. Coin-MarketCap [Internet]. Available from: <https://coin-marketcap.com/charts/> (Cited: 02.04.2023).

6. TSB dopustil eksperimental'nyye kriptovalyutnyye platezhi dlya vneshnikh raschetov. RBK = The Central Bank allowed experimental cryptocur-

- rency payments for external settlements. RBK. [Internet] Available from: <https://www.rbc.ru/crypto/news/643d56589a7947bd349a2fe3?from=newsfeed> (Cited: 21.05.2023). (In Russ.)
7. Dougerti K. Vvedeniye v ekonometriku = Introduction to econometrics. Moscow: INFRA-M; 2010. 465 p. (In Russ.)
8. Tikhomirov N.P., Ushmayev O.S., Tikhomirova T.M. Metody ekonometriki i mnogomernogo statisticheskogo analiza = Methods of econometrics and multivariate statistical analysis. Ed. E.V. Polievktova. Moscow: Economics; 2011. 647 p. (In Russ.)
9. Jahnke W. The Asset Allocation Hoax. Journal of Financial Planning. February 1997: 109-113.
10. Brinson G.P., Hood L.R., Beebower G.L. Determinants of Portfolio Performance. Financial Analysts Journal. 1986; 42: 133-138.
11. Brinson G.P., Singer B.D., Beebower G.L. Determinants of Portfolio Performance II: An Update. The Financial Analysts Journal. 1991; 47; 3: 40-48.
12. Fabozzi F.J., Markowitz H.M. The Theory and Practice of Investment Management. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2011. 704 p.
13. Dubrova T.A. Statisticheskiye metody prognozirovaniya v ekonomike: uchebnoye posobiye = Statistical forecasting methods in economics: textbook Moscow: EAOI; 2011. 171 p. (In Russ.)
14. Lewis K.D. Metody prognozirovaniya ekonomicheskikh pokazateley = Methods for forecasting economic indicators. Tr. fr. Eng. E.Z. Demidenko. Moscow: Finance and statistics; 1986. 133 p. (In Russ.)
15. Bitcoin Stock-To-Flow Model: A Beginner's Guide [Internet]. Available from: <https://beincrypto.com/learn/bitcoin-stock-to-flow-model/>. (Cited: 21.05.2023)
16. Ashmore D., Curry B. (ed.) Understanding The Bitcoin Stock-to-Flow Model. [Internet]. Ofitsial'nyy sayt Forbes.Advisor. Available from: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/bitcoin-stock-to-flow-model/>. (Cited: 18.05.2023).
17. Tsay R.S. Analysis of financial time series. Hoboken: John Wiley & Sons; 2010. 457 p.
18. Nikiforov I.V. Posledovatel'noye obnaruzheniye izmeneniya svoystv vremennykh ryadov = Sequential detection of changes in time series properties. Moscow: Science; 1983. 199 p. (In Russ.)
19. Proskuryakov A.Y., Kropotov Y.A., Belov A.A., Yermolayev V.A. Patent for invention No. 2600099. Sposob neyrosetevogo prognozirovaniya izmeneniya znacheniy funktsii s yeyo predvaritel'noy veyvlet-obrabotkoy i ustroystvo yego osushchestvleniya. = A method for neural network prediction of changes in function values with its preliminary wavelet processing and a device for its implementation. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation dated September 22, 2016. (In Russ.)
20. Proskuryakov A.Y., Kropotov Y.A. Forecasting the change in the parameters of time series and continuous functions. Procedia Engineering. 2017; 201: 789-800.
21. Kropotov Y.A., Proskuryakov A.Y., Belov A.A. Method for predicting changes in time series parameters in digital information and control systems. Komp'yuternaya optika = Computer Optics. 2018; 42; 6: 1093-1100. (In Russ.)
22. Matrosov V.V., Shalfeyev V.D. Modeling of economic and financial cycles: generation and synchronization. Izvestiya vuzov. PND. = Izvestiya vuzov. HDPE. 2021; 4 (29): 127-138. (In Russ.)
23. Polunin Y.A. Synthesis of methods of nonlinear dynamics and regression analysis for the study of socio-economic processes. Problemy upravleniya = Management problems. 2019; 1: 32-44. (In Russ.)
24. Prechter R.R. The Socioeconomic Theory of Finance. Gainesville: Socionomics Institute Press; 2016. 813 p.
25. Prechter R.R., Frost A.J. Elliott Wave Principle: Key to Market Behavior. Gainesville: New Classics Library; 2022. 260 p.
26. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [Internet] Available from: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. (Cited: 21.05.2023).
27. Platforma dlya tekhnicheskogo analiza TradingView = Platform for technical analysis TradingView [Internet]. Available from: <https://ru.tradingview.com/chart/hU1TO67/?symbol=BITSTAMP%3ABTCUSD> (Cited: 28.03.2023) (In Russ.)
28. Hash Rate – Blockchain [Internet]. Available from: <https://www.blockchain.com/en/charts/hash-rate?timespan=2years> (Cited: 29.07.2023).
29. Spros na kriptovalyutu dlya vneshnikh raschetov. Ofitsial'nyy sayt RBK. = Demand for cryptocurrency for external settlements. Official site of RBC. [Internet]. Available from: <https://www.rbc.ru/crypto/news/6442126f9a79470b7e8b9006> (Cited: 27.04.2023). (In Russ.)
30. Zamglavy TSB: kriptovalyuty zaymut svoyu nishu v mezhdunarodnykh raschetakh. RBK = Deputy head of the Central Bank: cryptocurrencies will occupy their niche in international settlements. RBC [Internet] Ofitsial'nyy sayt RBK. Available from: <https://www.rbc.ru/crypto/news/64675b099a79470e02c817fd?from=newsfeed> (Cited: 22.05.2023). (In Russ.)
31. Bitcoin's inflation rate is now three times lower than U.S. dollar's [Internet]. Available from: <https://finbold.com/bitcoins-inflation-rate-is-now-three-times-lower-than-u-s-dollars/> (Cited: 29.07.2023).
32. Bitcoin stock to flow model live chart [Internet]. Available from: <https://charts.bitbo.io/stock-to-flow/>. (Cited: 25.05.2023).
33. Yermolayev V.A., Kropotov Y.A., Proskuryakov A.Y. Building Models of Information Exchange Systems with Discrete and Distributed Delay

and Delayed Feedback. *Komp'yuternaya optika* = Computer Optics. 2020; 44; 3: 454-465. (In Russ.)

34. Lon Vong. Radikaliziruya landshaft rynka tsennykh bumag = Radicalizing the Securities Market Landscape, Second Edition 2019 [Internet]. Available from: [https://files.proximax.io/pub-research/Radicalizing\\_the\\_Equity\\_Market\\_Version\\_2.0\\_\(English\).pdf](https://files.proximax.io/pub-research/Radicalizing_the_Equity_Market_Version_2.0_(English).pdf). (Cited: 05.06.2023). (In Russ.)

35. Galanov V.A., Galanova A.V. Unpredictable stock trading as the basis of the mass international market for vending machines [Internet]. *Mezh-*

*dunarodnaya trgovlya i trgovaya politika* = International trade and trade policy. 2017. №3 (11): 74-94. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/besprognoznaya-torgovlya-aktsiyami-kak-osnova-massovogo-mezhdunarodnogo-rynka-torgovyh-avtomatov> (Cited: 07.05.2023). (In Russ.)

36. Lopez-Lira A., Tang Y. Can ChatGPT Forecast Stock Price Movements? Return Predictability and Large Language Models [Internet]. Available from: <https://ssrn.com/abstract=4412788> (Cited: 21.05.2023)

## Сведения об авторе

**Александр Юрьевич Проскуряков**

*К.т.н., доцент, доцент кафедры электроники и вычислительной техники*

*Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром, Россия  
Эл. почта: alexander.prosk.murom@gmail.com*

## Information about the author

**Alexander Yu. Proskuryakov**

*Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Electronics and Computer Engineering*

*Murom Institute (Branch), Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Murom, Russia  
E-mail: alexander.prosk.murom@gmail.com*